

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 21.06.11.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 28.12.12 Bulletin 12/52.

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) : TEKCEM — FR.

72 Inventeur(s) : BROYDE FREDERIC et CLAVELIER
EVELYNE.

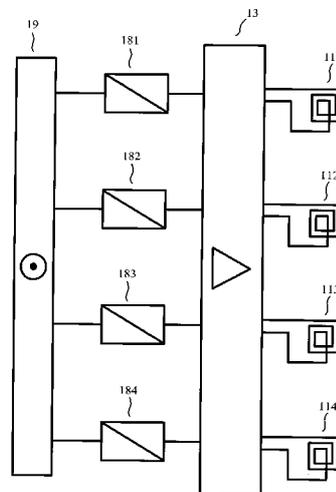
73 Titulaire(s) : TEKCEM.

74 Mandataire(s) : TEKCEM.

54 EMETTEUR POUR TRANSMISSION MULTIVOIE PUCE-A-PUCE EN CHAMP PROCHE.

57 L'invention concerne un émetteur pour un système de transmission multivoie puce-à-puce en champ proche tel que les liaisons capacitives ou inductives utilisées pour la transmission de signal verticale entre les puces empilées d'un système dans un boîtier.

Un émetteur pour transmission multivoie puce-à-puce en champ proche procurant 4 voies de transmission pour la transmission numérique entre deux circuits intégrés monolithiques comporte 4 dispositifs de couplage (111) (112) (113) (114), chacun des dits dispositifs de couplage étant un enroulement planaire sensible aux variations du champ magnétique. Un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (13) a 4 accès d'entrée et 4 accès de sortie, chacun des dits accès de sortie étant connecté à un et un seul des dits dispositifs de couplage (111) (112) (113) (114). L'émetteur comporte aussi 4 circuits de mise en forme de signal (181) (182) (183) (184), chacun des dits circuits de mise en forme de signal ayant un accès d'entrée connecté à la source (19), chacun des dits circuits de mise en forme de signal ayant un accès de sortie connecté à un des accès d'entrée de l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (13). L'émetteur selon l'invention réduit la diaphonie entre les voies de transmission.



Émetteur pour transmission multivoie puce-à-puce en champ proche

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

5 L'invention concerne un émetteur pour un système de transmission multivoie puce-à-
puce en champ proche tel que les liaisons capacitives ou inductives utilisées pour la transmission
de signal verticale entre les puces empilées (en anglais: stacked chips) d'un système dans un
boîtier (en anglais: a system-in-package) utilisant l'intégration tri-dimensionnelle.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

10 L'intégration tri-dimensionnelle est une nouvelle technologie qui permet une intégration
effective de systèmes complexes. Dans un boîtier utilisant l'intégration tri-dimensionnelle, les
puces peuvent être empilées et structurellement combinées. Dans un tel système dans un boîtier,
la distance verticale pour la transmission de signaux entre deux puces est typiquement plus
petite que 200 μm . De nombreuses techniques de transmission puce-à-puce verticale ont été
15 développées. Les techniques utilisant des vias traversant le silicium (en anglais: through-silicon
vias) sont coûteuses du fait de l'augmentation de la complexité du processus de fabrication. Les
techniques utilisant la transmission puce-à-puce en champ proche n'augmentent pas la
complexité du processus de fabrication.

La figure 1 montre les dispositifs de couplage d'un système de transmission multivoie
20 puce-à-puce en champ proche procurant $m = 12$ voies de transmission entre un premier circuit
intégré monolithique (1) et un deuxième circuit intégré monolithique (2), le système de
transmission multivoie puce-à-puce en champ proche comportant :

un premier réseau de dispositifs de couplage (11) réalisés dans un niveau de métallisation du
premier circuit intégré monolithique (1), un dispositif de couplage (111) du premier
25 réseau de dispositifs de couplage (11) étant sensible aux variations du champ électrique
et/ou du champ magnétique, le premier réseau de dispositifs de couplage (11) étant
constitué de m dispositifs de couplage ;

un deuxième réseau de dispositifs de couplage (21) réalisés dans un niveau de métallisation du
deuxième circuit intégré monolithique (2), un dispositif de couplage (211) du deuxième
30 réseau de dispositifs de couplage (21) étant sensible aux variations du champ électrique
et/ou du champ magnétique, le deuxième réseau de dispositifs de couplage (21) étant
constitué de m dispositifs de couplage, un dispositif de couplage (211) du deuxième
réseau de dispositifs de couplage (21) faisant face à un unique dispositif de couplage
(111) du premier réseau de dispositifs de couplage (11).

35 Un dispositif de couplage sensible aux variations du champ électrique, par exemple une
surface conductrice ayant une aire suffisante (appelée plaque de condensateur par certains

auteurs), peut être utilisé pour recevoir un champ électrique utilisé pour la transmission de signaux et peut aussi être utilisé pour émettre un champ électrique utilisé pour la transmission de signaux. Un dispositif de couplage sensible aux variations du champ magnétique, par exemple un enroulement (appelé inductance par certains auteurs), peut être utilisé pour recevoir
 5 un champ magnétique utilisé pour la transmission de signaux et peut aussi être utilisé pour émettre un champ magnétique utilisé pour la transmission de signaux. Plus généralement, un dispositif de couplage peut être n'importe quel dispositif sensible aux variations du champ électrique et/ou aux variations du champ magnétique, par exemple un dispositif comportant une combinaison de surfaces conductrices et/ou d'enroulements.

10 La figure 2 montre le schéma-bloc d'un premier exemple d'un émetteur d'un système de transmission multivoie en champ proche procurant $m = 4$ voies de transmission pour la transmission numérique entre deux circuits intégrés monolithiques, comportant :

m circuits de mise en forme de signal (181) (182) (183) (184), chacun des dits circuits de mise en forme de signal ayant un accès d'entrée connecté à la source (19) ;

15 m amplificateurs à une borne d'entrée et à une borne de sortie (121) (122) (123) (124), chaque amplificateur à une borne d'entrée et à une borne de sortie ayant sa borne d'entrée connectée à la borne de sortie d'un et un seul circuit de mise en forme de signal (181) (182) (183) (184) ;

20 m dispositifs de couplage (111) (112) (113) (114), chaque dispositif de couplage étant un enroulement planaire sensible aux variations du champ magnétique, chaque dispositif de couplage ayant une première borne et une deuxième borne, la première borne étant connectée à la borne de sortie d'un et un seul amplificateur à une borne d'entrée et à une borne de sortie (121) (122) (123) (124), la deuxième borne étant mise à la masse.

25 La figure 3 montre le schéma-bloc d'un deuxième exemple d'un émetteur d'un système de transmission multivoie en champ proche procurant $m = 4$ voies de transmission pour la transmission numérique entre deux circuits intégrés monolithiques, comportant :

m circuits de mise en forme de signal (181) (182) (183) (184), chacun des dits circuits de mise en forme de signal ayant un accès d'entrée connecté à la source (19) ;

30 m amplificateurs à entrée différentielle et sortie différentielle (121) (122) (123) (124), chaque amplificateur à entrée différentielle et sortie différentielle ayant un accès d'entrée connecté à l'accès de sortie d'un et un seul des dits circuits de mise en forme de signal (181) (182) (183) (184) ;

35 m dispositifs de couplage (111) (112) (113) (114), chaque dispositif de couplage étant un enroulement planaire sensible aux variations du champ magnétique, chaque dispositif de couplage ayant une première borne et une deuxième borne, la première borne et la deuxième borne étant connectées à l'accès de sortie d'un et un seul amplificateur à entrée différentielle et sortie différentielle (121) (122) (123) (124).

