

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

Synthétiseur d'impédance coaxial

Domaine technique général

5 La présente invention se rapporte au domaine de l'électronique aux hyperfréquences, par exemple pour de l'instrumentation de mesure.

Présentation de l'art antérieur

10 Comme l'illustre la Figure 1, on connaît des adaptateurs d'impédance (également appelés 'tuners' par l'homme du métier) comprenant un conducteur coaxial dont la partie extérieure 2 est fendue par une fente 20 dans le sens de sa longueur, repérée par l'axe 0x. Cette fente 20 permet le passage d'une ou plusieurs sondes 4 de type plongeur que l'on peut déplacer indépendamment l'une
15 par rapport à l'autre, non seulement suivant l'axe 0x, mais également suivant l'axe 0y, orthogonal à 0x. En modifiant la distance séparant chaque plongeur 4 d'un conducteur 1 central du conducteur coaxial, on modifie l'impédance caractéristique du bout 10 de ligne correspondant. Lorsque le ou les plongeur(s) 4 sont éloignés au maximum du conducteur 1 central, le tuner présente une
20 impédance égale à 50Ω .

Il existe également des chariots 40 mobiles équipés dans les versions automatiques de moteurs assurant le déplacement des plongeurs 4 sur l'axe 0y et selon l'axe 0x.

25 Les tuners de type plongeur 4 peuvent être facilement étalonnés. L'entrée et la sortie sont connectées à un analyseur de réseau vectoriel (VNA), et pour plusieurs centaines de positions du ou des plongeur(s) 4 suivant l'axe 0x, ou suivant l'axe 0y entre le ou les plongeur(s) 4 et le conducteur 1 central, on enregistre les impédances synthétisées.

30 Lorsque l'on souhaite utiliser le tuner pour la caractérisation de composants électroniques en puissance ou en bruit, on commande donc au tuner telle ou telle impédance via un logiciel de commande du tuner, qui idéalement pilote également le VNA. On comprend que la répétabilité du tuner est un facteur clef pour la caractérisation.

Le tuner selon la Figure 1 présente des inconvénients.

Les performances hyperfréquences sont en effet réduites par les pertes d'insertion du tuner, liées à la transition entre le connecteur coaxial et le
5 conducteur central 1. Si l'on représente les impédances sur un abaque de Smith, on constate alors des « zones mortes » en bord d'abaque, à cause de ces pertes d'insertion.

De plus, de tels plongeurs 4 peuvent provoquer des fuites de charge.

En outre, les tuners à plongeurs 4 sont réalisés avec des platines (non
10 représentées sur les Figures) qui se déplacent suivant l'axe Ox , grâce à l'emploi de moteurs pas à pas. Chaque platine supporte en outre un moteur permettant de réaliser le déplacement des plongeurs suivant l'axe Oy .

On comprend donc que ces platines ont une certaine inertie. La
vitesse de déplacement des platines en est pénalisée, ce qui a pour effet
15 d'augmenter le temps nécessaire pour synthétiser des impédances nécessitant le déplacement des platines.

De par ce mode de conception, des vibrations peuvent apparaître au
niveau du ou des plongeurs 4, ce qui peut altérer les performances du tuner. Les
vibrations engendrées par le tuner peuvent également être à l'origine d'une
20 dégradation des contacts des composants mesurés sur substrat (« on wafer »).

Au surplus, ce mode de conception débouche sur des tuners
volumineux et relativement lourds, ce qui pénalise leur utilisation pour les mesures
réalisées sur station sous pointes, dans le cadre de caractérisation sur substrat
(« on wafer »). Etant volumineux, il est impossible de placer ces tuners au plus
25 près des composants mesurés, ce qui inévitablement augmente les pertes
d'insertion, et donc les « zones mortes » sur l'abaque de Smith.

Des systèmes de préadaptation peuvent être éventuellement
connectés entre les pointes hyperfréquences et le tuner pour pallier ce problème.

Cependant, ces systèmes sont particulièrement rigides, ce qui
30 augmente les problèmes de vibrations au bout des pointes et de dégradation des
contacts des composants. Dans les cas extrêmes, cela peut conduire à une
destruction du composant mesuré, voir des pointes hyperfréquences.

Enfin, le plus gros problème des tuners à plongeur concerne la fiabilité. En effet, le déplacement des plongeurs suivant l'axe Oy doit être particulièrement précis avec des précisions de l'ordre du micromètre. Lorsque l'on est amené à déplacer le tuner pour le monter ou le démonter d'un banc de mesure, un petit choc peut suffire pour dégrader le mécanisme d'asservissement des plongeurs suivant l'axe Oy. Si en cours d'utilisation un plongeur 4 vient percuter le conducteur 1 central du connecteur coaxial, le tuner est hors service.

Comme le montre la Figure 2, on connaît également un tuner coaxial à double sondes 4 (également appelé tuner « double slug ») qui permet théoriquement de répondre au mieux à la caractérisation des transistors de puissance et de bruit.

Ce tuner est prévu pour fonctionner dans des larges bandes de fréquence : il peut fonctionner dans des fréquences allant de 0,25 à 250GHz. Les deux sondes 4 ne présentent qu'un mouvement de translation le long d'un conducteur 1 coaxial repéré suivant l'axe Ox.

Le principe électromagnétique consiste en un déplacement de deux bouts 4 de ligne d'impédances caractéristiques différentes de 50Ω . Ces bouts 4 de ligne sont réalisés avec les sondes 4.

En fonctionnement,

1. une première sonde 4, dite de préadaptation, se déplace sur une distance $\lambda/2$, où λ est la longueur d'onde pour une fréquence de signal donné, et
2. une deuxième sonde 4 se déplace sur une longueur $\lambda/2$ par rapport à la première sonde 4.

Le tuner selon la Figure 2 présente des inconvénients.

Le tuner est prévu pour fonctionner uniquement à la fréquence fondamentale, c'est-à-dire que l'on ne peut pas travailler sur les différents harmoniques, ce qui nécessiterait l'emploi d'un plus grand nombre de sondes.

Le tuner présente de nombreuses limitations, et les performances électromagnétiques sont non optimales.

Pour permettre le déplacement des sondes 4, il est en effet nécessaire de réaliser un ajustement de type glissant entre le diamètre extérieur des sondes 4 et le diamètre intérieur du conducteur 2 extérieur. En dehors du fait que le

déplacement des sondes 4 engendre une usure inévitable par frottement, ce jeu nécessaire rend médiocre et inhomogène le contact électrique entre l'extérieur des sondes 4 et l'intérieur du tube 2 formant le conducteur extérieur du conducteur coaxial. La coaxialité entre les sondes 4 et le conducteur coaxial n'est pas
5 complètement maîtrisée, et quelques dixièmes de degré de différence suffisent pour considérablement changer les résultats pratiques des résultats théoriques. Ce problème engendre inévitablement des problèmes de répétabilité, rendant l'emploi du tuner impossible pour une caractérisation d'un composant électronique.

