

(19)



(11)

EP 2 802 036 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
12.11.2014 Bulletin 2014/46

(51) Int Cl.:
H01P 1/18 (2006.01) H01Q 3/32 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **13305590.5**

(22) Date de dépôt: **06.05.2013**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME

(71) Demandeur: **Alcatel- Lucent Shanghai Bell Co., Ltd**
Shanghai 201206 (CN)

(72) Inventeur: **Harel, Jean-Pierre**
22305 Lannion (FR)

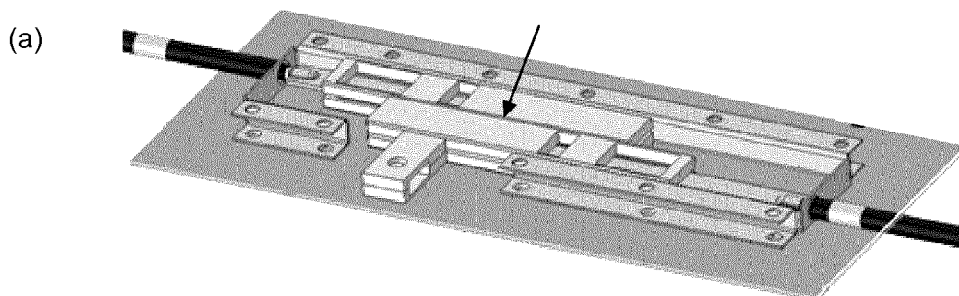
(74) Mandataire: **Therias, Philippe**
Alcatel-Lucent International
148/152 route de la Reine
92100 Boulogne-Billancourt (FR)

(54) **Déphaseur passif à déplacement longitudinal**

(57) Le système de déphasage unitaire comporte au moins une ligne conductrice d'alimentation comportant une portion d'entrée reliée à l'entrée du système de déphasage connectée à une source d'alimentation électrique, et une portion de sortie reliée à la sortie du système de déphasage connectée à au moins un élément rayonnant d'antenne à alimenter, une pièce diélectrique fixe

entourant la portion d'entrée de la ligne conductrice, une pièce diélectrique mobile entourant la portion de sortie de la ligne conductrice, un organe de commande solidaire de la pièce diélectrique mobile apte à de déplacer longitudinalement de manière à provoquer un mouvement longitudinal de la pièce diélectrique mobile le long de la ligne conductrice.

FIG. 8



EP 2 802 036 A1

Description

DOMAINE

[0001] La présente invention se rapporte à un système de déphasage à déplacement longitudinal permettant d'appliquer un déphasage sur des éléments rayonnants, ou des groupes d'éléments rayonnants. L'invention est destinée à être utilisée notamment pour des éléments rayonnants appartenant à des antennes pour les stations de base des réseaux de communication cellulaires (GSM, UMTS, ...) mais également à tout autre type d'application nécessitant un décalage de phase. Le déphasage vise à dépointer la direction du lobe principal de l'antenne, et ainsi de réaliser des antennes à dépointage dynamique, ou autrement appelées « antennes à tilt variable ».

ARRIERE-PLAN

[0002] Les antennes de station de base pour les applications de télécommunication doivent avoir un gain élevé et des diagrammes de rayonnement dans le plan horizontal et dans le plan vertical exempts de rayonnement parasite. Les exigences en termes de gain et de diagramme de rayonnement dans le plan vertical dépendent de la longueur de l'antenne. Ces paramètres sont contrôlés par l'intermédiaire du réseau d'alimentation des éléments rayonnants de l'antenne. Les antennes à inclinaison électrique variable dites VET (pour « Variable Electric Tilt » en anglais) permettent de faire varier la position du lobe principal par rapport à l'horizon. Le réglage de l'inclinaison de l'antenne dans le plan vertical peut être réalisé par différentes techniques appliquées au réseau d'alimentation d'antenne, en utilisant des dispositifs actifs et/ou passifs, principalement au moyen d'un dispositif de décalage de phase.

[0003] Les systèmes de déphasage sont le plus souvent des systèmes passifs, c'est à dire ne comportant pas de composant électronique, permettant d'appliquer une différence de phase relative entre différents accès d'un réseau d'alimentation radiofréquence. On connaît notamment des dispositifs utilisant au moins deux domaines diélectriques : un domaine constitué d'un matériau diélectrique solide et un domaine constitué par l'air ou vide par exemple. Déplacer le matériau diélectrique solide par rapport à une ligne conductrice (par exemple une ligne de type coaxial, microruban, triplaque, coplanaire, etc...) induit une variation de phase. Le matériau diélectrique solide est placé de manière à couper les lignes de courant se situant entre la ligne conductrice et un plan de masse, i.e. un plan conducteur relié à la terre.

[0004] La construction actuelle d'un système de déphasage comporte des parties en matériau diélectrique solide qui coulisseraient transversalement alors que l'organe de commande est un vérin central qui est déplacé dans l'axe de l'antenne. Cela implique l'addition de pièces mécaniques spécifiques permettant la transmission d'un

mouvement axial vers un déplacement transversal. Ces pièces mécaniques supplémentaires ont un coût. En outre, elles sont sources de dysfonctionnements mécaniques, tels que friction ou jeu dans la transmission du déplacement (ou « backlash » en anglais), qui sont créés par la multiplication des pièces mécaniques et des tolérances qui leur sont associées.

[0005] Dans les systèmes de déphasage actuellement en service, les parties solides diélectriques coulisseraient le long des lignes triplaques d'alimentation des éléments rayonnants. Dans cette configuration, chaque élément rayonnant, d'une antenne panneau par exemple, est individuellement déphasé. Si les performances d'une telle antenne sont bonnes en termes de valeur et de stabilité du rayonnement dans le plan vertical, plusieurs paramètres doivent encore être améliorés.

RESUME

[0006] Habituellement un système de déphasage est assemblé afin de constituer un seul module qui comprend des déphaseurs et des diviseurs de courant. Un caisson de grande longueur est nécessaire pour loger ce module. Il est coûteux à fabriquer et nécessite des outils spécifiques pour son transport en raison de ses dimensions. Ce caisson volumineux implique également de lui réserver un grand volume pour son installation à l'arrière du châssis d'une antenne panneau, ce qui n'est pas aisé dans un contexte d'antenne multibande où plusieurs de ces caissons doivent être disposés à l'arrière d'un châssis d'antenne. De plus un tel volume complique et limite les possibilités d'assemblage des antennes panneau, dans la mesure où des réseaux d'antennes ont généralement la même longueur que le châssis d'une antenne panneau.

[0007] Cette assemblage en module rend aussi plus complexes d'éventuelles réparations : lorsque l'assemblage du système de déphasage est terminé, il n'est plus possible d'accéder directement aux composants situés à l'arrière du système d'alimentation des éléments rayonnants, tels que les connexions de câble d'alimentation par exemple, sans détruire certaines parties du boîtier, comme par exemple le couvercle.

[0008] Il est proposé un système de déphasage passif, du type utilisant des matériaux diélectriques, qui est plus simple à fabriquer, plus accessible et moins coûteux que les systèmes de déphasage connus.

[0009] L'objet de la présente invention est un système de déphasage unitaire comportant au moins une ligne conductrice d'alimentation comportant une portion d'entrée reliée à l'entrée du système de déphasage connectée à une source d'alimentation électrique, et une portion de sortie reliée à la sortie du système de déphasage connectée à au moins un élément rayonnant d'antenne à alimenter, une pièce diélectrique fixe entourant la portion d'entrée de la ligne conductrice, une pièce diélectrique mobile entourant la portion de sortie de la ligne conductrice, et un organe de commande solidaire de la pièce

diélectrique mobile apte à se déplacer longitudinalement de manière à provoquer un mouvement longitudinal de la pièce diélectrique mobile le long de la ligne conductrice.

[0010] Selon un premier aspect, la ligne conductrice comporte une portion d'entrée composée de trois segments, la surface de chaque segment étant fixe.

[0011] Selon un deuxième aspect, la ligne conductrice comporte une portion de sortie composée de trois segments, la surface relative de chaque segment étant variable.

[0012] Selon un troisième aspect, la portion d'entrée et la portion de sortie de la ligne conductrice comporte chacune trois segments, un segment central assurant la transformation d'impédance et des segments latéraux respectivement entourés d'un premier domaine diélectrique et d'un deuxième domaine diélectrique.

[0013] Dans ce cas, le premier domaine diélectrique peut être l'air environnant et le deuxième domaine diélectrique peut être un matériau diélectrique solide choisi parmi un polymère et une céramique.

