

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Numéro de publication: **0 465 994 A1**

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: **91110948.6**

51 Int. Cl.⁵: **H01P 5/18**

22 Date de dépôt: **02.07.91**

30 Priorité: **04.07.90 FR 9008491**

72 Inventeur: **Gomez-Henry, Michel**

43 Date de publication de la demande:
15.01.92 Bulletin 92/03

11, rue de l'Antan Noir

F-31240 L'Union(FR)

Inventeur: **Salvan, Michel**

50, rue d'Occitanie

F-31820 Pibrac(FR)

Inventeur: **Lairle, Michel**

85, Route de Portet

F-31270 Villeneuve, Tolosane(FR)

Inventeur: **Raguenet, Gérard**

1710 Chemin de Tucaut

F-31600 Eaunes(FR)

84 Etats contractants désignés:
CH DE FR GB IT LI SE

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

84 **DE FR GB IT SE**

Demandeur: **ALCATEL N.V.**
Strawinskylaan 341 (World Trade Center)
NL-1077 XX Amsterdam(NL)

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

84 **CH LI**

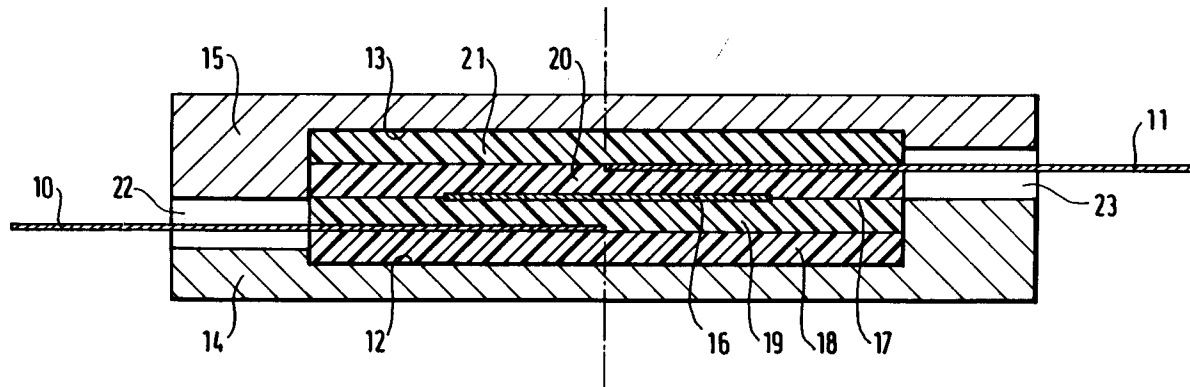
54 **Module hyperfréquence triplaque.**

57 La présente invention se rapporte à un module hyperfréquence triplaque, comportant :

- au moins une première ligne (10) située dans un premier plan ;
- au moins une seconde ligne (11) ;
- au moins une ouverture de couplage (17) située dans un second plan de manière à permettre une transmission entre ces deux lignes (10, 11).

Application notamment aux domaine spatial.

FIG. 3



EP 0 465 994 A1

L'invention concerne un module hyperfréquence triplaque.

La propagation des ondes électromagnétiques selon un mode triplaque fait appel à un ensemble de composants assurant des fonctions particulières. Ces composants sont ensuite utilisés sous forme d'assemblages de façon à réaliser la mission envisagée ;

- 5 - répartition de puissance en vue d'alimenter des éléments rayonnants ;
- circuiterie intervenant dans les étages de puissance d'un transpondeur (matrice généralisée de coupleurs, ou "Buttler array" par exemple).

Les fonctions élémentaires les plus couramment utilisées concernent

- 10 - la division de puissance : d'un bras de ligne on désire adresser des niveaux définis à différentes sous-lignes ; Ceci pouvant être obtenu à l'aide :
 - . d'un "té" (compensé ou non), qui peut comporter plus de trois branches, qui peut être équilibré ou non ;
 - . de circuits en échelle : deux, trois ou quatre branches. Là encore le dessin du composant dépend des objectifs intrinsèques requis (dynamique de division, adaptation, largeur de bande) ; De nombreux abaques existant dans la littérature sur le dimensionnement de ce type de composant ;
 - 15 . de circuits en anneau ; Là encore une littérature importante existe ("rat-race" (souricière) ou hybride en anneau) de sorte que le dimensionnement de ce type de composant est largement maîtrisé.
- le changement de plan : La propagation triplaque s'établit de façon planaire entre deux plans de masse parallèles. Il est alors nécessaire, pour des raisons d'encombrement ou d'interface, de pouvoir accéder au circuit à l'aide d'un guide d'onde ou d'une transition en mode coaxial, ou encore de pouvoir faire rayonner l'énergie distribuée par le circuit à l'aide d'un élément rayonnant. Là encore l'excitation de l'élément rayonnant peut se faire à l'aide d'une sonde coaxiale et requiert une transition triplaque coaxiale.

25 Ainsi dans un ouvrage intitulé "Stripline circuit design" de Harlan Howe, jr (Microwaves associates : Burlington, Mass ; pages 44-49) qui traite des interconnexions de circuits triplagues, est décrite une telle liaison qui peut s'effectuer par l'intermédiaire de connecteurs coaxiaux dans l'axe du triplaque (figure 2-14) ou perpendiculaires à celui-ci (figure 2-15).

Ces deux types de liaison ont pour inconvénients majeur de recourir à des soudures qui diminuent la fiabilité des contacts.