10 Qui plus est, si les sondes 4 se mettent légèrement de travers, cela peut engendrer une destruction du mécanisme, pour peu qu'une des sondes 4 vienne accrocher une quelconque aspérité située à l'intérieur du conducteur 2 extérieur.

Un autre défaut majeur du tuner selon la Figure 2 est l'impossibilité de
15 présenter une impédance de 50Ω lors de son utilisation, puisque cela nécessiterait de pouvoir enlever les sondes 4. Ceci est possible mais nécessite le démontage des connecteurs, donc le démontage de l'instrument de la chaîne de mesure dont il fait partie.

En outre, le changement des sondes 4 n'est pas aisé, puisqu'il
20 nécessite de les sortir par une des extrémités du conducteur coaxial, ce qui nécessite un démontage systématique des connecteurs hyperfréquences. Or, les performances de ces derniers ne sont pas garanties au-delà d'un certain nombre de montage/démontage.

L'emploi d'un quelconque moyen de lubrification reste exclu en raison
25 des problèmes électromagnétiques que cela engendrerait.

Présentation de l'invention

L'invention a pour but de pallier au moins un des inconvénients de l'art antérieur.

30 A cet effet, on propose selon l'invention un synthétiseur d'impédance coaxial, comportant :

- un conducteur central longitudinal,
- un tube conducteur externe coaxial au conducteur,

- au moins une sonde montée autour du conducteur en translation longitudinale,

le synthétiseur d'impédance coaxial étant caractérisé en ce que :

- le tube externe comprend deux demi-tubes séparables, de sorte que :

- 5 ○ la sonde est autorisée à se déplacer longitudinalement par rapport au conducteur central vers une position désirée lorsque les deux demi-tubes sont dans une position d'éloignement mutuel, et
- lorsque les deux demi-tubes sont dans une position de proximité mutuelle, la périphérie externe de la sonde et la paroi intérieure du
- 10 tube externe sont en contact.

L'invention est avantageusement complétée par les caractéristiques suivantes, prises seules ou en une quelconque de leur combinaison techniquement possible :

- la sonde comporte deux pattes de fixation situées chacune dans un espace
- 15 séparant les deux demi-tubes :
- les deux demi-tubes sont séparables, par translation selon un axe (Oz) perpendiculaire au conducteur central longitudinal, ou par rotation autour d'un axe perpendiculaire au conducteur central longitudinal, ou par rotation autour d'un axe parallèle au conducteur central longitudinal :
- 20 -
- le synthétiseur d'impédance comprend un actionneur pour le déplacement mutuel des deux demi-tubes ;
- la sonde comporte au moins deux parties, fixées l'une à l'autre de manière amovible, de sorte que la sonde peut être montée de manière amovible autour du conducteur ;
- 25 -
- le synthétiseur d'impédance comprend un actionneur des deux parties ;
- le synthétiseur d'impédance comporte un actionneur agissant au niveau de la patte de fixation ;
- lorsque les deux demi-tubes sont dans une position de proximité mutuelle, la périphérie externe de la sonde et la paroi intérieure du tube externe sont
- 30 en contact sur toute la périphérie de la sonde;
- le synthétiseur d'impédance comporte une pluralité de sondes ;
- le synthétiseur d'impédance comporte un groupe d'au moins deux sondes partageant au moins une patte de fixation commune.

L'invention concerne également un procédé de synthèse d'impédance dans un synthétiseur d'impédance, comprenant les étapes consistant à :

- produire un éloignement mutuel des deux demi-tubes,
- déplacer longitudinalement la sonde par rapport au conducteur central
- 5 vers une position désirée,
- positionner les deux demi-tubes dans une position de proximité mutuelle, de sorte à mettre en contact la périphérie externe de la sonde et la paroi intérieure du tube externe,

de sorte à assurer une synthèse d'impédance.

10 L'invention présente de nombreux avantages.

Il existe un très bon contact électrique entre la périphérie externe des sondes et la paroi intérieure du conducteur extérieur du conducteur coaxial. C'est en effet dans cette configuration, à savoir quand il y a contact électrique entre les sondes et le conducteur extérieur, lui-même relié à la masse, que l'on obtient les

15 meilleures performances électromagnétiques.

L'invention permet un placement très précis des sondes, ce qui engendre une très bonne répétabilité des impédances synthétisées pour un placement donné des sondes.

Il n'y a aucun frottement des sondes sur le conducteur coaxial. Très

20 peu d'usure, ni des sondes, ni du conducteur coaxial.

Il existe une possibilité de dégagement des sondes du conducteur coaxial, afin que ce dernier puisse présenter une impédance constante sur toute la bande de fréquence, idéalement 50Ω . A cet effet, chaque sonde est avantageusement réalisée en au moins deux parties amovibles l'une par rapport à

25 l'autre, et les parties mobiles du conducteur coaxial doivent permettre de dégager suffisamment d'espace pour permettre le passage des différentes parties des sondes.

Les performances hyperfréquences sont nettement supérieures à celles de tous les autres systèmes de l'art antérieur. En effet, la présente invention

30 permet de synthétiser des impédances à fort coefficient de réflexion, c'est-à-dire qu'il est possible d'aller très près en bord d'abaque de Smith.

L'invention permet d'envisager la réalisation d'une gamme de synthétiseurs d'impédance pouvant fonctionner dans une bande de fréquence allant de 100MHz à 1THz.

5 Il est possible de changer les sondes en fonction des applications et des performances désirées par un utilisateur, avantageusement de manière automatique. Selon un mode de réalisation de l'invention, les sondes peuvent ainsi être déplacées et/ou changées automatiquement.

Il n'y a que peu ou pas de vibrations engendrées lors du déplacement des sondes.

10 L'invention permet une plus grande robustesse et une meilleure fiabilité que les autres tuners de l'art antérieur.

Un tuner selon l'invention permet un faible encombrement pour une gamme de fréquences donnée.

L'invention peut fonctionner dans n'importe quelle position.

15 L'invention permet de laisser passer les tensions continues.

Présentation des figures

20 D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront de la description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, et qui doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

- la Figure 1, déjà commentée, présente une vue schématique d'un premier tuner coaxial connu selon l'art antérieur ;

25 - la Figure 2, déjà commentée également, présente une vue schématique d'un deuxième tuner coaxial connu selon l'art antérieur ;

- la Figure 3A présente une vue en perspective d'un des modes de réalisation possibles d'un synthétiseur d'impédance possible selon l'invention ;

- la Figure 3B est une vue éclatée de la figure 3A ;

30 - la Figure 4A présente une vue en coupe d'un des modes de réalisation possibles d'un synthétiseur d'impédance possible selon l'invention ;

- la Figure 4B est une vue éclatée de la figure 4A ;

- les Figures 5A et 5B présentent une vue en perspective éclatée d'un autre mode de réalisation possible d'un synthétiseur d'impédance possible selon l'invention, dans lequel les sondes sont amovibles ;

5 - la Figure 6 présente une vue en coupe d'une sonde possible de type cylindrique, prévue pour être tenue par des pattes de fixation de section rectangulaire ;

- la Figure 7 présente un groupe de sondes de type cylindrique composé de deux sondes séparées d'une certaine distance L ;

10 - la Figure 8 présente une vue d'un mode de réalisation possible d'un synthétiseur d'impédance selon l'invention.