[0014] Selon un quatrième aspect, le déplacement longitudinal de la pièce diélectrique mobile s'effectue parallèlement à la pièce diélectrique fixe qui lui sert de guide.

[0015] L'invention a aussi pour objet un procédé de fabrication d'un système de déphasage unitaire comprenant les étapes suivantes :

- on dépose une première moitié de la pièce diélectrique fixe à proximité de l'entrée du système de déphasage et une première moitié de la pièce diélectrique mobile à proximité de la sortie du système de déphasage,
- on dépose une ligne conductrice sur les premières moitiés des pièces diélectrique fixe et mobile,
- on connecte chaque extrémité de la ligne conductrice respectivement à l'entrée du système de déphasage et à la sortie du système de déphasage,
- on fixe la première moitié de la pièce diélectrique fixe sur la ligne conductrice,
- on dépose une seconde moitié de la pièce diélectrique fixe sur la portion d'entrée de la ligne conductrice, et on dépose une seconde moitié de la pièce diélectrique mobile sur la portion de sortie de la ligne conductrice,
- on fixe la seconde moitié de la pièce diélectrique fixe sur la ligne conductrice.

[0016] Selon un mode de réalisation, les premières moitiés des pièces diélectriques fixe et mobile sont déposées dans un couvercle de boîtier et un fond de boîtier est déposé sur les secondes moitiés des pièces diélectriques fixe et mobile.

[0017] L'invention a encore pour objet un procédé de fabrication d'un empilement de systèmes de déphasage unitaires comprenant les étapes suivantes :

- (a) on forme un premier système de déphasage uni-

taire,

(b) on recouvre le premier système de déphasage unitaire par un couvercle,

(c) on forme un deuxième système de déphasage unitaire sur le couvercle,

(d) on reproduit les étapes (b) et (c) autant de fois que souhaité,

(e) on recouvre le dernier système de déphasage unitaire par un couvercle

[0018] Selon un mode de réalisation, on place les organes de commande d'un même côté de l'empilement.

[0019] L'invention a aussi pour objet une antenne comprenant un système de déphasage placé dans un boîtier dont l'une des faces est constituée par le châssis de l'antenne.

[0020] Ce système de déphasage simple et peu coûteux présente de nombreux avantages. En particulier il permet une variation de l'inclinaison d'une antenne panneau dans le plan vertical sur une plage d'au moins 12°.

[0021] L'utilisation de boîtiers légers et de faible volume, contenant un système de déphasage unitaire, qui peuvent être groupés selon les besoins et la place disponible, apporte une grande souplesse, un accès facilité au système de déphasage et aux autres parties de l'antenne, notamment pour la maintenance, et une réduction du coût de réalisation.

[0022] L'invention s'applique notamment aux antennes radiofréquences de type panneau à inclinaison électrique variable VET.

BREVE DESCRIPTION

[0023] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation, donné bien entendu uniquement à titre illustratif et non limitatif, et dans le dessin annexé sur lequel

- la figure 1 illustre une vue de dessus en perspective d'un système de déphasage unitaire,
- les figures 2a à 2e illustrent en vue de dessus en perspective les étapes de réalisation du système de déphasage de la figure 1,
- les figures 3a à 3d illustrent en perspective différentes positions du système de déphasage de la figure 1,
- la figure 4 illustre une vue schématique d'un réseau d'alimentation d'une antenne de type panneau comprenant des éléments rayonnants alignés,
- la figure 5 illustre la variation d'impédance IM en dB en fonction de la fréquence F en GHz,
- la figure 6 illustre l'atténuation IL en dB en fonction de la fréquence F en GHz,
- la figure 7 illustre la variation de phase PV en degrés en fonction de la fréquence F en GHz,
- les figures 8a, 8b et 8c illustrent la réalisation d'un empilement de systèmes de déphasage unitaire,

- la figure 9 illustre une vue de côté de l'empilage des figures 8a-8c.

DESCRIPTION DETAILLEE

[0024] La figure 1 illustre un système de déphasage **1** unitaire vu de dessus en perspective. Le système de déphasage **1** comporte une entrée connectée à une source d'alimentation électrique de l'antenne, par exemple à un câble d'alimentation d'entrée **2** coaxial, et une sortie connectée à un élément rayonnant ou un groupe d'éléments rayonnants d'antenne, par exemple par un câble d'alimentation de sortie **3** coaxial. Le système de déphasage **1** comporte une ligne conductrice **4** triplaque (ou « stripline » en anglais) d'alimentation, par exemple à base de cuivre ou de laiton, qui assure la liaison entre l'entrée du système de déphasage reliée au câble d'alimentation d'entrée **2** et la sortie du système de déphasage reliée au câble d'alimentation de sortie **3**. Les dimensions de la ligne conductrice **4** sont adaptées pour respecter l'impédance d'entrée et de sortie dans le système de déphasage qui est recherchée, habituellement de l'ordre de 50 Ohms. Les câbles d'alimentation **2** et **3** coaxiaux pourraient être remplacés par des connecteurs ou par un prolongement de la ligne conductrice **4** triplaque. Une pièce diélectrique fixe **5** est placée sur une portion d'entrée **6** de la ligne conductrice **4** qui est reliée au câble d'alimentation d'entrée **2**. Une pièce diélectrique mobile **7** est placée sur une portion de sortie **8** de la ligne conductrice **4** qui est reliée au câble d'alimentation de sortie **3**. La pièce diélectrique mobile **7** peut se déplacer longitudinalement en glissant mécaniquement entre deux positions extrêmes le long de la portion de sortie **8** de la ligne conductrice **4**. La ligne conductrice **4** triplaque est réalisée ici d'une seule pièce et peut être décomposée en plusieurs segments conducteurs.

[0025] Le système de déphasage **1** unitaire est ici supporté par le fond **9** d'un boîtier conducteur servant de plan de masse (ou « ground plane » en anglais). Le boîtier peut être monté directement sur le châssis de l'antenne qui constitue alors l'une des faces du boîtier, par exemple le fond **9**. La fixation du boîtier, ou du couvercle du boîtier, sur le châssis de l'antenne, peut être réalisée au moyen de vis, de rivets, d'attaches-clips ou d'agrafes par exemple. Pour tenir compte des aspects d'intermodulation, une couche mince isolante peut être placée sur le fond **9** du boîtier, qui peut être le châssis de l'antenne, et disposée entre le fond **9** conducteur et le système de déphasage **1**. La couche mince isolante, d'environ 0,1 mm d'épaisseur, peut être par exemple un film plastique, une couche fine de peinture ou d'anodisation, de manière non limitative.

[0026] A partir de l'entrée du système de déphasage **1** reliée au câble d'alimentation d'entrée **2**, on distingue un premier segment **100** sur la ligne d'alimentation **4** triplaque. Le premier segment **100**, en contact avec un domaine diélectrique qui est l'air ambiant, se comporte comme une ligne résistive de 50 Ohms. Le premier seg-

ment **100** est électriquement connecté par exemple au conducteur central du câble d'alimentation d'entrée **2** coaxial. Au premier segment **100** succède un deuxième segment **101** utilisé pour permettre une transformation d'impédance correcte entre le premier segment **100** environné d'air et un troisième segment **102** entourée de matériau diélectrique solide.

[0027] Dans le but d'obtenir une transformation d'impédance convenable, la zone de la pièce diélectrique fixe **5** qui entoure le deuxième segment **101** peut être réalisée en utilisant plusieurs topologies, la configuration adéquate étant déterminée par calculs ou par simulation en partant d'une équivalence du milieu diélectrique composée d'éléments localisés, c'est à dire envisagée comme la succession d'éléments discrets R, L et C. Dans le mode de réalisation représenté ici, la configuration souhaitée est donnée par la présence d'évidements **10** dans un matériau diélectrique solide, mais pourrait être également obtenue par une modification de la forme ou la taille de la pièce diélectrique fixe **5**, ou bien encore par une variation de la constante diélectrique du matériau diélectrique solide utilisé. Ces évidements **10** ont été représentés ici par des trous rectangulaires, mais ils peuvent bien entendu avoir toute autre forme en fonction du résultat escompté.

[0028] Toute la surface du troisième segment **102** est en contact avec le matériau diélectrique solide, ce qui correspond à une ligne conductrice ayant une impédance caractéristique qui dépend des dimensions du segment **102** triplaque et du matériau diélectrique solide utilisé pour constituer la pièce fixe **5**. Le matériau diélectrique solide peut être une matière plastique, ou polymère, comme par exemple du polyester polypropylène (PPS RY-TON®) ayant une constante diélectrique ϵ_r de l'ordre de 4 à 6. Bien que plus cher et requérant une plus grande précision, on peut aussi utiliser une matière plastique contenant certains types de céramique comme matériau diélectrique, dont la constante diélectrique ϵ_r est alors de l'ordre de 10.