Dans les figures 2 et 3, les circuits de mise en forme de signal délivrent des signaux qui sont appropriés pour la technique de signalisation choisie. Un circuit de mise en forme de signal peut utiliser différents types de circuit, qui sont bien connus des spécialistes. Par exemple, un circuit de mise en forme de signal peut générer des impulsions correspondant à un des formats de modulation par impulsion et codage (en anglais : pulse code modulation, PCM). Par exemple, un circuit de mise en forme de signal peut générer une porteuse modulée. Les lignes de validation et/ou d'horloge et/ou de contrôle qui peuvent être nécessaires pour le fonctionnement des circuits de mise en forme de signal ne sont pas représentées sur les figures 2 et 3.

Bien que chaque dispositif de couplage puisse être considéré comme une antenne électriquement petite au sens de la théorie des antennes, il est important de noter que, dans un système de transmission multivoie puce-à-puce en champ proche, un réseau de dispositifs de couplage n'est pas utilisé comme un réseau d'antennes au sens de la théorie des antennes. Ceci est dû à ce que le réseau de dispositifs de couplage fonctionne dans un système de transmission en champ proche dans lequel les champs électriques et magnétiques décroissent très rapidement avec la distance. Ainsi, dans un cas idéal, un dispositif de couplage utilisé pour recevoir un champ électrique et/ou un champ magnétique capte uniquement les variations de champ électrique et/ou de champ magnétique produites par le plus proche dispositif de couplage utilisé pour émettre un champ électrique et/ou un champ magnétique. Par exemple, dans la figure 1 où un dispositif de couplage (211) du deuxième réseau de dispositifs de couplage (21) fait face à un unique dispositif de couplage (111) du premier réseau de dispositifs de couplage (11), il est possible que la transmission de signaux se produise principalement entre dispositifs de couplage se faisant face, soit du premier circuit intégré monolithique (1) vers le deuxième circuit intégré monolithique (2), soit du deuxième circuit intégré monolithique (2) vers le premier circuit intégré monolithique (1).

Cependant, des couplages non voulus surviennent inévitablement, qui produisent une diaphonie entre les voies de transmission. Malheureusement, cette diaphonie interne limite le nombre de voies qui peuvent être utilisées dans une aire donnée. Cette diaphonie interne a trois causes :

- un dispositif de couplage d'un des réseaux de dispositifs de couplage peut être significativement couplé avec plus d'un dispositif de couplage de l'autre réseau de dispositifs de couplage, car la transmission de signaux ne se produit pas uniquement entre dispositifs de couplage se faisant face ;
- les dispositifs de couplage du premier réseau de dispositifs de couplage interagissent ;
- les dispositifs de couplage du deuxième réseau de dispositifs de couplage interagissent.

Par exemple, l'article de A. Fazzi, L. Magagni, M. Mirandola, B. Charlet, L. Di Cioccio, E. Jung, R. Canegallo et R. Guerrieri intitulé "3-D Capacitive Interconnections for Wafer-Level and Die-Level Assembly" publié dans *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, vol. 42, No. 10, pp. 2270-2282 en octobre 2007 concerne un système de transmission multivoie puce-à-puce en

champ proche utilisant des variations de champ électrique pour la transmission des signaux. Cet article discute la diaphonie entre les voies de transmission.

Par exemple, l'article de Y. Yoshida, N. Miura et Tadahiro Kuroda intitulé "A 2 Gb/s Bi-Directional Inter-Chip Data Transceiver With Differential Inductors for High Density Inductive Channel Array" publié dans *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, vol. 43, No. 11, pp. 2363-2369 en novembre 2008 concerne un système de transmission multivoie puce-à-puce en champ proche utilisant des variations de champ magnétique pour la transmission des signaux. Cet article souligne les effets néfastes de la diaphonie et introduit l'utilisation d'enroulements spéciaux, appelés "inductances différentielles" (en anglais : "differential inductors") pour réduire la diaphonie. Malheureusement, de tels enroulements spéciaux produisent un couplage voulu plus faible pour une aire donnée et ne procurent qu'une réduction partielle de la diaphonie.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

L'invention a pour but un émetteur pour transmission multivoie puce-à-puce en champ proche qui surmonte les limitations évoquées plus haut des techniques connues.

Selon l'invention, un émetteur d'un système de transmission multivoie en champ proche procurant m voies de transmission correspondant chacune à un signal à transmettre depuis un premier circuit intégré monolithique jusqu'à un deuxième circuit intégré monolithique, m étant un entier supérieur ou égal à 2, le premier circuit intégré monolithique et le deuxième circuit intégré monolithique étant structurellement combinés, comporte n dispositifs de couplage réalisés dans le premier circuit intégré monolithique, n étant un entier supérieur ou égal à m , chacun des dits dispositifs de couplage étant soumis à une variable électrique déterminée par au moins deux des dits signaux à transmettre. Selon l'invention, chacun des dits dispositifs de couplage est sensible aux variations du champ électrique et/ou du champ magnétique. Selon l'invention, la variable électrique appliquée à un des dits dispositifs de couplage peut être une tension ou un courant.

Selon l'invention, un émetteur d'un système de transmission multivoie en champ proche procurant m voies de transmission correspondant chacune à un signal à transmettre depuis un premier circuit intégré monolithique jusqu'à un deuxième circuit intégré monolithique, m étant un entier supérieur ou égal à 2, le premier circuit intégré monolithique et le deuxième circuit intégré monolithique étant structurellement combinés, peut par exemple comporter :

- n dispositifs de couplage réalisés dans le premier circuit intégré monolithique, n étant un entier supérieur ou égal à m , chacun des dits dispositifs de couplage étant sensible aux variations du champ électrique et/ou du champ magnétique ;
- un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples, ledit amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples étant réalisé dans le premier circuit

intégré monolithique, ledit amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples ayant m accès d'entrée et n accès de sortie, chacun des dits accès de sortie étant connecté à un et un seul des dits dispositifs de couplage, chacun des dits dispositifs de couplage étant connecté à un et un seul des dits accès de sortie, ledit amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples ayant, lorsque ledit amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples est dans l'état activé, pour des petits signaux, à chaque fréquence dans une bande de fréquences utilisée pour la transmission, une matrice admittance de transfert en court-circuit, ladite matrice admittance de transfert en court-circuit étant une matrice complexe de taille $n \times m$, au moins deux éléments de chaque ligne de ladite matrice admittance de transfert en court-circuit étant différents de zéro.

Numérotons, de 1 à m , les accès d'entrée de l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples. Tout entier j supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à m correspond au numéro d'un accès d'entrée de l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples. Définissons le courant d'entrée i_{Ij} entrant dans la borne positive de l'accès d'entrée j , et la tension d'entrée v_{Ij} entre la borne positive de l'accès d'entrée j et la borne négative de l'accès d'entrée j . Nous définissons aussi le vecteur-colonne \mathbf{I}_I des courants d'entrée i_{I1}, \dots, i_{Im} et le vecteur-colonne \mathbf{V}_I des tensions d'entrée v_{I1}, \dots, v_{Im} . Numérotons, de 1 à n , les accès de sortie de l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples. Tout entier k supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à n correspond au numéro d'un accès de sortie de l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples. Définissons le courant de sortie i_{Ok} entrant dans la borne positive de l'accès de sortie k , et la tension de sortie v_{Ok} entre la borne positive de l'accès de sortie k et la borne négative de l'accès de sortie k . Nous définissons aussi le vecteur-colonne \mathbf{I}_O des courants de sortie i_{O1}, \dots, i_{On} et le vecteur-colonne \mathbf{V}_O des tensions de sortie v_{O1}, \dots, v_{On} . Lorsque l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples est dans l'état activé, pour des petits signaux, l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples est caractérisé, dans le domaine fréquentiel, par les deux équations suivantes :

$$\mathbf{I}_I = \mathbf{Y}_I \mathbf{V}_I + \mathbf{Y}_R \mathbf{V}_O \quad (1)$$

$$\mathbf{I}_O = \mathbf{Y}_T \mathbf{V}_I + \mathbf{Y}_O \mathbf{V}_O \quad (2)$$

où \mathbf{Y}_I est une matrice carrée d'ordre m , où \mathbf{Y}_O est une matrice carrée d'ordre n , où \mathbf{Y}_R est une matrice de taille $m \times n$, et où \mathbf{Y}_T est une matrice de taille $n \times m$. Tous les éléments de ces matrices ont la dimension d'une admittance. Par conséquent, les spécialistes comprennent qu'ils peuvent appeler \mathbf{Y}_I la "matrice admittance d'entrée en court-circuit" de l'amplificateur, \mathbf{Y}_R la "matrice admittance de transfert inverse en court-circuit" de l'amplificateur, \mathbf{Y}_T la "matrice admittance de transfert en court-circuit" de l'amplificateur, et \mathbf{Y}_O la "matrice admittance de sortie en court-circuit" de l'amplificateur. Ces quatre matrices ont des éléments complexes et

peuvent dépendre de la fréquence.