Sur l'ensemble des figures, les éléments similaires portent des références numériques identiques.

Description détaillée

Les Figures 3A et 3B représentent schématiquement un mode de
5 réalisation possible d'un synthétiseur d'impédance selon l'invention.

Le synthétiseur d'impédance comporte principalement un conducteur 1
central longitudinal, s'étendant selon un axe longitudinal Ox et un tube 2
conducteur externe coaxial au conducteur 1 (appelé tube externe par la suite).

Le tube 2 externe comprend deux demi-tubes 14, 15 séparables.

10 Dans les Figures 3 à 5, le tube est cylindrique. Toutefois, ceci n'est pas
obligatoire et il peut s'agir d'un tube carré ou rectangulaire. Il en est de même pour
les deux demi-tubes. En outre, les deux demi-tubes ne sont pas nécessairement
identiques. Quelle que soit la section du tube, celui-ci est creux, et plus long que
large.

15 Les demi-tubes comprennent au moins deux positions : une position
d'éloignement mutuel, illustrée de manière non limitative en Figure 3B, et une
position de proximité mutuelle, illustrée de manière non limitative en Figure 3A.

Les deux demi-tubes ne sont pas nécessairement deux entités
complètement séparables, et il peut s'agir d'un tube consistant en deux demi-
20 tubes que l'on sépare par déformation plastique du tube.

Le synthétiseur d'impédance comporte en outre au moins une sonde 4, très
préférentiellement d'impédance caractéristique différente de 50Ω .

Le synthétiseur d'impédance peut ne comporter qu'une sonde, mais peut
également comporter une pluralité de sondes 4, jusqu'à une centaine par
25 exemple. Sur les Figures 3A et 3B, le synthétiseur d'impédance comporte deux
sondes, et sur les Figures 4A et 4B, le synthétiseur d'impédance comporte quatre
sondes.

Chaque sonde 4 est montée autour du conducteur 1 central, sans contact
avec le conducteur 1 central, avec une possibilité de translation longitudinale.

30 La sonde 4 est autorisée à se déplacer longitudinalement par rapport au
conducteur 1 central vers une position désirée lorsque les deux demi-tubes sont
dans une position d'éloignement mutuel. L'espace minimum requis entre les deux

demi-tubes dans cette position est celui qui permet à la sonde à se déplacer le long du conducteur.

Lorsque les deux demi-tubes sont dans une position de proximité mutuelle, la périphérie 43 externe de la sonde 4 et la paroi 23 intérieure du tube externe
5 sont en contact, réalisant ainsi un synthétiseur d'impédance. La paroi intérieure du tube est constituée des parois intérieures de chacun des demi-tubes.

Dans cette position, les deux demi-tubes sont en contact serré avec la sonde. Ainsi, un contact mécanique est réalisé entre les deux demi-tubes et la sonde. Par conséquent, la sonde est bloquée à la position désirée par
10 l'intermédiaire des deux demi-tubes. Le contact est mécanique, et donc électrique si les deux matériaux (matériaux constitutifs de la périphérie externe de la sonde et de la paroi intérieure du tube) sont conducteurs. Même dans cette position, les deux demi-tubes ne sont pas nécessairement en contact et restent séparés par un espace 20, de type fente longitudinale. Dans un mode de réalisation particulier, il
15 est possible que les deux demi-tubes soient en contact dans cette position: dans ce cas, des pattes de déplacement des sondes de type tige peuvent être utilisées pour déplacer et positionner les sondes, lesdites pattes étant retirées une fois les sondes positionnées.

Le synthétiseur d'impédance est apte à fonctionner dans la bande de
20 fréquences s'étendant de 100MHz à THz.

Ainsi, lorsque les deux demi-tubes se rapprochent, et du fait des cotes mécaniques, les défauts de coaxialité entre les sondes et le conducteur coaxial sont résolus : les sondes sont automatiquement centrées et le contact mécanique,
25 et, le cas échéant, électrique, entre la périphérie externe 43 des sondes 4 et la paroi 21 intérieure du tube 2 du conducteur coaxial est homogène et de bonne qualité.

Avantageusement, lorsque les deux demi-tubes sont dans une position de proximité mutuelle, la périphérie externe de la sonde et la paroi intérieure du tube externe coaxial au conducteur sont en contact sur toute la périphérie de la sonde.

30 Lorsqu'un utilisateur désire déplacer au moins une sonde 4, et réaliser une synthèse d'impédance, les étapes suivantes sont mise en œuvre, consistant à :

- produire un éloignement mutuel des deux demi-tubes. Dans le mode de réalisation illustré en Figures 3 à 5, les deux demi-tubes sont éloignés l'un de l'autre.
- déplacer longitudinalement la sonde 4 par rapport au conducteur 1 central vers une position désirée,
- positionner les deux demi-tubes dans une position de proximité mutuelle, de sorte à mettre en contact la périphérie externe de la sonde et la paroi intérieure du tube externe.

5
10 Cette sonde est préférentiellement d'impédance caractéristique différente de 50Ω .

Dans un mode de réalisation, la sonde 4 comporte en outre au moins une patte 3 de fixation située dans un espace 20 séparant les deux demi-tubes.

15 Cet espace 20 prend la forme d'une fente longitudinale lorsque les deux demi-tubes sont dans la position de proximité mutuelle. Cet espace existe de part et d'autre de la sonde, et deux fentes longitudinales séparent donc les deux demi-tubes en position de proximité mutuelle.

Cet espace est plus large lorsque les deux demi-tubes sont en position d'éloignement mutuel, comme les figures le montrent de manière schématique.

20 La patte 3 est préférentiellement sous forme de plaque rectangulaire, mais peut être de toute forme d'épaisseur relativement fine et se logeant dans l'espace 20, tout en permettant un rapprochement mutuel des deux demi-tubes.

25 Comme le montrent les doubles flèches pointillées de la Figure 3B, la patte 3 est adaptée pour pouvoir se déplacer longitudinalement dans l'espace 20 lorsque les deux demi-tubes sont en position d'éloignement mutuel, en déplaçant ainsi la sonde 4 par rapport au conducteur 1 central. La patte permet donc notamment de déplacer la sonde.

Lorsque les deux demi-tubes sont en position de proximité mutuelle, la sonde est bloquée par les deux demi-tubes, ce qui implique que la patte 3 est également bloquée en translation.

30 Lorsque les deux demi-tubes sont dans la position de proximité mutuelle, pour laquelle la sonde est bloquée, la patte peut être également bloquée dans l'espace 20 de type fente existant entre les deux demi-tubes. Toutefois, ceci n'est

pas obligatoire, et dépend des dimensions relatives de la patte par rapport à l'espace 20 existant entre les deux demi-tubes en position de proximité mutuelle.