[0029] Les segments **100**, **101** et **102** composent la portion d'entrée **6**. La surface de chaque segment **100**, **101** et **102** est constante du fait que la pièce diélectrique **5** est immobile. Les trois segments **103**, **104** et **105** suivants composent la portion de sortie **8**. Leur surface relative dépend de la position de la pièce diélectrique mobile **7**.

[0030] Le quatrième segment **103** est analogue au troisième segment **102**. Toute la surface du quatrième segment **103** est en contact avec le matériau diélectrique solide, ce qui correspond à une ligne conductrice ayant une impédance caractéristique qui dépend des dimensions du segment **103** triplaque et du matériau diélectrique solide utilisé pour constituer la pièce mobile **7**.

[0031] Un cinquième segment **104**, analogue au deuxième segment **101**, est placé à la suite du quatrième segment **103**. Le cinquième segment **104** permet la transformation d'impédance entre le quatrième segment **103** entourée de matériau diélectrique solide et un sixième

me segment **105** environné d'air. Dans le but d'obtenir une transformation d'impédance convenable, la zone de la pièce diélectrique mobile **7** qui entoure le cinquième segment **104** peut être réalisée en utilisant plusieurs topologies, la configuration adéquate étant déterminée par calculs ou par simulation, comme expliqué précédemment.

[0032] Le sixième segment **105**, analogue au premier segment **100**, est électriquement connecté par exemple au conducteur central du câble d'alimentation de sortie **3**. Le sixième segment **105**, en contact avec un domaine diélectrique qui est l'air ambiant, se comporte comme une ligne résistive de 50 Ohms.

[0033] Quand le déplacement de la pièce diélectrique mobile **7** le long de la portion **8** de la ligne conductrice **4** triplaque conduit à une diminution de la surface du quatrième segment **103**, il entraîne corrélativement une augmentation de la surface du sixième segment **105**, et vice-versa. Le quatrième segment **103** et le sixième segment **105** n'étant pas en contact avec le même domaine diélectrique, leur vitesse de phase est différente. Lors du glissement de la pièce diélectrique mobile **7**, le retard électrique total varie dans la ligne conductrice **4**, entre l'entrée et la sortie du système de déphasage **1**, et donc le déphasage des éléments rayonnants qui lui sont reliés.

[0034] En fonction de la bande de fréquence sur laquelle est réalisée la transformation d'impédance et du niveau d'adaptation souhaité, on pourra modifier le nombre de segments, la nature et l'épaisseur du matériau diélectrique solide (segments **101-104**), la forme et les dimensions des évidements (segments **101** et **104**). Ici la bande de fréquence de travail est 1,7-2,7 GHz. On a choisi de conserver une épaisseur constante du matériau pour les deux pièces diélectriques **5**, **7**, et d'utiliser seulement deux sections **101**, **102** et **103**, **104** respectivement en contact avec le domaine diélectrique constitué par le matériau diélectrique solide dans un souci de simplicité et d'efficacité.

[0035] Le déplacement de la pièce diélectrique mobile **7** peut être commandé grâce à un organe de commande tel qu'une manette **11**, qui peut être associée à un engrenage et/ou une tige par exemple, de manière à être actionnée manuellement depuis l'extérieur. Une autre solution pourrait être d'utiliser des moteurs pas-à-pas ou des actionneurs linéaires indépendants. Les déplacements se font ainsi uniquement selon l'axe longitudinal ce qui contribue avantageusement à la simplification du système de déphasage et améliore sa fiabilité. Le déphasage du réseau d'alimentation des éléments rayonnants est donc réalisé uniquement par l'intermédiaire d'une liaison directe, sans intermédiaire entre l'organe de commande et la partie mobile constituant le coeur du système de déphasage.

[0036] Sur les figures 2a à 2e sont illustrées les étapes de l'assemblage d'un système de déphasage unitaire dans un boîtier. La figure 2a représente le couvercle **20** du boîtier conducteur protégeant le système de déphasage. Le couvercle du boîtier peut être réalisé par

différentes techniques. Ici on a représenté un couvercle de boîtier obtenu par pliage d'une feuille de laiton ou de cuivre, ce qui permet de souder la gaine conductrice de blindage, ici tressée, des câbles d'alimentation coaxiaux directement sur le couvercle du boîtier afin d'assurer la liaison à la terre. Mais ce couvercle de boîtier pourrait tout aussi bien être réalisé en aluminium embouti, en alliage de zinc, d'aluminium, de magnésium et de cuivre (zamac) moulé, etc...

[0037] Respectivement, à chaque extrémité du couvercle **20** du boîtier, les tresses de blindage du câble d'alimentation d'entrée **21** coaxial et du câble d'alimentation de sortie **22** coaxial sont reliés à des points de connexion **23**, par exemple par soudure directement sur le couvercle du boîtier ou au moyen de connecteurs, comme le montre la figure 2b.

[0038] On vient ensuite déposer dans le couvercle **20** du boîtier, à proximité du câble d'alimentation d'entrée **21**, une première moitié **24** supérieure de la pièce diélectrique fixe comme montré sur la figure 2c. La figure 2d représente l'étape suivante où une première moitié **25** supérieure de la pièce diélectrique mobile est placée dans le couvercle **20** du boîtier, parallèlement à la première moitié **24** supérieure de la pièce diélectrique fixe et à proximité du câble d'alimentation de sortie **22**. Une ligne conductrice **26** triplaque présentant un décrochement en S est placée par-dessus les premières moitiés **24**, **25** supérieures des pièces diélectriques fixe et mobile de manière à les recouvrir toutes les deux. La forme particulière de la ligne conductrice **26** permet un déplacement longitudinal de la pièce diélectrique mobile qui s'effectue parallèlement à la pièce diélectrique fixe lui servant alors de guide. De ce fait la longueur totale du système de déphasage est diminuée sans réduire la course de la pièce diélectrique mobile, et donc sans réduire la plage d'inclinaison. Chaque extrémité de la ligne conductrice **26** est reliée, par exemple par soudure, au conducteur central du câble d'alimentation d'entrée **21** et du câble d'alimentation de sortie **22** respectivement. La première moitié **24** supérieure de la pièce diélectrique fixe est fixée sur la ligne conductrice **26**, par exemple au moyen d'attaches-clips ou d'agrafes intégrés à la ligne conductrice **26**. Une manette de commande **27**, reliée à la première moitié **25** supérieure de la pièce diélectrique mobile et accessible depuis l'extérieur, permet de déplacer longitudinalement la pièce diélectrique mobile.

[0039] Sur la figure 2e, la ligne conductrice **26** est recouverte avec une seconde moitié **28** inférieure de la pièce diélectrique fixe. La seconde moitié **28** inférieure est également fixée sur la ligne conductrice **26** et coopère avec la première moitié **24** supérieure pour constituer la pièce diélectrique fixe. On a aussi recouvert la ligne conductrice **26** avec une seconde moitié **29** inférieure de la pièce diélectrique mobile. La seconde moitié **29** inférieure coopère avec la première moitié **25** supérieure pour constituer la pièce diélectrique mobile. La première moitié **25** supérieure est fixée à la seconde moitié **29** inférieure, ce qui permet à la pièce diélectrique mobile de

coulisser librement le long de la ligne conductrice **26**. Enfin le fond du boîtier (non représenté) est posé sur l'assemblage ainsi réalisé et fixé au couvercle **20**.

[0040] Les figures 3a à 3e sont des vues de dessus en perspective qui illustrent les différentes positions du système de déphasage au cours de son utilisation.

[0041] La figure 3a illustre un boîtier conducteur, enfermant un système de déphasage unitaire, qui comprend un couvercle **30** en feuille de laiton pliée qui est fixé, par exemple au moyen de vis ou de rivets **31**, sur un fond **32**, par exemple le châssis de l'antenne. Un câble d'alimentation d'entrée **33** et un câble d'alimentation de sortie **34** coaxiaux, dont la tresse de blindage est connectée au couvercle **30** du boîtier, sont placés sur les faces latérales qui se trouvent de part et d'autre du couvercle **30**. Une manette de commande **35**, représentée en position intermédiaire, dépasse hors du boîtier **30** pour en faciliter la manipulation.