Au moins deux éléments de chaque ligne de ladite matrice admittance de transfert en court-circuit peuvent être significativement différents de zéro. Par exemple, ledit amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples peut être tel que, à chaque fréquence dans
5 ladite bande de fréquences utilisée pour la transmission, dans chaque ligne de ladite matrice admittance de transfert en court-circuit, au moins un élément différent d'un élément ayant le plus grand module a un module plus grand que 1/100 multiplié par le module du dit élément ayant le plus grand module. Par exemple, ledit amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples peut être tel que, à chaque fréquence dans ladite bande de fréquences utilisée
10 pour la transmission, dans chaque ligne de ladite matrice admittance de transfert en court-circuit, au moins un élément différent d'un élément ayant le plus grand module a un module plus grand que 1/10 multiplié par le module du dit élément ayant le plus grand module.

Dans la suite, les expressions "est dans l'état désactivé" et "n'est pas dans l'état activé" sont équivalentes.

15 L'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples dans l'état activé a, pour des petits signaux, à chaque fréquence dans une bande de fréquences utilisée pour la transmission, une matrice admittance de transfert en court-circuit, ladite matrice admittance de transfert en court-circuit étant une matrice complexe de taille $n \times m$, au moins deux éléments de chaque ligne de ladite matrice admittance de transfert en court-circuit étant significativement
20 différents de zéro. Selon l'invention, il est possible qu'il existe un état désactivé de l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples, dans lequel le comportement de l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples est différent. Cependant, l'existence d'un état désactivé de l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples n'est nullement une caractéristique de l'invention.

25 Selon l'invention, les dits n dispositifs de couplage réalisés dans le premier circuit intégré monolithique sont utilisés pour émettre un champ électrique et/ou un champ magnétique, en tant que parties d'un système de transmission en champ proche procurant m voies de transmission correspondant chacune à un signal à transmettre depuis le premier circuit intégré monolithique jusqu'au deuxième circuit intégré monolithique. Les dits n dispositifs de couplage
30 réalisés dans le premier circuit intégré monolithique peuvent aussi être utilisés pour recevoir un champ électrique et/ou un champ magnétique, en tant que parties d'un système de transmission en champ proche procurant une ou plusieurs voies de transmission correspondant chacune à un signal à transmettre depuis le deuxième circuit intégré monolithique jusqu'au premier circuit intégré monolithique. Ainsi, une transmission bidirectionnelle est obtenue. Le spécialiste
35 comprend comment ce résultat peut être obtenu, par exemple en utilisant des commutateurs analogiques commandés et/ou un état désactivé de l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples.

Selon l'invention, le premier circuit intégré monolithique et le deuxième circuit intégré monolithique sont structurellement combinés, si bien que le premier circuit intégré monolithique et le deuxième circuit intégré monolithique ont des positions relatives fixes. Le spécialiste comprend que cette exigence permet au concepteur de calculer les effets des trois causes de diaphonie interne mentionnées plus haut, et de déterminer un ensemble de matrices admittance de transfert en court-circuit qui peuvent chacune annuler la diaphonie interne entre les signaux délivrés par les dispositifs de couplage réalisés dans le deuxième circuit intégré monolithique.

5 Selon l'invention, au moins un autre circuit intégré monolithique peut être structurellement combiné avec le premier circuit intégré monolithique et/ou le deuxième circuit intégré monolithique. Dans ce cas :

- l'émetteur selon l'invention peut aussi être utilisé en tant qu'une partie d'un système de transmission en champ proche procurant une ou plusieurs voies de transmission correspondant chacune à un signal à transmettre depuis le premier circuit intégré monolithique jusqu'au dit au moins un autre circuit intégré monolithique ;
- 15 - les dits n dispositifs de couplage réalisés dans le premier circuit intégré monolithique peuvent aussi être utilisés pour recevoir un champ électrique et/ou un champ magnétique, en tant que parties d'un système de transmission en champ proche procurant une ou plusieurs voies de transmission correspondant chacune à un signal à transmettre depuis ledit au moins un autre circuit intégré monolithique jusqu'au premier circuit intégré monolithique.

20 L'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples peut par exemple être tel que les bornes négatives de ses accès d'entrée et/ou de ses accès de sortie correspondent à la masse, ces accès étant alors asymétriques.

L'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples peut par exemple être tel que chacun de ses accès d'entrée correspond à une entrée différentielle et/ou tel que
25 chacun de ses accès de sortie correspond à une sortie différentielle.

L'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples peut comporter un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à rétroaction série-série, par exemple décrit dans la demande de brevet français numéro 06/00388 du 17 janvier 2006 intitulée "Amplificateur à entrées multiples et sorties multiples", dans la demande internationale correspondante numéro PCT/IB2006/003950 du 19 décembre 2006 intitulée "Multiple-input and
30 multiple-output amplifier", dans la demande de brevet français numéro 06/05633 du 23 juin 2006 intitulée "Amplificateur à entrées multiples et sorties multiples utilisant l'induction mutuelle dans le réseau de rétroaction", et dans la demande internationale correspondante numéro PCT/IB2007/001344 du 26 avril 2007 intitulée "Multiple-input and multiple-output
35 amplifier using mutual induction in the feedback network".

L'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples peut comporter un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à rétroaction série-série ayant des entrées pseudo-différentielles, par exemple décrits dans la demande de brevet français numéro

08/03982 du 11 juillet 2008, intitulée “Amplificateur à entrées multiples et sorties multiples ayant des entrées pseudo-différentielles” et dans la demande internationale correspondante numéro PCT/IB2009/051358 du 31 mars 2009 intitulée “Multiple-input and multiple-output amplifier having pseudo-differential inputs”.

5 BRÈVE PRÉSENTATION DES DIFFÉRENTES FIGURES

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs, et représentés dans les dessins annexés sur lesquels :

- 10 - la figure 1 montre les dispositifs de couplage d'un système de transmission multivoie puce-à-puce en champ proche, et a déjà été commentée dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
- la figure 2 montre le schéma-bloc d'un premier exemple d'un émetteur pour un système de transmission multivoie puce-à-puce en champ proche, et a déjà été commentée dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
- 15 - la figure 3 montre le schéma-bloc d'un deuxième exemple d'un émetteur pour un système de transmission multivoie puce-à-puce en champ proche, et a déjà été commentée dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
- la figure 4 montre le schéma-bloc d'un premier mode de réalisation de l'invention ;
- 20 - la figure 5 montre le schéma-bloc d'un deuxième mode de réalisation de l'invention.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE CERTAINS MODES DE RÉALISATION

Premier mode de réalisation.