Dans le mode de réalisation préférentiel représenté sur les figures, la sonde 4 comporte deux pattes de fixation 3 situées chacune dans un espace 20, mais
5 pourrait ne comporter qu'une patte par exemple.

Avantageusement, les deux demi-tubes sont séparables par :

- translation selon un axe (Oz) perpendiculaire au conducteur 1 central longitudinal, ou

10 - rotation autour d'un axe (Oz) perpendiculaire au conducteur 1 central longitudinal, ou

- rotation autour d'un axe parallèle (Ox) au conducteur 1 central longitudinal.

Le déplacement mutuel des demi-tubes du synthétiseur d'impédance peut être fait soit de manière manuelle, soit grâce à un actionneur 8.

15 Ainsi, comme le montrent les Figures 3A et 3B, le synthétiseur d'impédance peut comporter un actionneur 8 des deux demi-tubes.

L'actionneur 8 peut ainsi comporter un servomoteur, un vérin hydraulique, pneumatique ou électrique, ou un électroaimant par exemple.

De même, le synthétiseur d'impédance peut comporter un actionneur 7 agissant au niveau de la patte 3 de fixation.

20 L'actionneur 7 peut par exemple comporter des chariots guidés par exemple par des rails linéaires parallèles à l'axe Ox, et actionnés par un moteur.

Plusieurs types de moteurs peuvent être retenus pour réaliser le déplacement des sondes 4, comme par exemple :

- 25
- moteur pas à pas associés à des courroies ou des vis sans fin,
 - moteur linéaire,
 - moteur piézoélectrique, ou
 - tout type de vérin.

30 Pour les synthétiseurs d'impédances dédiés aux applications de l'ordre de 100GHz et plus, étant donné la valeur de la longueur d'onde, les moteurs piézoélectriques semblent être les plus appropriés, puisqu'ils permettent d'obtenir des déplacements d'une précision de l'ordre du nanomètre.

La Figure 4 montre que le synthétiseur d'impédance comporte également des connecteurs 6 coaxiaux, montés aux extrémités et qui permettent de

connecter le synthétiseur d'impédance à une chaîne de mesure, pour la caractérisation d'un composant électronique par exemple.

Les Figures 5A et 5B montrent que, selon une variante de réalisation, chaque sonde 4 peut comporter au moins deux parties 41 et 42, fixées l'une à l'autre de manière amovible, de sorte que la sonde 4 peut être montée de manière amovible autour du conducteur 1. Les flèches pointillées de la Figure 5B montrent que les parties 41 et 42 sont amovibles l'une de l'autre. Un utilisateur peut donc à sa guise monter un nombre de sondes 4 plus ou moins important, le conducteur coaxial ne comportant pas de sonde ayant alors une impédance de 50Ω .

La séparation de la partie 41 de la partie 42 peut être manuelle, mais comme le montre également la Figure 5B, le synthétiseur d'impédance peut comporter un actionneur 9 des deux parties 41 et 42, comportant tout type de moteur possible.

On comprend que les actionneurs 7 et/ou 8 et/ou 9 peuvent être confondus, ou indépendants.

La Figure 6 montre que chaque sonde 4 est préférentiellement de type cylindrique, et comporte au moins une gorge 45 longitudinale, chaque gorge 45 étant prévue pour recevoir une patte 3 de fixation de section complémentaire.

D1 représente le diamètre extérieur de la sonde 4. D1 est choisi pour que la périphérie externe 43 soit en contact serré avec la paroi intérieure 21 du tube 2 du synthétiseur d'impédance, lorsque les deux demi-tubes sont en position de proximité mutuelle.

Par exemple, pour un fonctionnement jusqu'à 34GHz, D1 peut être de 3,5mm.

Le diamètre D2 permet le passage du conducteur 1 central du synthétiseur d'impédance. Il doit être suffisamment grand pour ne pas que la sonde 4 vienne se mettre en court-circuit avec le conducteur 1 central. D2 est déterminant pour les performances hyperfréquences du synthétiseur d'impédance, et peut être déterminé à partir de résultats de simulations électromagnétiques. Le conducteur central 1 peut éventuellement être recouvert d'une couche isolante, pour éviter absolument les courts-circuits entre le conducteur 1 et les sondes 4.

La Figure 7 montre qu'au moins deux sondes 4 peuvent être regroupées pour former un groupe 44 partageant une patte 3 de fixation commune et être

séparées d'une certaine distance L déterminée à partir de résultats de simulations électromagnétiques. Ce type de configuration permet de réduire la bande de fréquence de fonctionnement du groupe 44 de sondes, ce qui permet de l'utiliser en tant que résonateur, pour permettre de contrôler l'impédance synthétisée, non pas à une valeur de fréquence mais à deux fréquences distinctes.

D'une manière générale, le nombre de sondes 4 dans le groupe 44 correspond au nombre de fréquences pour lesquelles on peut contrôler l'impédance.

Les sondes et les différents éléments constituant le synthétiseur d'impédance peuvent être réalisés, dans un exemple non limitatif, en métal ou dans un quelconque alliage (inox, laiton, cuivre).

Les dimensions générales de ces différents éléments pourront être validées à partir de simulations électromagnétiques.

Selon une variante avantageuse, les différentes parties pourront recevoir une fine couche d'or dans le but d'améliorer les performances électromagnétiques tout en supprimant les éventuels problèmes de corrosion qui pourraient à long terme dégrader les performances électromagnétiques du synthétiseur d'impédance.

En Figure 8, on a représenté un mode de réalisation du synthétiseur d'impédance. Le tube 2 externe comprend deux demi-tubes 14,15 séparables.

L'un des demi-tubes est fixe, et l'autre des demi-tubes est mobile par rapport au demi-tube fixe, autour d'une articulation en rotation 11. Un actionneur 8 est configuré pour déplacer la partie mobile par rapport à la partie fixe. L'actionneur 8 est lui-même commandé par un mécanisme 12 pour la commande de l'ouverture et de la fermeture du tube 2.

Les deux demi-tubes sont séparés par un espace 20.

Lorsque les deux demi-tubes sont dans une position d'éloignement mutuel, la translation des sondes et des pattes 3 est autorisée.

Lorsque les deux demi-tubes sont dans une position de proximité mutuelle, la périphérie externe de la sonde 4 et la paroi intérieure du tube externe sont en contact. Il s'agit d'un contact serré, pour lequel la sonde est bloquée en translation. Ce contact est mécanique, et électrique si les matériaux en contact sont conducteurs.

Les pattes sont déplacées par des actionneurs 7 de type chariots guidés par des rails 13 linéaires parallèles et actionnés par un moteur.

Le synthétiseur d'impédance comprend en outre au moins un connecteur 6 coaxial à chacune de ses extrémités.

- 5 Dans cet exemple de réalisation, le tube présente une section rectangulaire.