[0042] La figure 3b, analogue à la figure 3a, montre le système de déphasage en position intermédiaire, le couvercle **30** du boîtier ayant été représenté transparent pour laisser apparaître le système de déphasage unitaire qu'il contient. Une ligne conductrice **36** relie le câble d'alimentation d'entrée **33** au câble d'alimentation de sortie **34**. Une pièce diélectrique fixe **37** entoure la portion d'entrée de la ligne conductrice **36** électriquement connecté au conducteur central du câble d'alimentation d'entrée **33**. Une pièce diélectrique mobile **38** entoure la portion de sortie de la ligne conductrice **36** électriquement connecté au conducteur central du câble d'alimentation de sortie **34**. Alors que la position de la pièce diélectrique fixe **37** reste inchangée, la pièce diélectrique mobile **38** peut se déplacer entre deux positions extrêmes de fin de course. Ici la pièce diélectrique mobile **38** est représentée en position intermédiaire entre ces deux positions extrêmes. Dans ce mode de réalisation, la pièce diélectrique mobile **38** peut glisser le long de la ligne conductrice **36** en étant guidée d'une part par la pièce diélectrique fixe **37** et d'autre part par le rebord **39** replié du couvercle **30** du boîtier. La pièce diélectrique mobile **38** est solidaire de la manette de commande **35**, et son déplacement ne nécessite aucun autre élément supplémentaire. La manette de commande **35** peut être actionnée manuellement ou grâce à un moteur pas-à-pas ou à un actionneur linéaire, ou bien par tout autre moyen.

[0043] Sur la figure 3c, le système de déphasage est dans une position extrême correspondant au minimum de décalage de phase. La pièce mobile **38** se trouve alors en butée mécanique dans la position la plus éloignée de la sortie du système de déphasage reliée au câble d'alimentation de sortie **34**. La surface de la ligne conductrice **36** correspondant au segment **103** est minimum et son impédance caractéristique est minimum.

[0044] Sur la figure 3d, le système de déphasage est dans une position extrême correspondant au maximum de décalage de phase. La pièce mobile **38** se trouve alors en butée mécanique dans la position la plus proche du câble d'alimentation de sortie **34**. La surface de la ligne

conductrice **36** correspondant au segment **103** est maximum et son impédance caractéristique est maximum.

[0045] La figure 4 illustre schématiquement un réseau d'alimentation pour une antenne **40** de type panneau comportant cinq éléments rayonnants **41a-41e** alignés. Les éléments rayonnants **41a-41e** sont ici du type à double polarisation $+45^\circ/-45^\circ$ et peuvent être par exemple du type dipôle, patch spirale, Log périodique, noeud papillon (ou "bow tie"), en croix (ou "cross bow tie"), papillon (ou "butterfly"), etc... On a représenté la partie du réseau d'alimentation correspondant à l'une des polarisations des éléments rayonnants **41a-41e** de l'antenne **40** qui comporte plusieurs systèmes de déphasage **42a-42e** unitaires. Un câble d'alimentation d'entrée **43** coaxial est relié à un premier diviseur de courant **44a** qui divise le signal entrant en trois portions de signal. La première portion de signal est envoyée dans un système de déphasage **42a** unitaire, la deuxième portion du signal est envoyée dans un autre système de déphasage **42b** unitaire et la troisième portion du signal alimente directement un élément rayonnant **41a**. A la sortie des systèmes de déphasage **42a** et **42b**, le signal est envoyé dans des diviseurs de courant **44b** et **44c** respectivement. Chaque diviseur de courant **44b**, **44c** divise le signal entrant en deux portions de signal, la première portion de signal est envoyée dans un système de déphasage **42c**, **42d** unitaire et la deuxième portion du signal alimente directement un élément rayonnant **41b**, **41d**. Enfin le signal sortant des systèmes de déphasage **42c** et **42d** unitaires placés en bout de circuit alimente directement un élément rayonnant **41c**, **41e**. Bien entendu ce qui vient d'être décrit pour une antenne **40** comportant cinq éléments rayonnants **41a-41e** peut être appliqué à toute autre antenne comportant un nombre inférieur ou supérieur d'éléments rayonnants. Le réseau d'alimentation de l'antenne doit alors comporter autant de diviseurs et de systèmes de déphasage unitaires que nécessaire pour permettre d'effectuer successivement les opérations de déphasage et de division du signal jusqu'à ce que tous les éléments rayonnants constituant l'antenne soient alimentés.

[0046] Les pièces diélectriques mobiles des systèmes de déphasage **42** unitaires sont déplacées au moyen d'un dispositif mécanique **45** comprenant une tige commune **46** qui est solidaire des manettes de commande **47** de chaque système de déphasage **42a-42d**. Les déphasages introduits via le réseau d'alimentation des éléments rayonnants **41a-41e** sont obtenus par l'intermédiaire de systèmes de déphasage **42a-42d** unitaires permettant par un mouvement simple d'agir de manière direct sur la ligne conductrice d'alimentation.

[0047] La configuration de tels systèmes de déphasage **42** permet d'avoir une entrée sur une face latérale, tandis que la sortie se trouve sur la face latérale opposée. Avec cette configuration, la longueur totale de câble coaxial nécessaire pour réaliser le réseau d'alimentation de l'antenne est moindre que lorsque les entrées et sorties sont placées sur une des grandes faces,

supérieure ou inférieure, du système de déphasage.

[0048] La figure 5 illustre la variation de l'adaptation en impédance IM (en dB) en fonction de la position de la pièce diélectrique mobile du déphaseur. Dans le cas présent on a illustré le cas d'une antenne haute fréquence très large bande HB UBB (pour « High Band Ultra Broad Band » en anglais) pour des fréquences F comprises entre 1,7 GHz et 2,7 GHz.

[0049] Dans ce cas, les dimensions du boîtier contenant le système de déphasage sont par exemple de 110 mm de long sur 25 mm de large et 8 mm de haut. Le matériau diélectrique utilisé ici est un matériau plastique chargé en céramique dont les caractéristiques électriques sont une constante diélectrique ϵ_r qui vaut 8,25 et une tangente de perte de l'ordre de 0,001. Bien entendu, le système de déphasage pourrait inclure d'autres matériaux diélectriques comme par exemple un polymère tel que le polyéthylène PE, le polytétrafluoroéthylène PTFE, ou une céramique telle que l'alumine Al_2O_3 . Le dimensionnement du boîtier et le résultat radiofréquence dépendent du matériau utilisé.

[0050] Les impédances d'entrée et de sortie du système de déphasage unitaire sont représentées pour plusieurs positions mécaniques de la pièce diélectrique mobile, illustrées par les figures 3b à 3d, de la position extrême correspondant au minimum de décalage de phase à la position extrême correspondant au maximum de décalage de phase en passant des positions intermédiaires. L'amplitude du mouvement de la pièce diélectrique mobile, qui représente ici un déplacement de 30 mm, couvre une plage d'adaptation d'impédance IM (pour « Impedance Matching » en anglais) d'au moins 17 dB dans la bande de fréquence de 1,7 GHz à 2,7 GHz.

[0051] Par exemple la courbe 50a représente la valeur de l'impédance d'entrée et la courbe 50b représente la valeur de l'impédance de sortie pour la position correspondant au minimum de décalage de phase. La courbe 51a représente la valeur de l'impédance d'entrée et la courbe 51b représente la valeur de l'impédance de sortie pour un déplacement de 5 mm par rapport à la position correspondant au minimum de décalage de phase. De même les courbes 52, 53, 54, 55 correspondent respectivement à un déplacement de 10 mm, 15 mm, 20 mm, et 25 mm par rapport à la position correspondant au minimum de décalage de phase. La courbe 56a représente la valeur de l'impédance d'entrée et la courbe 56b représente la valeur de l'impédance de sortie pour un déplacement de 30 mm, soit la position correspondant au maximum de décalage de phase.

[0052] La figure 6 illustre l'atténuation IL (en dB) en fonction de la position de la pièce diélectrique mobile du déphaseur. L'atténuation du système de déphasage unitaire est représentée pour plusieurs positions mécaniques de la pièce diélectrique mobile, illustrées par les figures 3b à 3d, de la position extrême correspondant au minimum de décalage de phase à la position extrême correspondant au maximum de décalage de phase en passant par la position intermédiaire. On observe que,

dans le cas des caractéristiques diélectrique du matériau mentionnées précédemment, l'atténuation IL ou perte d'insertion (pour « Insertion Loss » en anglais) est meilleure que -0,35 dB dans tous les cas entre 1,7 GHz et 2,7 GHz.