25 Au titre d'un premier mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre non limitatif, nous avons représenté sur la figure 4 le schéma-bloc d'un émetteur pour transmission multivoie puce-à-puce en champ proche procurant $m = 4$ voies de transmission pour la transmission numérique depuis un premier circuit intégré monolithique jusqu'à un deuxième circuit intégré monolithique, comportant :

30 $n = 4$ dispositifs de couplage (111) (112) (113) (114) réalisés dans le premier circuit intégré monolithique, chacun des dits dispositifs de couplage étant un enroulement planaire sensible aux variations du champ magnétique ;

un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (13) réalisé dans le premier circuit intégré monolithique, ledit amplificateur à accès d'entrée multiples et

accès de sortie multiples ayant m accès d'entrée et n accès de sortie, chacun des dits accès de sortie étant connecté à un et un seul des dits dispositifs de couplage (111) (112) (113) (114), chacun des dits dispositifs de couplage (111) (112) (113) (114) étant connecté à un et un seul des dits accès de sortie, ledit amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples ayant, lorsque ledit amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples est dans l'état activé, pour des petits signaux, à chaque fréquence dans une bande de fréquences utilisée pour la transmission, une matrice admittance de transfert en court-circuit, ladite matrice admittance de transfert en court-circuit étant une matrice complexe de taille $n \times m$, au moins deux éléments de chaque ligne de ladite matrice admittance de transfert en court-circuit étant significativement différents de zéro ;

m circuits de mise en forme de signal (181) (182) (183) (184), chacun des dits circuits de mise en forme de signal ayant un accès d'entrée connecté à la source (19), chacun des dits circuits de mise en forme de signal ayant un accès de sortie connecté à un des accès d'entrée de l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (13).

L'émetteur montré sur la figure 4 est une partie d'un système de transmission multivoie en champ proche qui comporte aussi un récepteur comportant n dispositifs de couplage réalisés dans le deuxième circuit intégré monolithique, chacun de ces dispositifs de couplage étant un enroulement planaire sensible aux variations du champ magnétique. Toutes les interactions entre les dits $2n$ dispositifs de couplage réalisés dans le premier circuit intégré monolithique et dans le deuxième circuit intégré monolithique sont décrites par les équations suivantes :

$$\mathbf{V}_O = -j\omega (\mathbf{L}_T \mathbf{I}_O + \mathbf{L}_C \mathbf{I}_R) - \mathbf{R}_T \mathbf{I}_O \quad (3)$$

$$\mathbf{V}_R = -j\omega ({}^t\mathbf{L}_C \mathbf{I}_O + \mathbf{L}_R \mathbf{I}_R) - \mathbf{R}_R \mathbf{I}_R \quad (4)$$

où ω est la pulsation, où \mathbf{L}_T , \mathbf{L}_C , \mathbf{L}_R , \mathbf{R}_T et \mathbf{R}_R sont des matrices carrées d'ordre n réelles, où ${}^t\mathbf{X}$ est la matrice transposée d'une matrice \mathbf{X} , où \mathbf{I}_R est le vecteur-colonne des courants délivrés par les dispositifs de couplage réalisés dans le deuxième circuit intégré monolithique, où \mathbf{V}_R est le vecteur-colonne des tensions aux bornes des dispositifs de couplage réalisés dans le deuxième circuit intégré monolithique, et où \mathbf{V}_O et \mathbf{I}_O sont définis plus haut.

Tous les éléments des matrices \mathbf{L}_T , \mathbf{L}_C et \mathbf{L}_R ont la dimension d'une inductance. Tous les éléments des matrices \mathbf{R}_T et \mathbf{R}_R ont la dimension d'une résistance. Le premier circuit intégré monolithique et le deuxième circuit intégré monolithique étant structurellement combinés, le spécialiste comprend qu'il est possible de calculer les matrices \mathbf{L}_T , \mathbf{L}_C , \mathbf{L}_R , \mathbf{R}_T et \mathbf{R}_R . Dans ce premier mode de réalisation, le concepteur utilise un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples tel que tous les éléments de \mathbf{Y}_O , \mathbf{Y}_R et \mathbf{Y}_I ont un module petit dans la bande de fréquences utilisée pour la transmission, si bien que les tensions aux bornes des

dispositifs de couplage réalisés dans le deuxième circuit intégré monolithique sont approximativement données par

$$\mathbf{V}_R = -j\omega \left({}^t\mathbf{L}_C \mathbf{Y}_T \mathbf{V}_I + \mathbf{L}_R \mathbf{I}_R \right) - \mathbf{R}_R \mathbf{I}_R \quad (5)$$

Le concepteur utilise un récepteur présentant une haute impédance à chacun des
5 dispositifs de couplage réalisés dans le deuxième circuit intégré monolithique. Ainsi, le spécialiste comprend que l'ensemble des matrices admittance de transfert en court-circuit qui peuvent chacune annuler la diaphonie entre les tensions aux bornes des dispositifs de couplage réalisés dans le deuxième circuit intégré monolithique est défini par la condition

$$\mathbf{Y}_T \approx {}^t\mathbf{L}_C^{-1} \mathbf{D} \quad (6)$$

10 où \mathbf{D} est une matrice complexe diagonale, \mathbf{D} étant arbitraire et éventuellement dépendante de la fréquence. Ainsi, le concepteur peut concevoir un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples tel que ladite matrice admittance de transfert en court-circuit soit le produit d'une matrice réelle indépendante de la fréquence et d'une matrice diagonale. Une matrice admittance de transfert en court-circuit convenable peut être obtenue en utilisant un
15 amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à rétroaction série-série ou un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à rétroaction série-série ayant des entrées pseudo-différentielles. Ainsi, l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples peut utiliser une rétroaction procurant, à chaque fréquence dans ladite bande de fréquences utilisée pour la transmission, une matrice admittance de transfert en court-circuit telle que au moins
20 deux éléments de chaque ligne de ladite matrice admittance de transfert en court-circuit sont significativement différents de zéro.

Deuxième mode de réalisation.

Au titre d'un deuxième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre non limitatif, nous avons représenté sur la figure 5 le schéma-bloc d'un émetteur pour
25 transmission multivoie puce-à-puce en champ proche procurant $m = 4$ voies de transmission pour la transmission numérique depuis un premier circuit intégré monolithique jusqu'à un deuxième circuit intégré monolithique, comportant :

$n = 4$ dispositifs de couplage (111) (112) (113) (114) réalisés dans le premier circuit intégré monolithique, chacun des dits dispositifs de couplage étant une surface conductrice
30 sensible aux variations du champ électrique ;
un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (13) réalisé dans le premier circuit intégré monolithique, ledit amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples ayant m accès d'entrée et n accès de sortie, chacun des dits

accès de sortie étant connecté à un et un seul des dits dispositifs de couplage (111) (112) (113) (114), chacun des dits dispositifs de couplage (111) (112) (113) (114) étant connecté à un et un seul des dits accès de sortie, ledit amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples ayant, lorsque ledit amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples est dans l'état activé, pour des petits signaux, à chaque fréquence dans une bande de fréquences utilisée pour la transmission, une matrice admittance de transfert en court-circuit, ladite matrice admittance de transfert en court-circuit étant une matrice complexe de taille $n \times m$, au moins deux éléments de chaque ligne de ladite matrice admittance de transfert en court-circuit étant différents de zéro ;

m circuits de mise en forme de signal (181) (182) (183) (184), chacun des dits circuits de mise en forme de signal ayant un accès d'entrée connecté à la source (19), chacun des dits circuits de mise en forme de signal ayant un accès de sortie connecté à un des accès d'entrée de l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (13).