Revendications

1. Synthétiseur d'impédance coaxial, comportant

- 5
- un conducteur (1) central longitudinal (Ox),
 - un tube conducteur externe (2) coaxial au conducteur (1),
 - au moins une sonde (4) montée autour du conducteur (1) en translation longitudinale,

le synthétiseur d'impédance coaxial étant caractérisé en ce que :

- 10
- le tube externe (2) comprend deux demi-tubes séparables, de sorte que :
 - o la sonde (4) est autorisée à se déplacer longitudinalement par rapport au conducteur (1) central vers une position désirée lorsque les deux demi-tubes sont dans une position d'éloignement mutuel, et
 - o lorsque les deux demi-tubes sont dans une position de proximité mutuelle, la périphérie externe de la sonde (4) et la paroi intérieure
- 15
- du tube externe sont en contact.

2. Synthétiseur d'impédance selon la revendication 1, dans lequel la sonde (4) comporte deux pattes de fixation (3) situées chacune dans un espace séparant les

20

deux demi-tubes.

3. Synthétiseur d'impédance selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel les deux demi-tubes sont séparables, par translation selon un axe (Oz) perpendiculaire au conducteur (1) central longitudinal, ou par rotation autour d'un

25

axe (Oz) perpendiculaire au conducteur (1) central longitudinal, ou par rotation autour d'un axe parallèle au conducteur (1) central longitudinal.

4. Synthétiseur d'impédance selon la revendication 3, comportant un actionneur (8) pour le déplacement mutuel des deux demi-tubes.

30

5. Synthétiseur d'impédance selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel la sonde (4) comporte au moins deux parties (41, 42), fixées l'une à l'autre de

manière amovible, de sorte que la sonde (4) peut être montée de manière amovible autour du conducteur (1).

- 5 6. Synthétiseur d'impédance selon la revendication 5, comportant un actionneur (9) des deux parties (41, 42).
7. Synthétiseur d'impédance selon l'une des revendications 2 à 6, comportant un actionneur (7) agissant au niveau de la patte (3) de fixation.
- 10 8. Synthétiseur d'impédance selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel, lorsque les deux demi-tubes sont dans une position de proximité mutuelle, la périphérie externe de la sonde et la paroi intérieure du tube externe sont en contact sur toute la périphérie de la sonde.
- 15 9. Synthétiseur d'impédance selon l'une des revendications 1 à 8, comportant une pluralité de sondes (4).
10. Synthétiseur d'impédance selon la revendication 9, comportant un groupe (44) d'au moins deux sondes (4) partageant au moins une patte (3) de fixation
20 commune.
11. Procédé de synthèse d'impédance dans un synthétiseur d'impédance selon l'une des revendications 1 à 10, comprenant les étapes consistant à :
- produire un éloignement mutuel des deux demi-tubes,
 - 25 • déplacer longitudinalement la sonde (4) par rapport au conducteur (1) central vers une position désirée,
 - positionner les deux demi-tubes dans une position de proximité mutuelle, de sorte à mettre en contact la périphérie externe de la sonde et la paroi intérieure du tube externe,
 - 30 de sorte à assurer une synthèse d'impédance.

FIG. 1

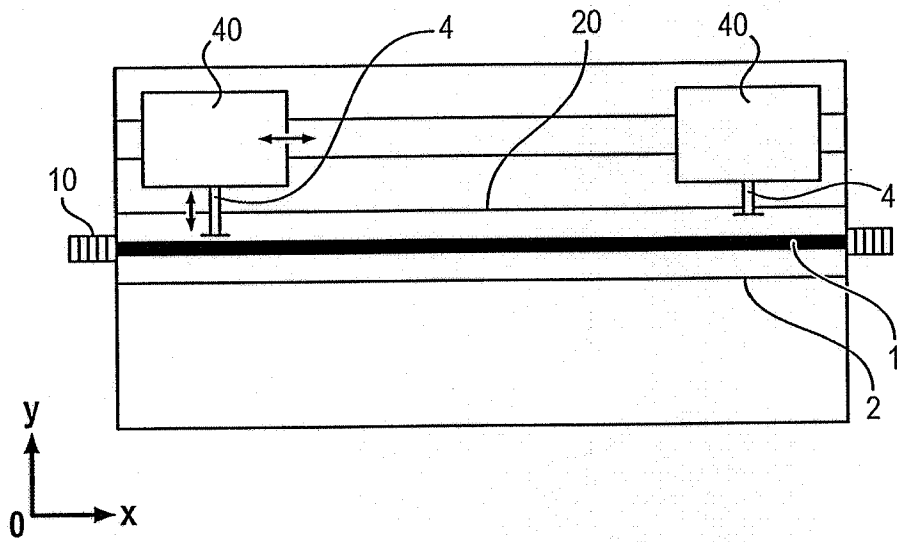
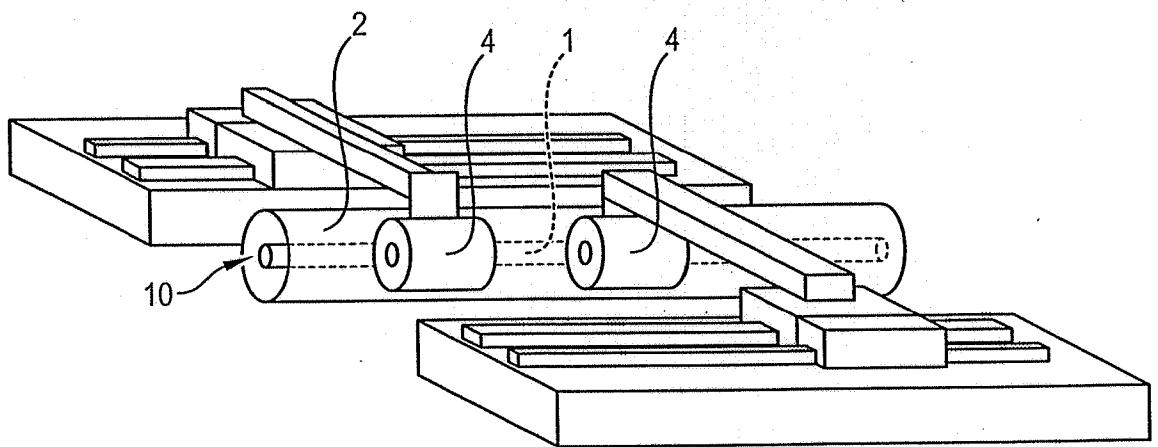