[0053] La courbe 60 correspond à la position de la pièce diélectrique mobile correspondant au minimum de décalage de phase. Les pertes d'insertion sont représentées par les courbes 61, 62, 63, 64, 65 pour des déplacements de la pièce diélectrique mobile de 5 mm, 10 mm, 15 mm, 20 mm et 25 mm respectivement. La courbe 66 correspond à un déplacement de 30 mm soit la position de la pièce diélectrique mobile correspondant au maximum de décalage de phase.

[0054] La figure 7 illustre la variation de phase PV (en degrés) en fonction de la position de la pièce diélectrique mobile du système de déphasage. La variation de phase est représentée pour plusieurs positions de la pièce diélectrique mobile, illustrées par les figures 3b à 3d, de la position extrême correspondant au minimum de décalage de phase à la position extrême correspondant au maximum de décalage de phase en passant par la position intermédiaire. A la fréquence de 2 GHz, le déphasage entre les positions extrêmes de la pièce diélectrique mobile du déphaseur est meilleur que 82°. Ceci correspond à une variation de l'inclinaison du lobe principal qui peut atteindre 15,5° pour une antenne HB UBB à cinq éléments rayonnants à polarisation croisée et 125 mm d'espacement interéléments.

[0055] La courbe 70 correspond à la position de la pièce diélectrique mobile correspondant au minimum de décalage de phase. Les mesures de la phase sont représentées par les courbes 71, 72, 73, 74, 75 pour des déplacements de la pièce diélectrique mobile de 5 mm, 10 mm, 15 mm, 20 mm et 25 mm respectivement. La courbe 76 correspond à la mesure de la phase pour la position de la pièce diélectrique mobile correspondant au maximum de décalage de phase, soit un déplacement de 30 mm.

[0056] Sur les figures 8a à 8c, on a illustré les étapes de la réalisation d'un empilement de boîtiers conducteurs contenant chacun un système de déphasage unitaire. On a illustré et décrit le cas de l'empilement de deux boîtiers, mais il est bien entendu que les étapes décrites peuvent être réitérées afin d'obtenir l'empilage d'un nombre plus important de boîtiers.

[0057] Comme illustré sur la figure 8a, un premier système de déphasage 80 unitaire est réalisé de manière analogue à celle illustrée par les figures 2a-2e et décrite en détail précédemment. On dépose une première moitié 81 inférieure de la pièce diélectrique fixe 82 et une première moitié 83 inférieure de la pièce diélectrique mobile 84 sur le fond 85 d'un premier boîtier conducteur. Il faut noter qu'il peut être avantageux d'utiliser le châssis de l'antenne comme fond du boîtier conducteur, ce qui facilite l'accès ultérieur aux systèmes de déphasage et aux autres parties interne de l'antenne. On recouvre les premières moitiés 81, 83 inférieures des pièces diélec-

triques fixe **82** et mobile **84** avec une ligne conductrice **86** d'alimentation, ici de type triplaque. Chaque extrémité de la ligne conductrice **86** est connectée respectivement au conducteur central d'une part d'un câble d'alimentation d'entrée **87** coaxial et d'un câble d'alimentation de sortie **88** coaxial d'autre part. La seconde moitié **89** supérieure de la pièce diélectrique fixe **82** est placée sur la ligne conductrice **86** à proximité de sa connexion au câble d'alimentation d'entrée **87**. La seconde moitié **90** supérieure de la pièce diélectrique mobile **84** est placée sur la ligne conductrice **86** à proximité de sa connexion au câble d'alimentation de sortie **88**. La pièce diélectrique mobile **84** est solidaire d'une manette de commande **91** permettant de la déplacer.

[0058] La figure 8b illustre l'étape de fermeture du premier boîtier conducteur au moyen d'un couvercle **92** qui est fixé sur le fond **85** du premier boîtier. Dans le cas présent on a utilisé par exemple des cornières en U **93** perforées reliant le couvercle **92** et le fond **85** du boîtier grâce à des moyens de fixation tels que des vis, des rivets, des attaches-clips, des agrafes, etc...

[0059] Le couvercle **92** du premier boîtier conducteur recouvrant le premier système de déphasage **80** unitaire sert à son tour de fond pour un deuxième boîtier conducteur enfermant un deuxième système de déphasage unitaire. Le deuxième système de déphasage est réalisé de la manière illustrée sur la figure 8a et précédemment décrite en détail. Le deuxième système de déphasage comprend une ligne conductrice d'alimentation placée entre un câble d'alimentation d'entrée **94** et un câble d'alimentation de sortie **95**. Le deuxième système de déphasage comprend aussi une pièce diélectrique fixe et une pièce diélectrique mobile **96** déplacée depuis l'extérieur par une manette de commande **97**. Comme illustré sur la figure 8c, le deuxième système de déphasage est recouvert d'un couvercle **98** qui est fixé sur le fond **92** pour former le deuxième boîtier conducteur. Il faut noter que ce mode de réalisation permet de réduire le nombre des étapes nécessaires à la réalisation de l'empilage et le nombre des pièces utilisées, ce qui permet de réduire les coûts. Toutefois il est aussi possible d'empiler des boîtiers constitués individuellement, tel que celui représenté sur la figure 3a, chacun possédant un fond et un couvercle.

[0060] La forme de ces boîtiers est adaptée pour leur permettre d'être empilés. En particulier chaque système de déphasage **80**, **90** unitaire comprend une manette de commande **87**, **93**. Les manettes de commande **81**, **93** sont de préférence placées du même côté de l'empilage, comme illustré sur la figure 9. Ainsi les manettes de commande **81**, **93** peuvent être actionnées simultanément en les reliant par une tige commune par exemple. Toutefois chaque manette peut être actionnée individuellement. On pourra par exemple envisager de disposer les manettes alternativement d'un côté et d'un autre de l'empilement. Par exemple dans le cas de l'empilage de systèmes de déphasage correspondant à l'alimentation de la polarisation +45° et à l'alimentation de la polarisation

-45°. On peut constituer deux empilements, chacun muni d'une tige commune permettant d'actionner les manettes de commande correspondant à l'alimentation d'une même polarité. On peut aussi constituer un seul empilement en alternant les systèmes de déphasage correspondant à l'alimentation de chaque polarité et en disposant les manettes de commande alternativement d'un côté et de l'autre de l'empilement. Une tige commune permet de actionner les manettes de commande de trouvant placées d'un même côté de l'empilement. Dans le cas d'un système d'antennes multibande où plusieurs réseaux d'alimentation sont nécessaires, cette solution se révèle avantageuse pour permettre une implantation sur une surface réduite du châssis de l'antenne.

Revendications

1. Système de déphasage unitaire comportant au moins

- une ligne conductrice d'alimentation comportant une portion d'entrée reliée à l'entrée du système de déphasage connectée à une source d'alimentation électrique, et une portion de sortie reliée à la sortie du système de déphasage connectée à au moins un élément rayonnant d'antenne à alimenter,
- une pièce diélectrique fixe entourant la portion d'entrée de la ligne conductrice,
- une pièce diélectrique mobile entourant la portion de sortie de la ligne conductrice,
- un organe de commande solidaire de la pièce diélectrique mobile apte à de déplacer longitudinalement de manière à provoquer un mouvement longitudinal de la pièce diélectrique mobile le long de la ligne conductrice.

2. Système de déphasage selon la revendication 1, dans lequel la ligne conductrice comporte une portion d'entrée composée de trois segments, la surface de chaque segment étant fixe.

3. Système de déphasage selon l'une des revendications 1 et 2, dans lequel la ligne conductrice comporte une portion de sortie composée de trois segments, la surface relative de chaque segment étant variable.

4. Système de déphasage selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel la portion d'entrée et la portion de sortie de la ligne conductrice comporte chacune trois segments, un segment central assurant la transformation d'impédance et des segments latéraux respectivement entourés d'un premier domaine diélectrique et d'un deuxième domaine diélectrique.

5. Système de déphasage selon la revendication 4,

dans lequel le premier domaine diélectrique est l'air environnant et le deuxième domaine diélectrique est un matériau diélectrique solide choisi parmi un polymère et une céramique.

6. Système de déphasage selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le déplacement longitudinal de la pièce diélectrique mobile s'effectue parallèlement à la pièce diélectrique fixe qui lui sert de guide.