L'émetteur montré sur la figure 5 est une partie d'un système de transmission multivoie en champ proche qui comporte aussi un récepteur comportant n dispositifs de couplage réalisés dans le deuxième circuit intégré monolithique, chacun de ces dispositifs de couplage étant une surface conductrice sensible aux variations du champ électrique. Toutes les interactions entre les $2n$ dispositifs de couplage réalisés dans le premier circuit intégré monolithique et dans le deuxième circuit intégré monolithique sont décrites par les équations suivantes :

$$\mathbf{I}_O = -j\omega (\mathbf{C}_T \mathbf{V}_O + \mathbf{C}_C \mathbf{V}_R) \quad (7)$$

$$\mathbf{I}_R = -j\omega ({}^t\mathbf{C}_C \mathbf{V}_O + \mathbf{C}_R \mathbf{V}_R) \quad (8)$$

où \mathbf{C}_T , \mathbf{C}_C et \mathbf{C}_R sont des matrices carrées d'ordre n réelles, où \mathbf{I}_R est le vecteur-colonne des courants délivrés par les dispositifs de couplage réalisés dans le deuxième circuit intégré monolithique, où \mathbf{V}_R est le vecteur-colonne des tensions aux bornes des dispositifs de couplage réalisés dans le deuxième circuit intégré monolithique, et où \mathbf{V}_O et \mathbf{I}_O sont définis plus haut.

Tous les éléments des matrices \mathbf{C}_T , \mathbf{C}_C et \mathbf{C}_R ont la dimension d'une capacité. Le premier circuit intégré monolithique et le deuxième circuit intégré monolithique étant structurellement combinés, le spécialiste comprend qu'il est possible de calculer les matrices \mathbf{C}_T , \mathbf{C}_C et \mathbf{C}_R . Dans ce deuxième mode de réalisation, le concepteur utilise un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples tel que tous les éléments de \mathbf{Y}_O , \mathbf{Y}_R et \mathbf{Y}_I ont un module petit dans la bande de fréquences utilisée pour la transmission, si bien que les courants délivrés par les dispositifs de couplage réalisés dans le deuxième circuit intégré monolithique sont approximativement donnés par

$$\mathbf{I}_R = {}^t \mathbf{C}_C \mathbf{C}_T^{-1} \mathbf{Y}_T \mathbf{V}_I + j\omega \left({}^t \mathbf{C}_C \mathbf{C}_T^{-1} \mathbf{C}_C - \mathbf{C}_R \right) \mathbf{V}_R \quad (9)$$

Le concepteur utilise un récepteur présentant une basse impédance à chacun des dispositifs de couplage réalisés dans le deuxième circuit intégré monolithique. Ainsi, le spécialiste comprend que l'ensemble des matrices admittance de transfert en court-circuit qui peuvent chacune annuler la diaphonie entre les courants délivrés par les dispositifs de couplage réalisés dans le deuxième circuit intégré monolithique est défini par la condition

$$\mathbf{Y}_T \approx \mathbf{C}_T {}^t \mathbf{C}_C^{-1} \mathbf{D} \quad (10)$$

où \mathbf{D} est une matrice complexe diagonale, \mathbf{D} étant arbitraire et éventuellement dépendante de la fréquence. Ainsi, le concepteur peut concevoir un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples tel que ladite matrice admittance de transfert en court-circuit soit le produit d'une matrice réelle indépendante de la fréquence et d'une matrice diagonale. Une matrice admittance de transfert en court-circuit convenable peut être obtenue en utilisant un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à rétroaction série-série ou un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à rétroaction série-série ayant des entrées pseudo-différentielles.

Troisième mode de réalisation.

Un troisième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre non limitatif, correspond aussi au schéma-bloc d'un émetteur pour transmission multivoie puce-à-puce en champ proche montré sur la figure 5. Ce qui a été dit plus haut pour le deuxième mode de réalisation est applicable à ce troisième mode de réalisation sauf que, dans ce troisième mode de réalisation, \mathbf{Y}_O est égal à une matrice réelle diagonale notée \mathbf{G}_O telle que le module de chaque élément diagonal de \mathbf{G}_O est beaucoup plus grand que le module de tous les éléments de $j\omega \mathbf{C}_T$, dans la bande de fréquences utilisée pour la transmission. Ceci est dû à ce que des drivers ayant une basse impédance de sortie sont utilisés comme étage de sortie de l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples. Ainsi, les courants délivrés par les dispositifs de couplage réalisés dans le deuxième circuit intégré monolithique sont approximativement donnés par

$$\mathbf{I}_R \approx j\omega \left({}^t \mathbf{C}_C \mathbf{G}_O^{-1} \mathbf{Y}_T \mathbf{V}_I - \mathbf{C}_R \mathbf{V}_R \right) \quad (11)$$

Le concepteur utilise un récepteur présentant une basse impédance à chacun des dispositifs de couplage réalisés dans le deuxième circuit intégré monolithique. Ainsi, le spécialiste comprend que l'ensemble des matrices admittance de transfert en court-circuit qui

peuvent chacune annuler la diaphonie entre les courants délivrés par les dispositifs de couplage réalisés dans le deuxième circuit intégré monolithique est défini par la condition

$$\mathbf{Y}_T = \mathbf{G}_O {}^t \mathbf{C}_C^{-1} \mathbf{D} \quad (12)$$

où \mathbf{D} est une matrice complexe diagonale, \mathbf{D} étant arbitraire et éventuellement dépendante de la fréquence. Ainsi, le concepteur peut concevoir un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples tel que ladite matrice admittance de transfert en court-circuit soit le produit d'une matrice réelle indépendante de la fréquence et d'une matrice diagonale. Une matrice admittance de transfert en court-circuit convenable peut être obtenue en utilisant un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à rétroaction série-série ou un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à rétroaction série-série ayant des entrées pseudo-différentielles.

Quatrième mode de réalisation.

Dans un quatrième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre non limitatif, un émetteur pour transmission multivoie puce-à-puce en champ proche procurant m voies de transmission correspondant chacune à un signal binaire à transmettre depuis un premier circuit intégré monolithique jusqu'à un deuxième circuit intégré monolithique, m étant un entier supérieur ou égal à 2, comporte :

$n = m$ dispositifs de couplage réalisés dans le premier circuit intégré monolithique, chacun des dits dispositifs de couplage étant un enroulement multicouche sensible aux variations du champ magnétique ;

un circuit à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples réalisé dans le premier circuit intégré monolithique, ledit circuit à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples ayant n accès de sortie, chacun des dits accès de sortie étant connecté à un et un seul des dits dispositifs de couplage, chacun des dits dispositifs de couplage étant connecté à un et un seul des dits accès de sortie, ledit circuit à accès d'entrée multiples étant tel que chacun des dits dispositifs de couplage est soumis à un courant déterminé par au moins deux des dits signaux binaires à transmettre.

Numérotons, de 1 à m , les dits signaux binaires. Numérotons aussi, de 1 à m , les dits dispositifs de couplage. Pour un entier j supérieur ou égal à 1 et inférieur ou égal à m , le circuit à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples reçoit le signal original X_j et le signal complémentaire \bar{X}_j . Le signal original X_j est appliqué à la grille d'un transistor à effet de champ à grille isolée du circuit à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples. Le drain de ce transistor à effet de champ à grille isolée est couplé au dispositif de couplage numéro j et aucun courant ne circule dans ce drain lorsque $X_j = 0$. Le signal complémentaire \bar{X}_j est appliqué à la grille d'un ou plusieurs autres transistors à effet de champ à grille isolée du circuit à accès

d'entrée multiples et accès de sortie multiples. Le drain de chacun des dits un ou plusieurs autres transistors à effet de champ à grille isolée est couplé à un dispositif de couplage autre que le dispositif de couplage numéro j et aucun courant ne circule dans ces drains lorsque $\bar{X}_j = 0$. Chaque dispositif de couplage étant couplé au drain d'au moins un transistor à effet de champ

5 à grille isolée à la grille duquel est appliqué un signal complémentaire, chaque dispositif de couplage est soumis à un courant déterminé par au moins deux des signaux binaires à transmettre. Le spécialiste comprend que les largeurs de canal des transistors à effet de champ à grille isolée peuvent être dimensionnées pour que la diaphonie entre les tensions aux bornes des dispositifs de couplage réalisés dans le deuxième circuit intégré monolithique soit annulée.