FIG. 2



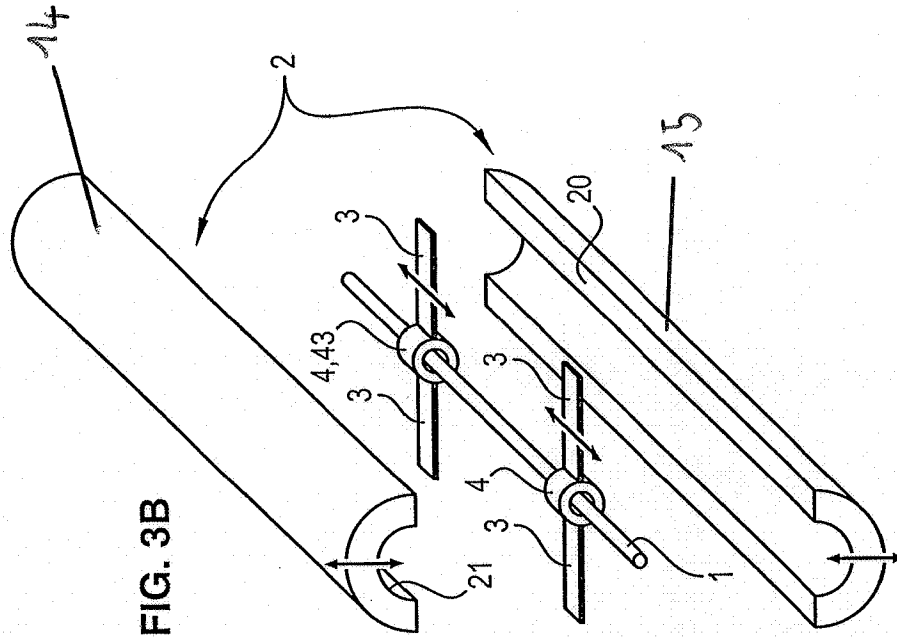


FIG. 3B

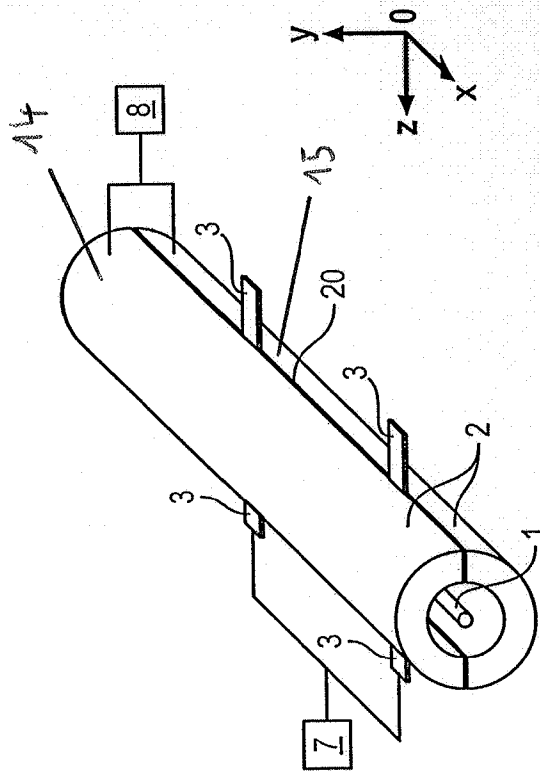


FIG. 3A

FIG. 4A

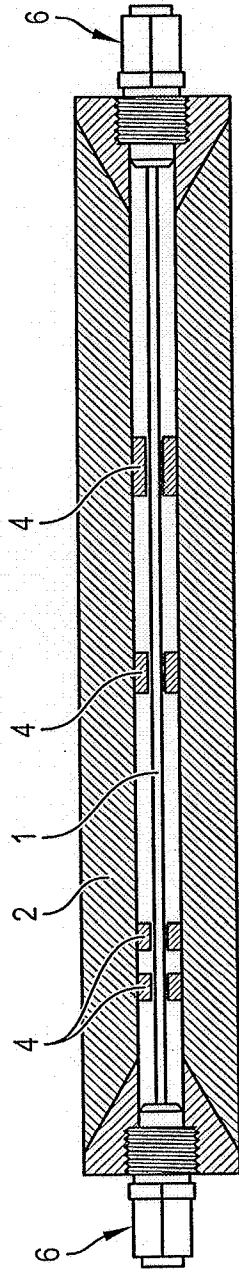
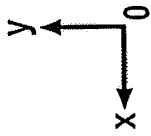
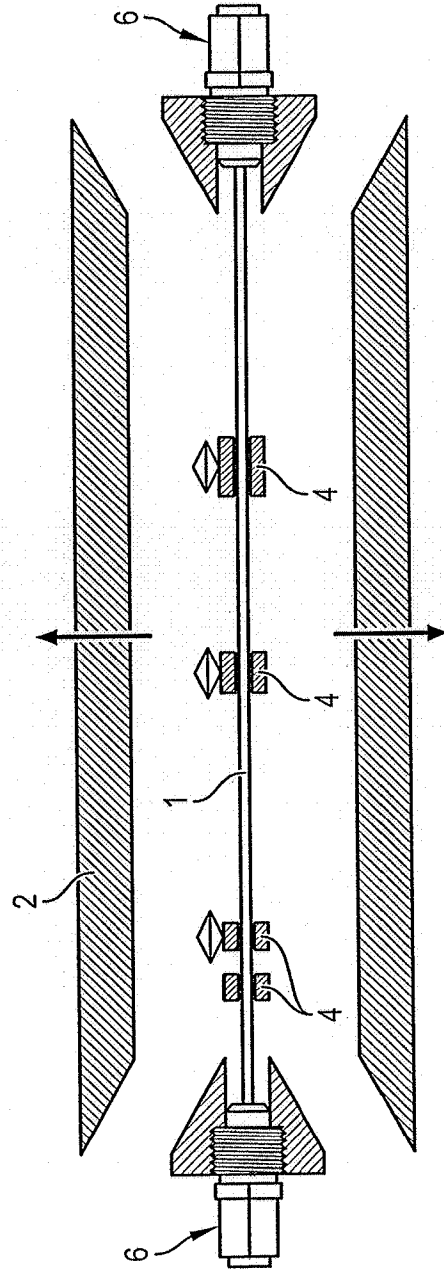