7. Procédé de fabrication d'un système de déphasage unitaire selon l'une des revendications précédentes, comprenant les étapes suivantes :

- on dépose une première moitié de la pièce diélectrique fixe à proximité de l'entrée du système de déphasage et une première moitié de la pièce diélectrique mobile à proximité de la sortie du système de déphasage,

- on dépose une ligne conductrice sur les premières moitiés des pièces diélectrique fixe et mobile,

- on connecte chaque extrémité de la ligne conductrice respectivement à l'entrée du système de déphasage et à la sortie du système de déphasage,

- on fixe la première moitié de la pièce diélectrique fixe sur la ligne conductrice,

- on dépose une seconde moitié de la pièce diélectrique fixe sur la portion d'entrée de la ligne conductrice, et on dépose une seconde moitié de la pièce diélectrique mobile sur la portion de sortie de la ligne conductrice,

- on fixe la seconde moitié de la pièce diélectrique fixe sur la ligne conductrice.

8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel les premières moitiés des pièces diélectriques fixe et mobile sont déposées dans un couvercle de boîtier et un fond de boîtier est déposé sur les secondes moitiés des pièces diélectriques fixe et mobile.

9. Procédé de fabrication d'un empilement de systèmes de déphasage unitaires selon l'une des revendications 1 à 6, comprenant les étapes suivantes :

(a) on forme un premier système de déphasage unitaire,

(b) on recouvre le premier système de déphasage unitaire par un couvercle,

(c) on forme un deuxième système de déphasage unitaire sur le couvercle,

(d) on reproduit les étapes (b) et (c) autant de fois que souhaité,

(e) on recouvre le dernier système de déphasage unitaire par un couvercle

10. Procédé de fabrication selon la revendication 9, dans lequel on place les organes de commande d'un même côté de l'empilement.

11. Antenne comprenant un système de déphasage selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle le système de déphasage est placé dans un boîtier dont l'une des faces est constituée par le châssis de l'antenne.