10 Le spécialiste comprend que, dans ce quatrième mode de réalisation, le circuit à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples ne fonctionne pas comme un circuit linéaire. Ainsi, ce quatrième mode de réalisation ne comporte pas un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples pour lequel une matrice admittance de transfert en court-circuit significative peut être définie. Ce quatrième mode de réalisation réduit la diaphonie

15 interne et a une faible consommation de puissance.

INDICATIONS SUR LES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

L'émetteur pour transmission multivoie puce-à-puce en champ proche selon l'invention peut être utilisé comme émetteur dans les liaisons capacitives ou inductives utilisées pour la transmission de signal verticale entre les puces empilées d'un système dans un boîtier utilisant

20 l'intégration tri-dimensionnelle.

Dans les trois premiers modes de réalisation d'un dispositif selon l'invention présentés plus haut, l'émetteur pour transmission multivoie puce-à-puce en champ proche selon l'invention procure $m = 4$ voies de transmission. Ceci n'est nullement une caractéristique de l'invention. Un émetteur pour transmission multivoie puce-à-puce en champ proche selon

25 l'invention peut procurer un grand nombre de voies de transmission.

L'émetteur pour transmission multivoie puce-à-puce en champ proche selon l'invention est adapté à l'émission de signaux analogiques et/ou de signaux numériques. L'émetteur pour transmission multivoie puce-à-puce en champ proche selon l'invention est adapté pour émettre des signaux utilisant n'importe quel type de modulation.

30 L'émetteur pour transmission multivoie puce-à-puce en champ proche selon l'invention a l'avantage de réduire la diaphonie entre les voies de transmission, sur une large bande de fréquences. L'émetteur pour transmission multivoie puce-à-puce en champ proche selon l'invention a l'avantage d'augmenter le nombre de voies de transmission qui peuvent être créées dans une aire donnée. L'émetteur pour transmission multivoie puce-à-puce en champ proche

35 selon l'invention a l'avantage d'augmenter la distance de transmission qui peut être obtenue dans une aire donnée.

REVENDEICATIONS

1. Emetteur d'un système de transmission multivoie en champ proche procurant m voies de transmission correspondant chacune à un signal à transmettre depuis un premier circuit intégré monolithique jusqu'à un deuxième circuit intégré monolithique, m étant un entier supérieur ou égal à 2, le premier circuit intégré monolithique et le deuxième circuit intégré monolithique étant structurellement combinés, l'émetteur comportant n dispositifs de couplage (111) (112) (113) (114) réalisés dans le premier circuit intégré monolithique, n étant un entier supérieur ou égal à m , chacun des dits dispositifs de couplage étant soumis à une variable électrique déterminée par au moins deux des dits signaux à transmettre.
5
2. Emetteur selon la revendication précédente, dans lequel au moins un des dits dispositifs de couplage (111) (112) (113) (114) est sensible aux variations du champ électrique.
10
3. Emetteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel au moins un des dits dispositifs de couplage (111) (112) (113) (114) est sensible aux variations du champ magnétique.
4. Emetteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant en outre un amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (13), ledit amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples étant réalisé dans le premier circuit intégré monolithique, ledit amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples ayant m accès d'entrée et n accès de sortie, chacun des dits accès de sortie étant connecté à un et un seul des dits dispositifs de couplage, chacun des dits dispositifs de couplage étant connecté à un et un seul des dits accès de sortie, ledit amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples ayant, lorsque ledit amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples est dans l'état activé, pour des petits signaux, à chaque fréquence dans une bande de fréquences utilisée pour la transmission, une matrice admittance de transfert en court-circuit, ladite matrice admittance de transfert en court-circuit étant une matrice complexe de taille $n \times m$, au moins deux éléments de chaque ligne de ladite matrice admittance de transfert en court-circuit étant différents de zéro.
15
20
25
5. Emetteur selon la revendication 4, dans lequel, à chaque fréquence dans ladite bande de fréquences utilisée pour la transmission, dans chaque ligne de ladite matrice admittance de transfert en court-circuit, au moins un élément différent d'un élément ayant le plus grand module a un module plus grand que $1/100$ multiplié par le module du dit élément ayant le plus grand module.
30

6. Emetteur selon l'une quelconque des revendications 4 ou 5, dans lequel ladite matrice admittance de transfert en court-circuit est le produit d'une matrice réelle indépendante de la fréquence et d'une matrice diagonale.
- 5 7. Emetteur selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, dans lequel l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (13) utilise une rétroaction procurant, à chaque fréquence dans ladite bande de fréquences utilisée pour la transmission, une matrice admittance de transfert en court-circuit telle que au moins deux éléments de chaque ligne de ladite matrice admittance de transfert en court-circuit sont significativement différents de zéro.
- 10 8. Emetteur selon l'une quelconque des revendications 4 à 7, dans lequel l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (13) comporte un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à rétroaction série-série.
9. Emetteur selon l'une quelconque des revendications 4 à 8, dans lequel l'amplificateur à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (13) comporte un amplificateur à entrées multiples et sorties multiples à rétroaction série-série ayant des entrées pseudo-différentielles.
- 15 10. Emetteur selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les dits n dispositifs de couplage (111) (112) (113) (114) sont utilisés pour recevoir un champ électrique et/ou un champ magnétique, en tant que parties d'un système de transmission en champ proche procurant une ou plusieurs voies de transmission correspondant chacune à un signal à transmettre depuis le deuxième circuit intégré monolithique jusqu'au premier circuit intégré
20 monolithique.