FIG. 4B



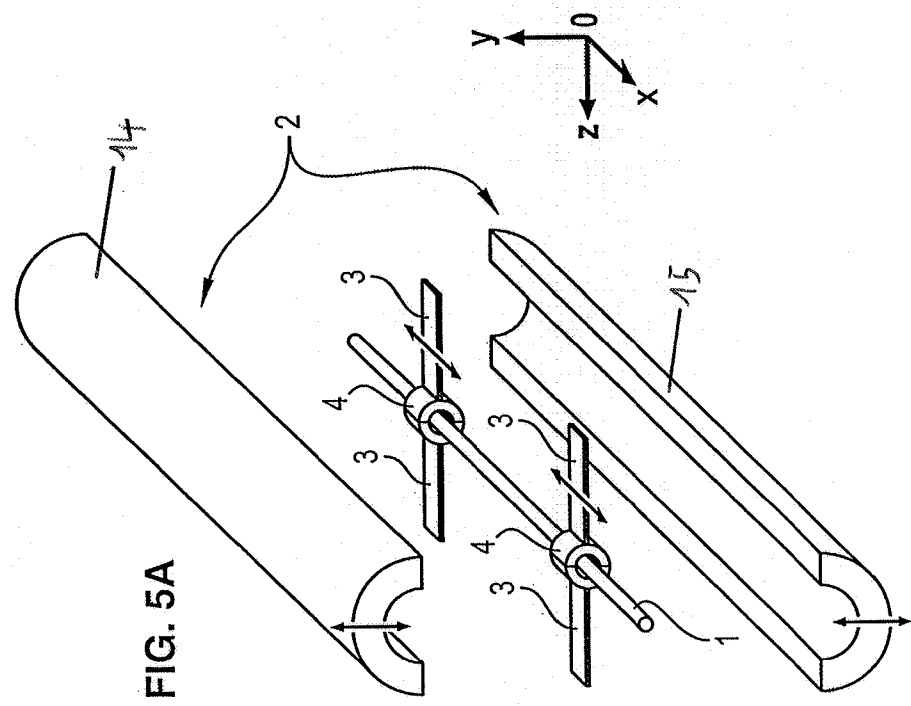
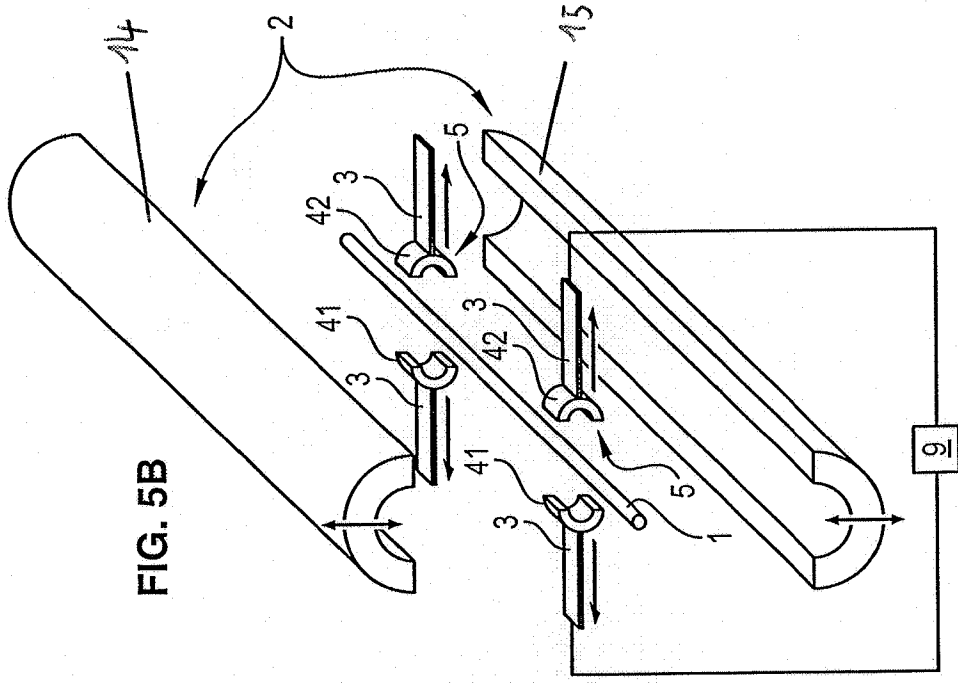


FIG. 5B

FIG. 5A

FIG. 6

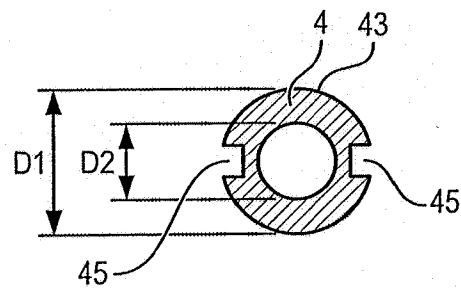
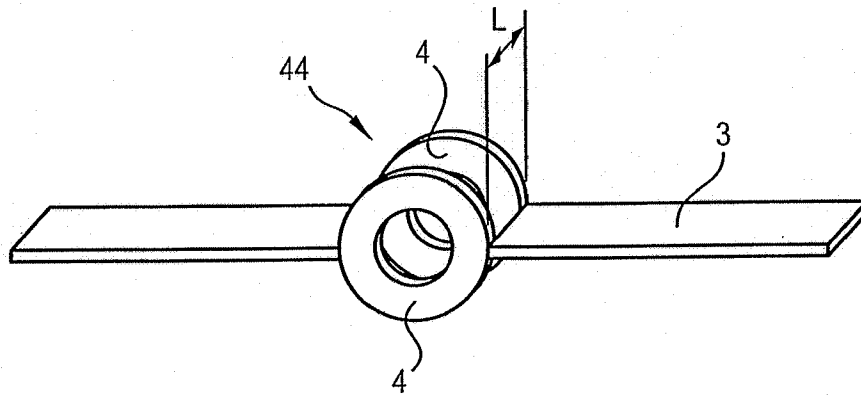