FIG. 1

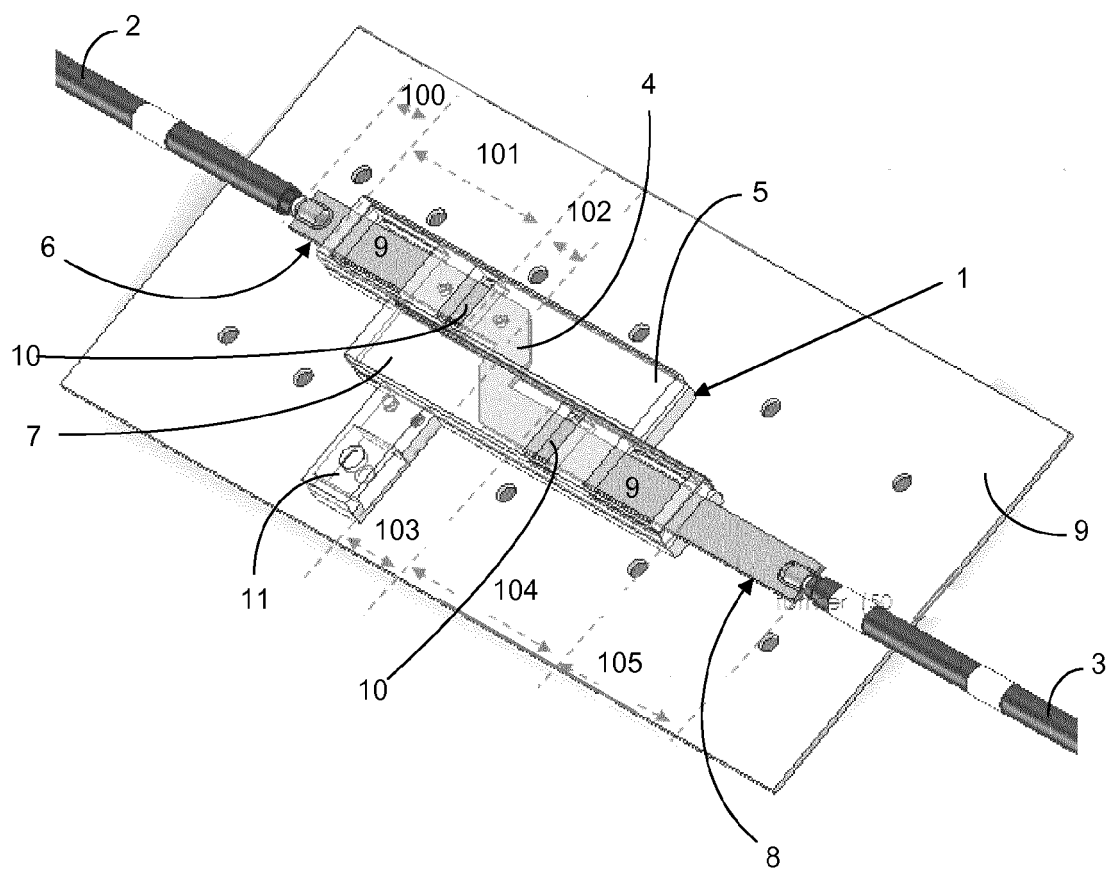


FIG. 2

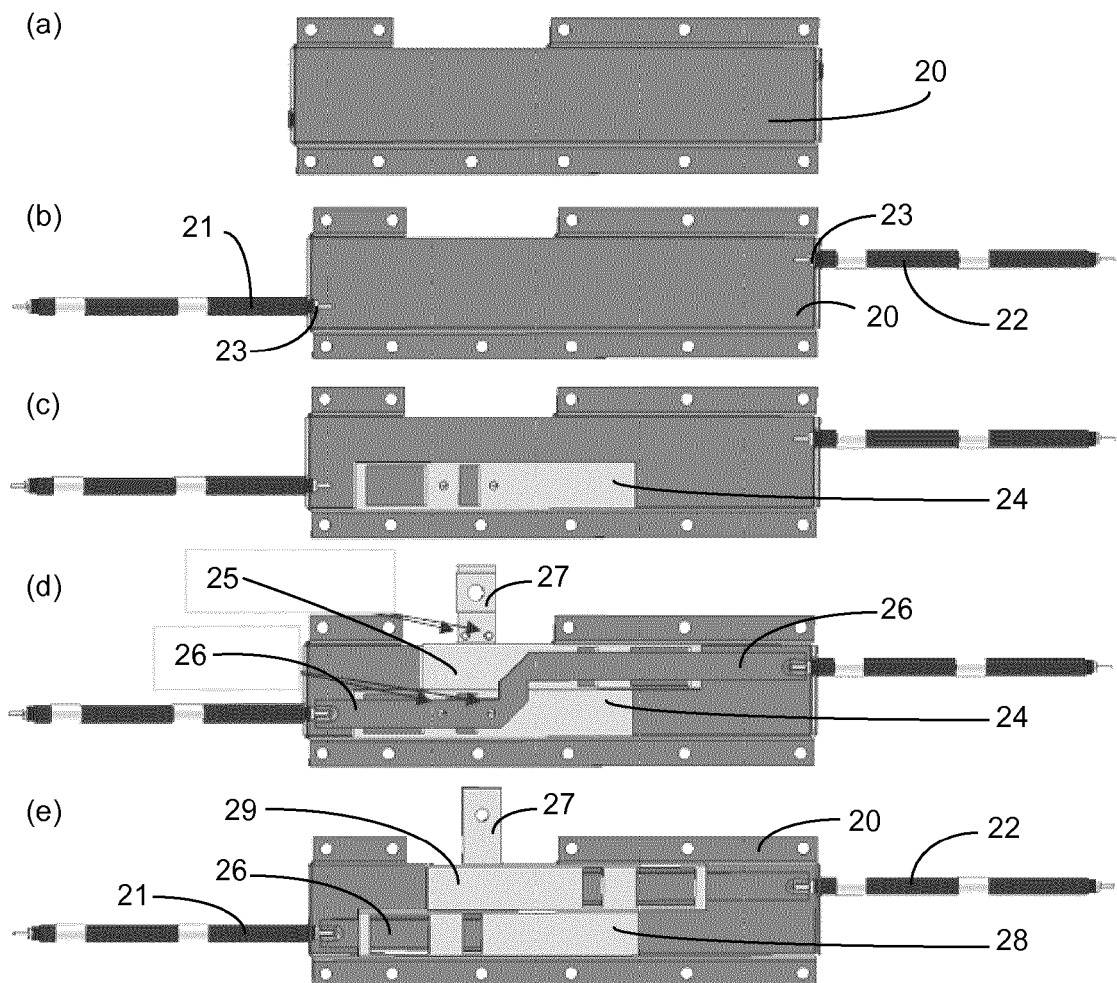


FIG. 3

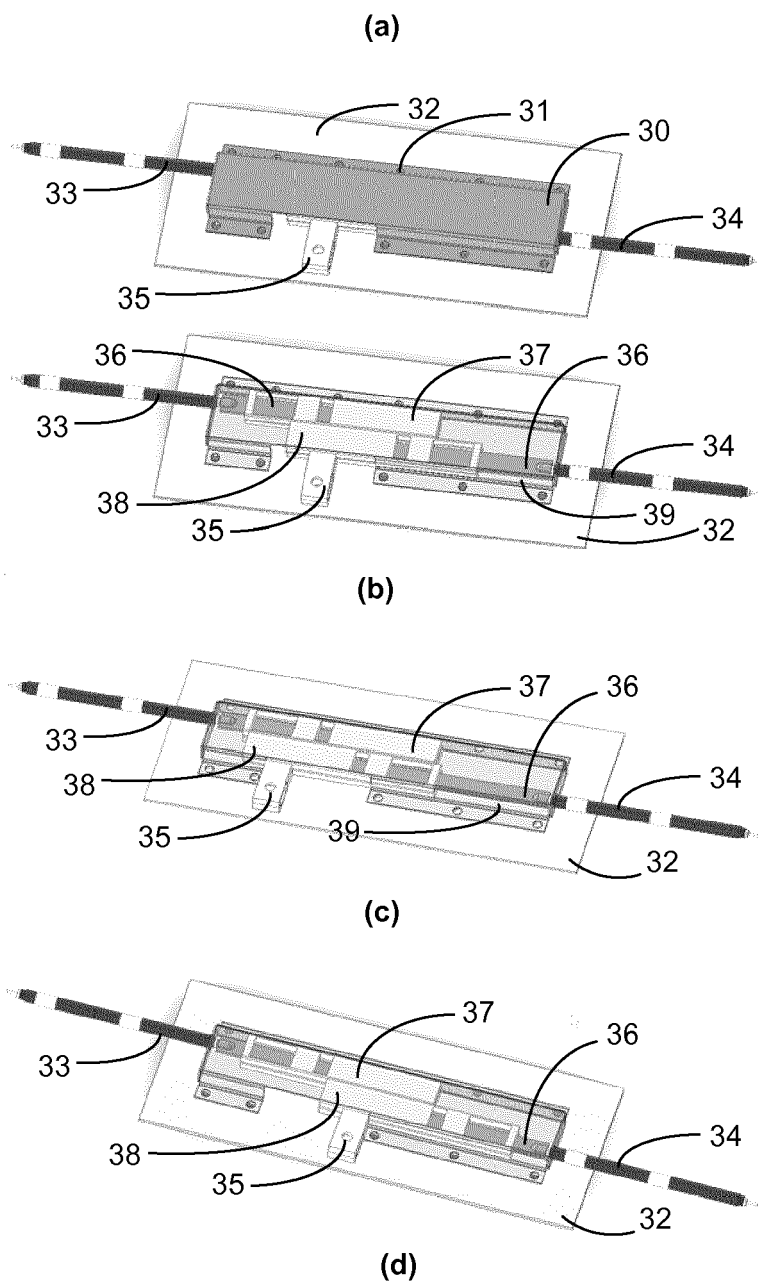


FIG. 4

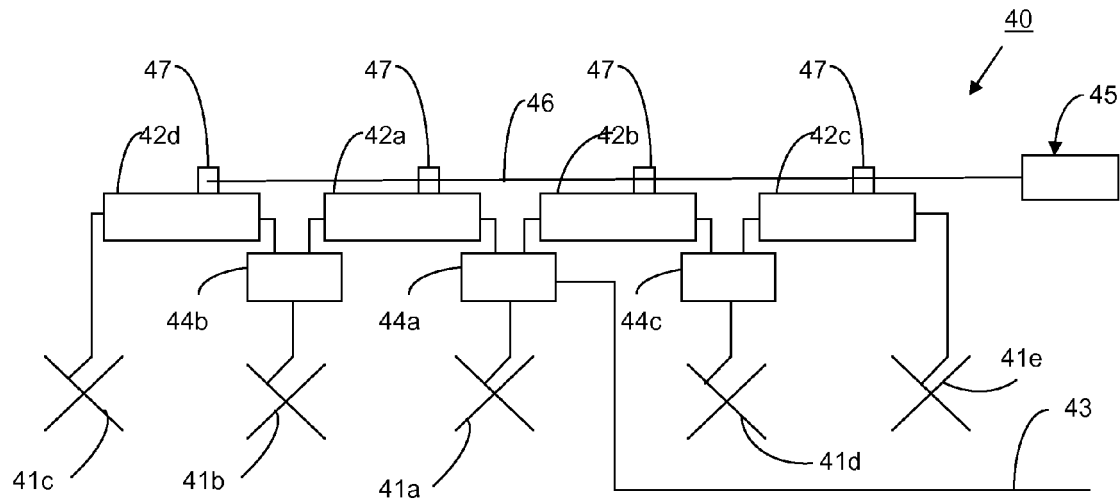


FIG. 5

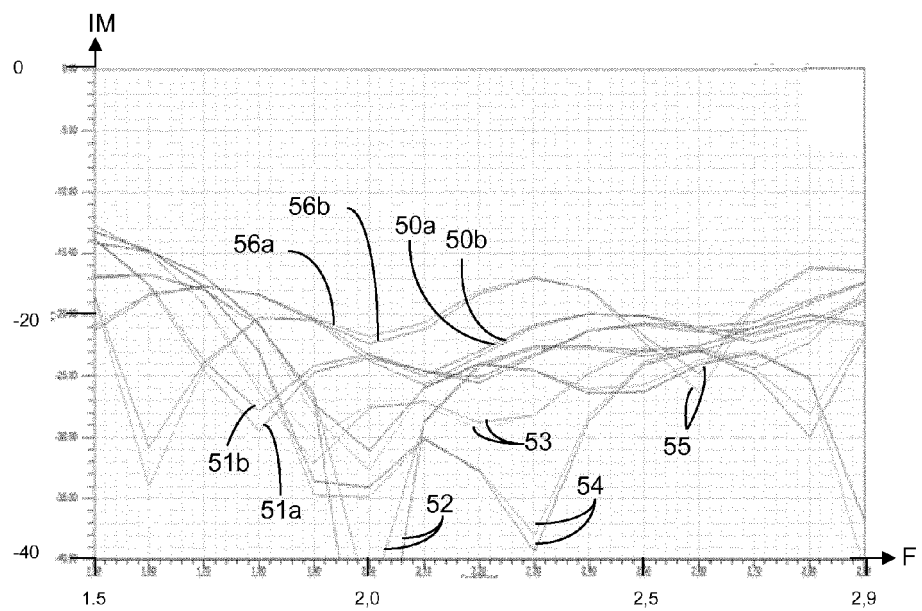


FIG. 6

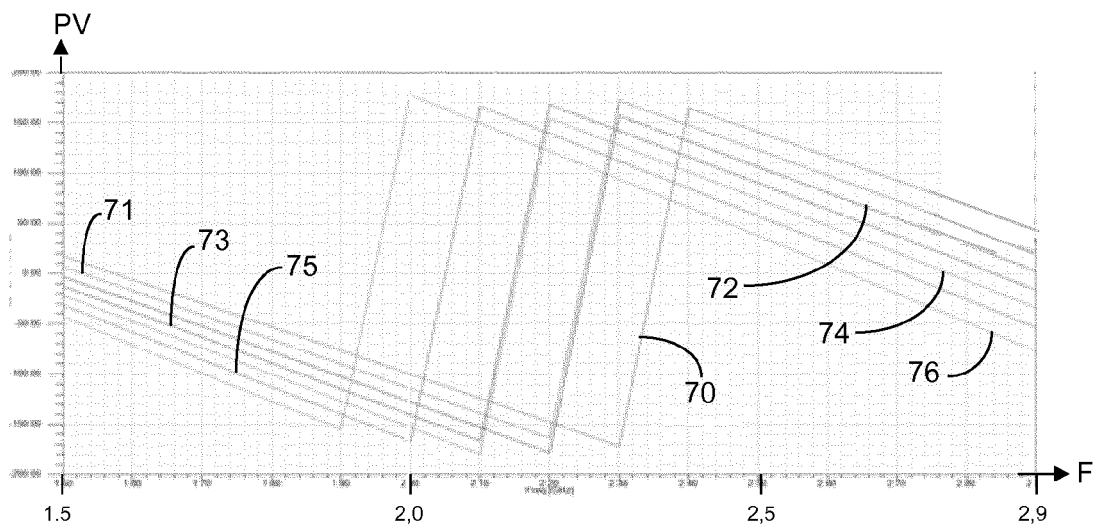
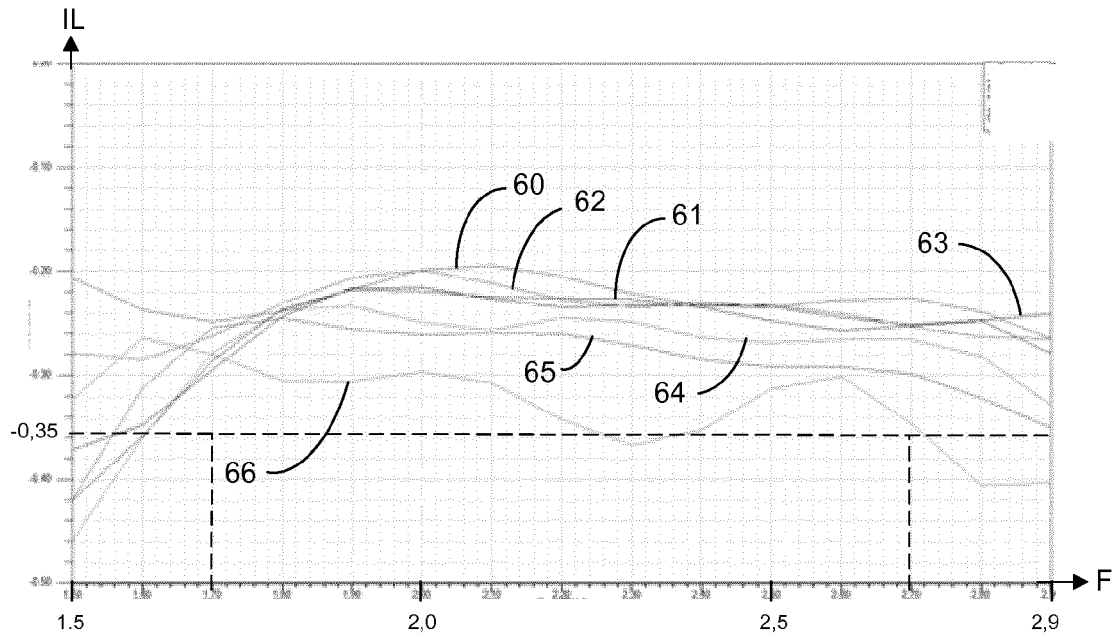


FIG. 7

FIG. 8

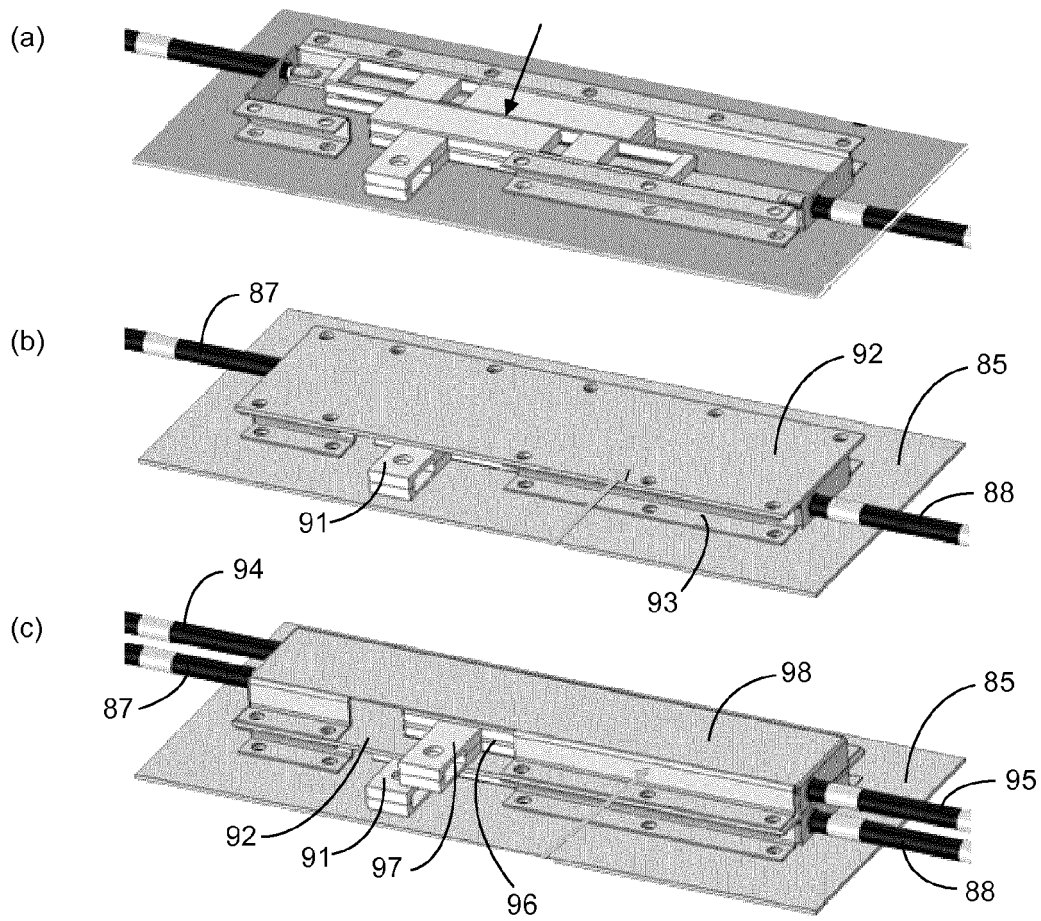
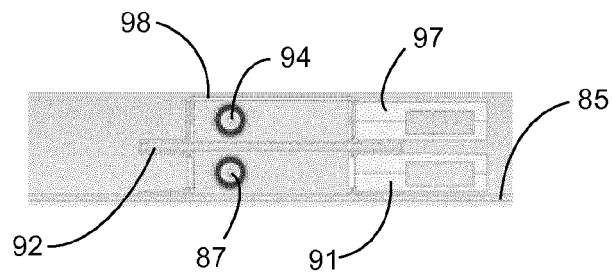


FIG. 9





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 13 30 5590

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	WO 2004/017453 A1 (JACQUELOT [FR]; JELLOUL MOSTAFA [FR]; VACHER SERGE [FR]; KHADRI BELKAC) 26 février 2004 (2004-02-26) * abrégé; figures 1a-1c *	1-11	INV. H01P1/18 ADD. H01Q3/32
A	EP 1 187 246 A1 (IN SNEC [FR]) 13 mars 2002 (2002-03-13) * abrégé; figure 1 *	1-11	
A	US 3 656 179 A (LOACH HERMAN HOLMES DE) 11 avril 1972 (1972-04-11) * abrégé; figures 1-4 *	1-11	
A	WO 03/019723 A1 (ANDREW CORP [US]; SLEDKOV VICTOR ALEKSANDROVICH [NZ]) 6 mars 2003 (2003-03-06) * abrégé; figures 3a, 6, 10a-10c *	1-11	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) H01P H01Q