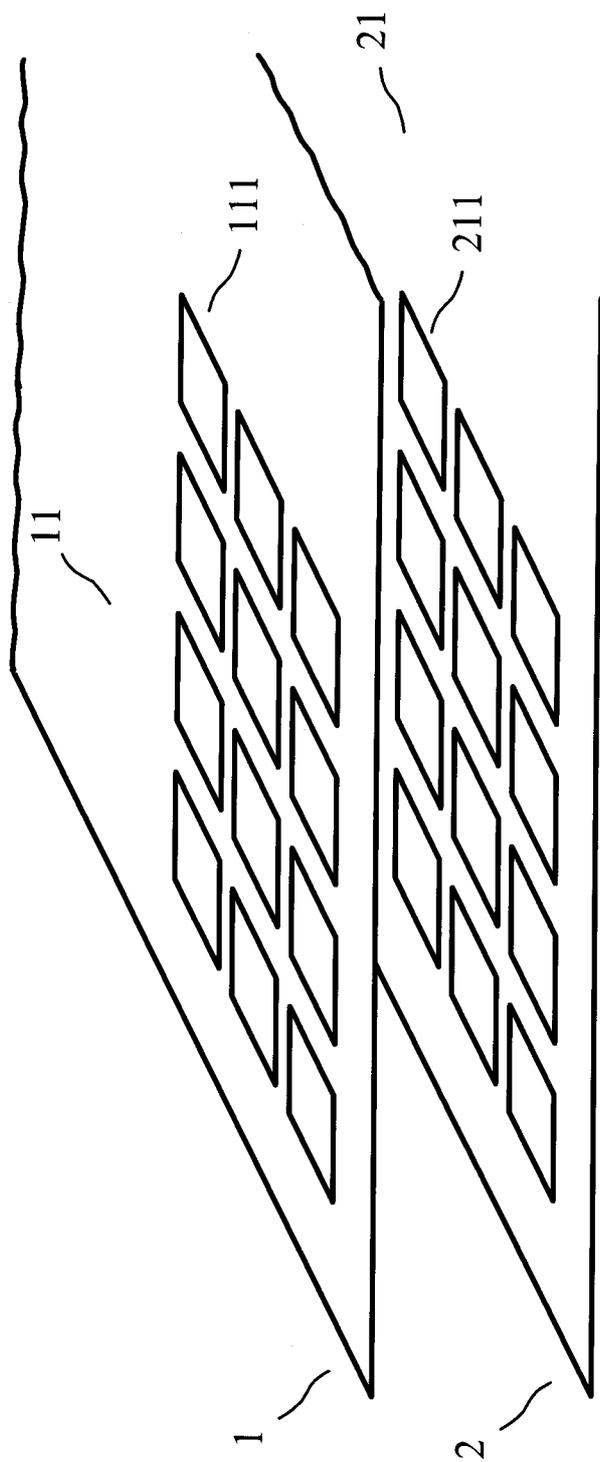


FIG. 1

2 / 5

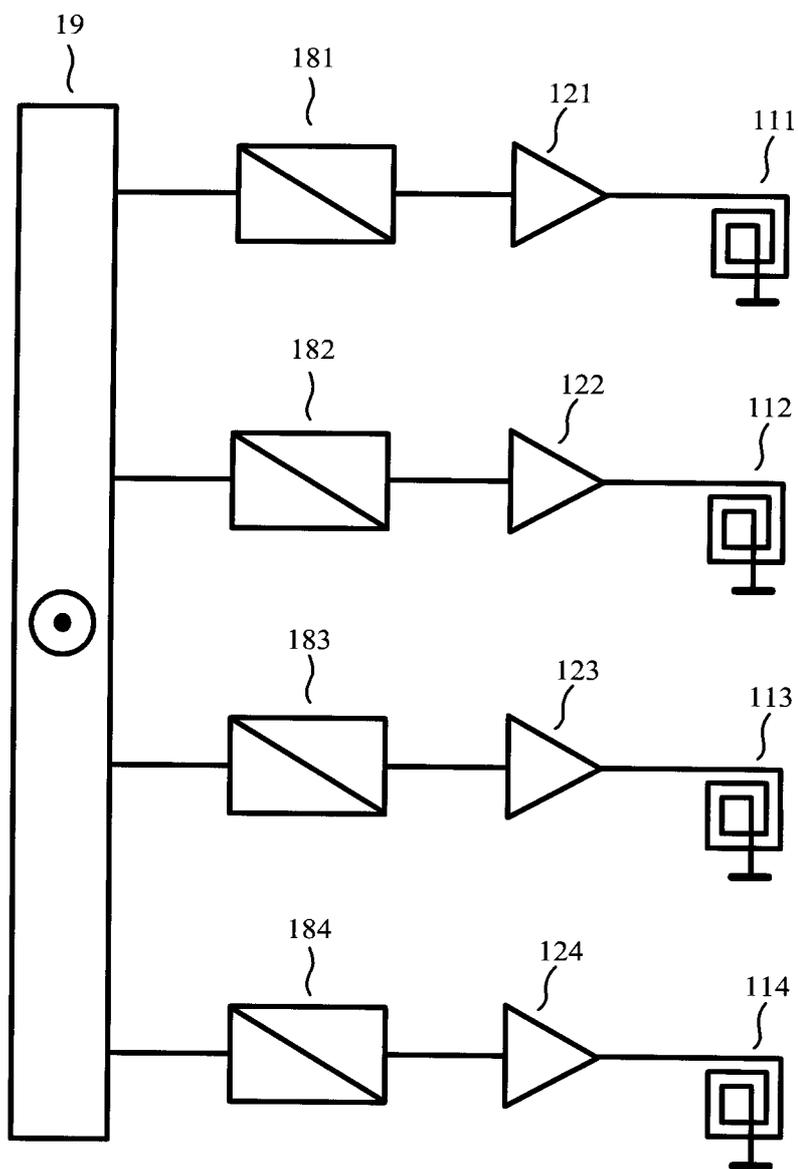


FIG. 2

3 / 5

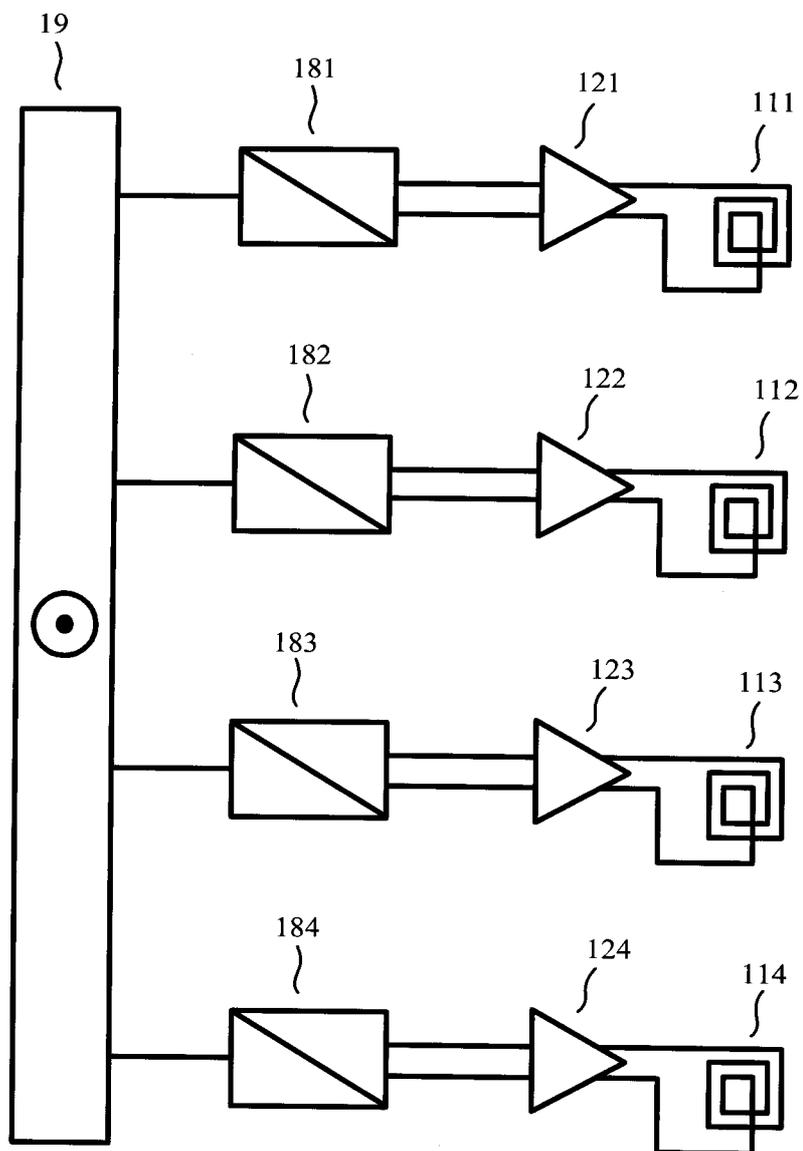


FIG. 3

4 / 5

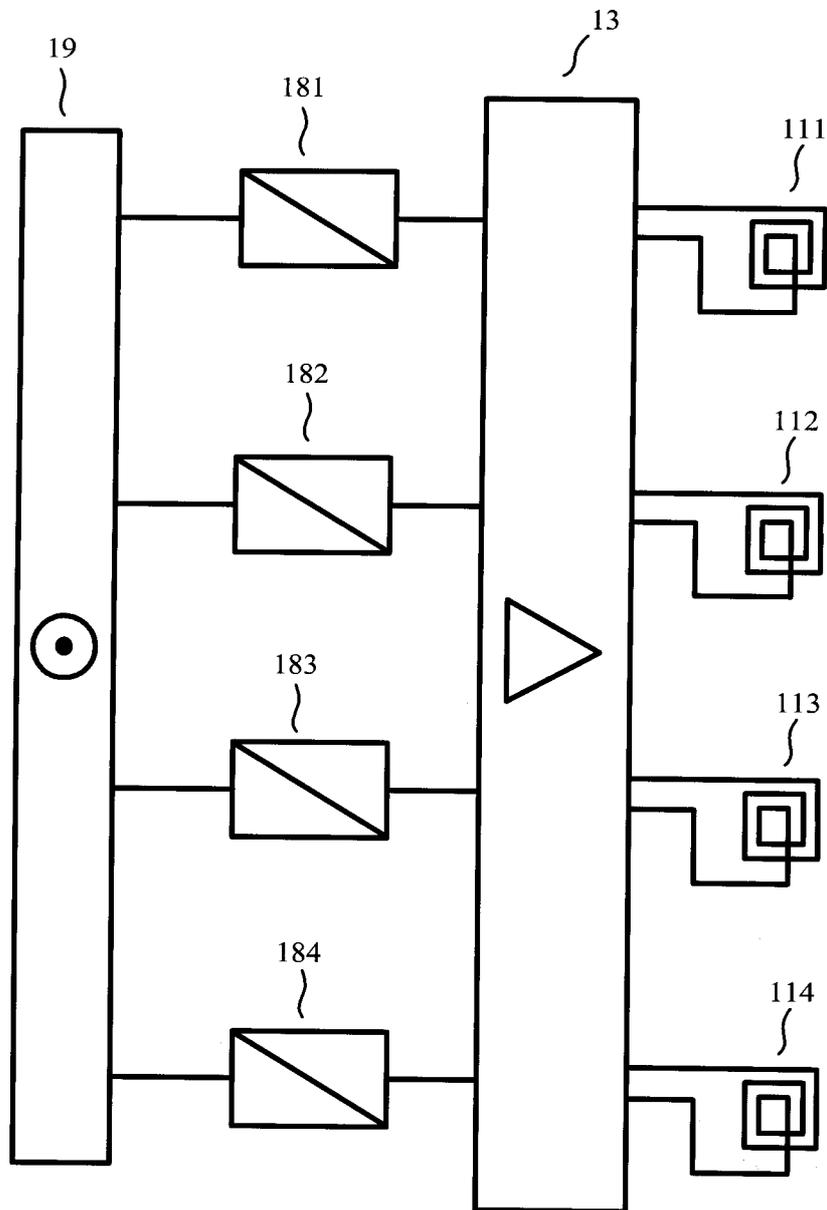


FIG. 4

5 / 5

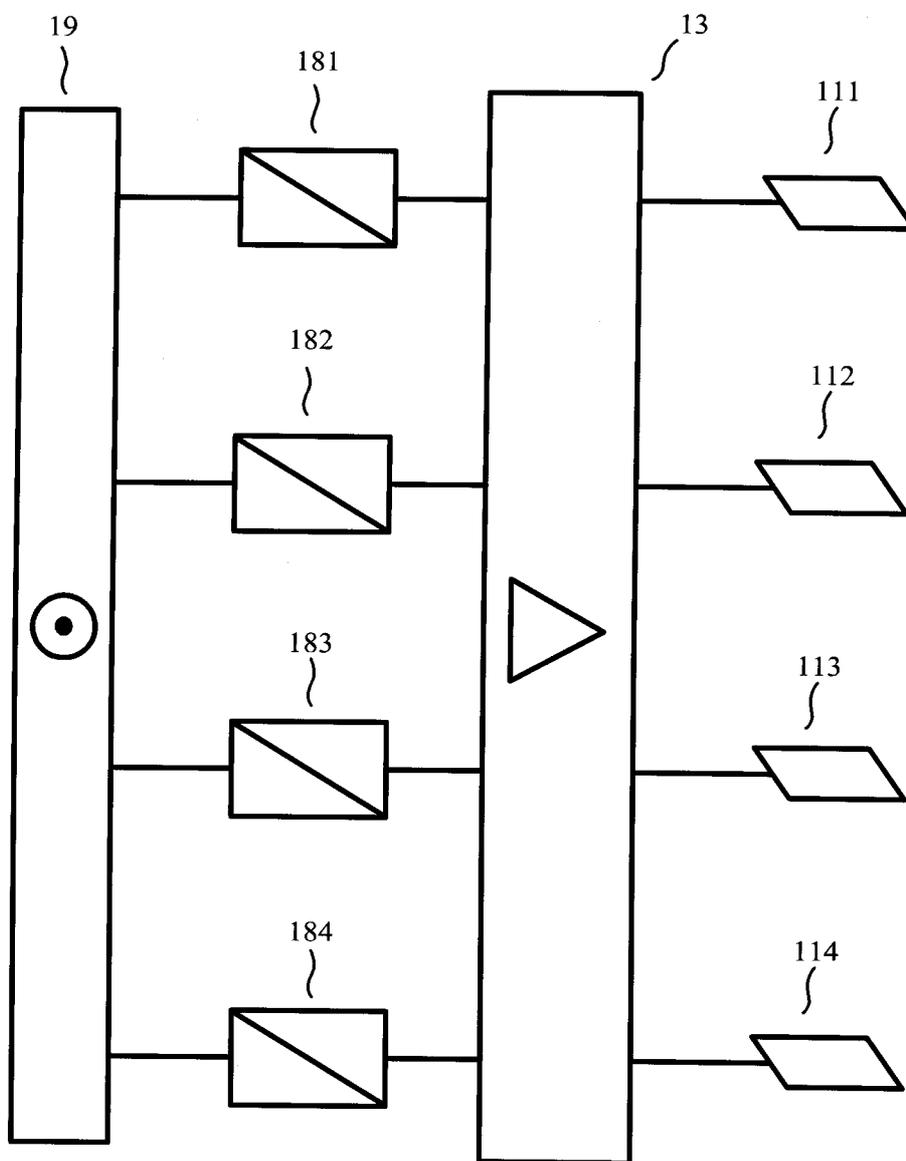


FIG. 5

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 756378
FR 1101902

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X,D	YOSHIDA Y ET AL: "A 2 Gb/s Bi-Directional Inter-Chip Data Transceiver With Differential Inductors for High Density Inductive Channel Array", IEEE JOURNAL OF SOLID-STATE CIRCUITS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, USA, vol. 43, no. 11, 1 novembre 2008 (2008-11-01), pages 2363-2369, XP011238708, ISSN: 0018-9200, DOI: 10.1109/JSSC.2008.2004530	1,3,10	H04B1/04 H04B5/00
Y	* le document en entier *	4-9	
X,D	FAZZI A ET AL: "3-D Capacitive Interconnections for Wafer-Level and Die-Level Assembly", IEEE JOURNAL OF SOLID-STATE CIRCUITS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, USA, vol. 42, no. 10, 1 octobre 2007 (2007-10-01), pages 2270-2282, XP011193060, ISSN: 0018-9200, DOI: 10.1109/JSSC.2007.905230	1,2,10	
Y	* alinéa [000I] - alinéa [0III]; figures 1,2,4 * * alinéa [000V] *	4-9	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H01L H04B
Y,D	WO 2010/004445 A1 (EXCEM [FR]; BROYDE FREDERIC [FR]; CLAVELIER EVELYNE [FR]) 14 janvier 2010 (2010-01-14) * page 3, ligne 20 - page 9, ligne 5; figure 1 *	4-9	
A	US 2009/176450 A1 (CHOW ALEX [US] ET AL) 9 juillet 2009 (2009-07-09) * abrégé; figures 1,6 *	1	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
6 février 2012		Burghardt, Gisela	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		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.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1101902 FA 756378**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **06-02-2012**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2010004445 A1	14-01-2010	EP 2351212 A1	03-08-2011
		FR 2933823 A1	15-01-2010
		US 2011074502 A1	31-03-2011
		WO 2010004445 A1	14-01-2010

US 2009176450 A1	09-07-2009	TW 201015890 A	16-04-2010
		US 2009176450 A1	09-07-2009
		WO 2009088869 A2	16-07-2009