FIG. 7



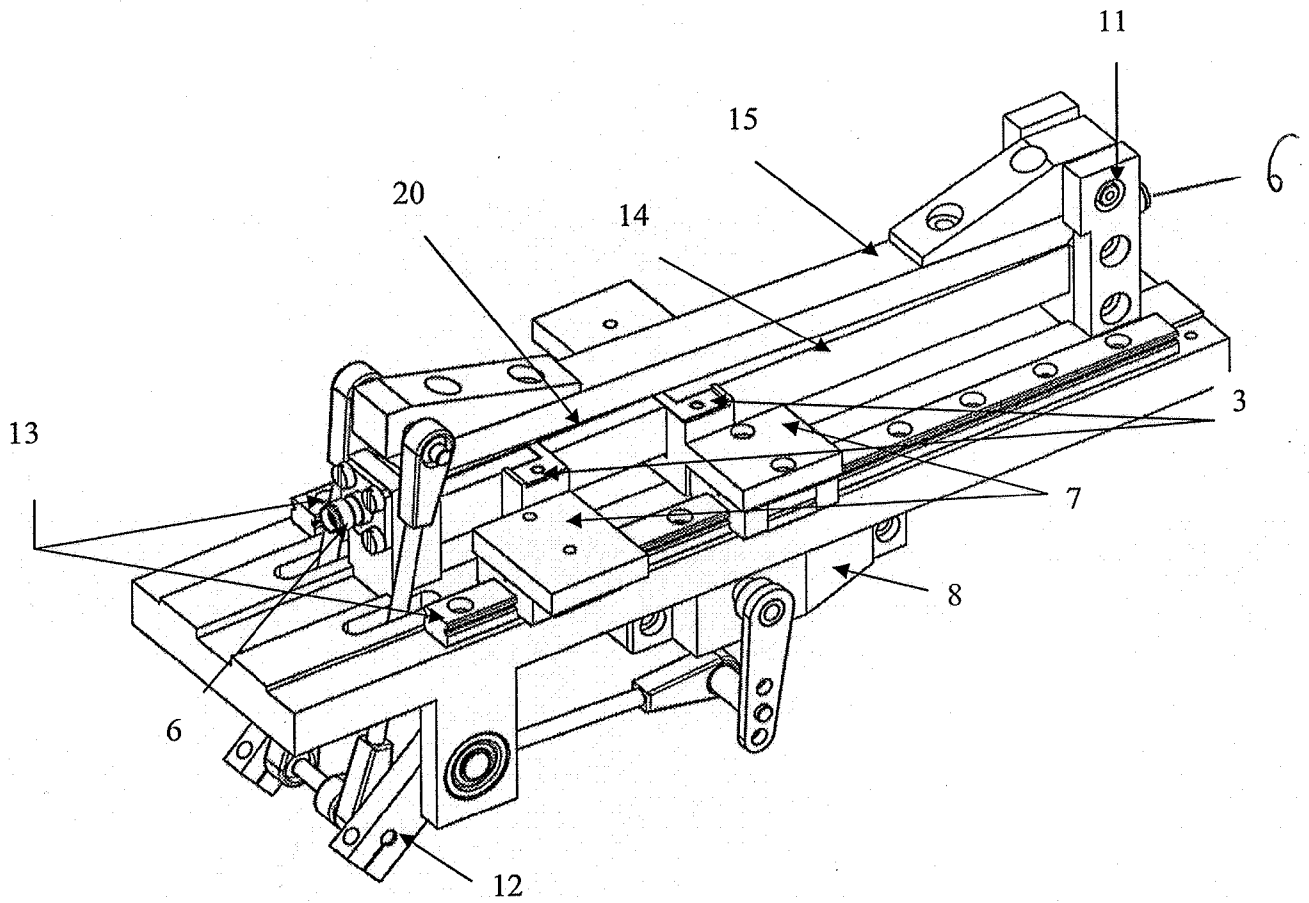


FIG. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/054845

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. H01P5/04 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01P		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2007/010134 A1 (CENTRE NAT RECH SCIENT [FR]; UNIV LILLE SCIENCES TECH [FR]; VELLAS NIC) 25 January 2007 (2007-01-25) cited in the application	1,3-9,11
Y	page 10, line 10 - page 11, line 2; figures 1-4	4
Y	page 13, line 19 - page 14, line 12 -----	4
Y	EP 0 899 809 A2 (YASHIMA DENKEN KABUSHIKI KAISY [JP]; TAYA KEIICHIRO [JP]) 3 March 1999 (1999-03-03)	4
A	paragraph [0014] - paragraph [0016]; figures 1-4 paragraph [0021] - paragraph [0022]; figure 6 paragraph [0030] - paragraph [0033]; figures 9,10 ----- -/--	1-3,5-11
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents :		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention	
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone	
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art	
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 24 May 2012	Date of mailing of the international search report 01/06/2012	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Pastor Jiménez, J	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/054845

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 6 177614 A (NIPPON ELECTRIC ENG) 24 June 1994 (1994-06-24) abstract; figures 1(a)-(b) -----	1-11
A	US 3 792 385 A (NAPOLI L ET AL) 12 February 1974 (1974-02-12) column 1, line 61 - column 2, line 49; figures 1,2 column 2, line 50 - column 3, line 54 -----	1-11
A	JP 2004 007056 A (JAPAN RADIO CO LTD; TOKYO ELECTRON LTD) 8 January 2004 (2004-01-08) abstract; figures 1-7 -----	1-11
A	US 6 674 293 B1 (TSIRONIS CHRISTOS [CA]) 6 January 2004 (2004-01-06) column 4, line 1 - line 20; figures 2a, 2b column 4, line 58 - column 5, line 17 -----	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/054845

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
WO 2007010134	A1	25-01-2007	EP 1905120 A1	02-04-2008
			FR 2888670 A1	19-01-2007
			JP 4782833 B2	28-09-2011
			JP 2009502075 A	22-01-2009
			US 2009146757 A1	11-06-2009
			WO 2007010134 A1	25-01-2007
EP 0899809	A2	03-03-1999	EP 0899809 A2	03-03-1999
			JP 3370260 B2	27-01-2003
			JP 11074709 A	16-03-1999
			US 5994977 A	30-11-1999
JP 6177614	A	24-06-1994	NONE	
US 3792385	A	12-02-1974	NONE	
JP 2004007056	A	08-01-2004	JP 3899288 B2	28-03-2007
			JP 2004007056 A	08-01-2004
US 6674293	B1	06-01-2004	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2012/054845

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H01P5/04 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE		
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H01P		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	WO 2007/010134 A1 (CENTRE NAT RECH SCIENT [FR]; UNIV LILLE SCIENCES TECH [FR]; VELLAS NIC) 25 janvier 2007 (2007-01-25) cité dans la demande	1,3-9,11
Y	page 10, ligne 10 - page 11, ligne 2; figures 1-4	4
Y	page 13, ligne 19 - page 14, ligne 12 -----	4
Y	EP 0 899 809 A2 (YASHIMA DENKEN KABUSHIKI KAISY [JP]; TAYA KEIICHIRO [JP]) 3 mars 1999 (1999-03-03)	4
A	alinéa [0014] - alinéa [0016]; figures 1-4 alinéa [0021] - alinéa [0022]; figure 6 alinéa [0030] - alinéa [0033]; figures 9,10 ----- -/--	1-3,5-11
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée		"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 24 mai 2012		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 01/06/2012
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Pastor Jiménez, J

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	JP 6 177614 A (NIPPON ELECTRIC ENG) 24 juin 1994 (1994-06-24) abrégé; figures 1(a)-(b) -----	1-11
A	US 3 792 385 A (NAPOLI L ET AL) 12 février 1974 (1974-02-12) colonne 1, ligne 61 - colonne 2, ligne 49; figures 1,2 colonne 2, ligne 50 - colonne 3, ligne 54 -----	1-11
A	JP 2004 007056 A (JAPAN RADIO CO LTD; TOKYO ELECTRON LTD) 8 janvier 2004 (2004-01-08) abrégé; figures 1-7 -----	1-11
A	US 6 674 293 B1 (TSIRONIS CHRISTOS [CA]) 6 janvier 2004 (2004-01-06) colonne 4, ligne 1 - ligne 20; figures 2a, 2b colonne 4, ligne 58 - colonne 5, ligne 17 -----	1-11

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2012/054845

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2007010134	A1	25-01-2007	EP 1905120 A1	02-04-2008
			FR 2888670 A1	19-01-2007
			JP 4782833 B2	28-09-2011
			JP 2009502075 A	22-01-2009
			US 2009146757 A1	11-06-2009
			WO 2007010134 A1	25-01-2007
			EP 0899809	A2
			JP 3370260 B2	27-01-2003
			JP 11074709 A	16-03-1999
			US 5994977 A	30-11-1999
JP 6177614	A	24-06-1994	AUCUN	
US 3792385	A	12-02-1974	AUCUN	
JP 2004007056	A	08-01-2004	JP 3899288 B2	28-03-2007
			JP 2004007056 A	08-01-2004
US 6674293	B1	06-01-2004	AUCUN	