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
Munich		29 octobre 2013	Marot-Lassauzaie, J
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.82 (F04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 13 30 5590

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

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

29-10-2013

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2004017453 A1	26-02-2004	AT 389955 T	15-04-2008
		AU 2003267512 A1	03-03-2004
		CN 1669175 A	14-09-2005
		EP 1522119 A1	13-04-2005
		ES 2303905 T3	01-09-2008
		FR 2845205 A1	02-04-2004
		WO 2004017453 A1	26-02-2004

EP 1187246 A1	13-03-2002	EP 1187246 A1	13-03-2002
		FR 2813445 A1	01-03-2002

US 3656179 A	11-04-1972	AUCUN	

WO 03019723 A1	06-03-2003	AT 352110 T	15-02-2007
		AU 2002330797 B2	21-12-2006
		CA 2457913 A1	06-03-2003
		CN 1547788 A	17-11-2004
		DE 60217694 T2	25-10-2007
		EP 1428295 A1	16-06-2004
		ES 2280571 T3	16-09-2007
		JP 4118235 B2	16-07-2008
		JP 2005501450 A	13-01-2005
		MX PA04001616 A	07-03-2005
		NZ 513770 A	28-05-2004
		US 2004239444 A1	02-12-2004
		WO 03019723 A1	06-03-2003

EPO FORM P0480

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82