L'invention a pour objet un module qui permet d'assurer en une seule unité et sans aucune liaison mécanique tout ou partie des fonctions précédentes :

- changement de plan ;
- distribution d'énergie sur un nombre déterminé de voies.

35 Elle propose à cet effet un module hyperfréquence triplaque, caractérisé en ce qu'il comprend

- au moins une première ligne située dans un premier plan ;
- au moins une seconde ligne ;
- une ouverture de couplage située dans un second plan de manière à permettre une transmission entre ces deux lignes ;

40 Ces différentes lignes étant isolées entre elles en courant continu, caractérisé en ce que ledit module comprend un ensemble de deux cavités, réalisées dans deux blocs conducteurs, implantées l'une sur l'autre et séparées entre elles à l'aide d'une pièce conductrice plane dont la circonférence associée à l'ensemble des deux rebords des deux cavités réalise la fente de couplage.

Avantageusement le positionnement de chaque ligne dans l'une ou l'autre cavité est réalisé à l'aide de dispositif espaceurs, chaque ligne pénétrant dans une cavité au travers d'une fenêtre.

Avantageusement une seconde ligne est disposée dans un troisième plan de telle façon que l'ouverture de couplage soit située entre le premier plan et un troisième plan.

Un tel module permet d'éviter tout contact lors d'un changement de mode de propagation, par exemple lors d'une transition triplaque-coaxial-triplaque nécessaire pour connecter différents plans de transmission.

50 Un tel module peut être utilisé pour réaliser des fonctions de division, de déphasage ou de répartition en mode triplaque. Il permet ainsi de réaliser des coupleurs généralisés en utilisant des modules élémentaires tous identiques.

Un tel module peut être utilisé, avantageusement, à la sortie d'une antenne à fente attaquée directement en mode triplaque.

55 L'intérêt d'une telle solution réside dans sa grande simplicité (aucun réglage), dans sa souplesse de conception et de topologie (entrées/sorties), ainsi que dans sa compacité générale.

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

Les figures 1 à 3 illustrent une première réalisation du module hyperfréquence selon l'invention, respectivement en vue éclatée, en perspective et selon une coupe III-III de la figure 2.

- les figures 4 à 6 illustrent différentes variantes de réalisation du module hyperfréquence selon l'invention en vues éclatées.

5 - la figure 7 illustre un exemple de réalisation d'un élément du module selon l'invention ;

- la figure 8 illustre différentes courbes de fonctionnement d'un module selon l'invention.

- la figure 9 illustre une variante de réalisation du module hyperfréquence selon l'invention.

10 Les figures 1, 2 et 3 représentent un module hyperfréquence selon l'invention qui permet un changement de plan entre deux lignes triplaques 10 et 11 avec éventuellement, comme représenté sur ces figures, un changement de direction entre ces lignes 10 et 11.

15 Le coeur de ce module est un ensemble de deux cavités 12 et 13 réalisées respectivement dans des blocs conducteurs, par exemple métalliques, 14 et 15. Ces cavités 12 et 13 sont implantées l'une sur l'autre et se trouvent séparées entre elles à l'aide d'une pièce conductrice, par exemple métallique, plane 16, par exemple un disque, dont la circonférence associée à l'ensemble de deux rebords des cavités 12 et 13 réalise une fente de couplage 17 permettant de véhiculer l'énergie électromagnétique d'une cavité à l'autre. Le transfert d'énergie dépend donc des formes géométriques des cavités 12 et 13 et de la fente de couplage 17.

20 L'accès à une cavité 12 (ou 13) se fait à l'aide d'une ligne triplaque 10 (ou 11). Le positionnement de cette ligne (10 ou 11) à l'intérieur de la cavité correspondante est réalisé de façon classique à mi-hauteur des plans de masse à l'aide de dispositifs espaceurs en matériau diélectrique 18 et 19 (ou 20 et 21). Chaque ligne triplaque (10 ou 11) pénètre dans la cavité correspondante (12 ou 13) au travers d'une fenêtre (22 ou 23) dont la géométrie est dimensionnée de façon connue de l'homme de l'art pour assurer la continuité électrique et la continuité d'impédance.

25 Comme représenté en coupe sur la figure 3, le module selon l'invention comporte deux niveaux de circuits triplaques ; chacun d'eux étant formé de deux plans de masse disposés de part et d'autre d'une ligne (10, 11) qui permet le transfert d'énergie ; le plan de masse central, réalisé par la pièce 16, étant commun aux deux niveaux. L'ouverture de couplage 17 permet donc la transmission entre les deux lignes 10 et 11 qui sont isolées entre elles en courant continu.

30 Il est à noter qu'aucune condition restrictive n'est requise pour que le module selon l'invention puisse assurer sa mission :

- les impédances et géométries des lignes peuvent être quelconques ;

- les implantations des accès ne doivent pas nécessairement respecter des conditions de géométrie connues dans le cas d'autres types de dispositifs : coupleur en échelle ou en anneau ;

35 - la forme des cavités 12 et 13 n'est nullement restreinte à des cylindres circulaires mais peut très bien prendre des géométries polyédrales (cube, parallélépipède, cylindres pentagonaux ou hexagonaux...), qui, par exemple, peuvent simplifier les usinages des fenêtres 22 ou 23 d'accès aux cavités 12 ou 13.

Il peut aussi être fait état de discontinuités ou d'assymétries pour des applications particulières (encoches, dents, chanfrein etc..).

40 Dans la fonction changement de plan en propagation triplaque les cavités 12 et 13 sont configurées comme représenté sur la figure 2, et le module selon l'invention permet de faire transiter une énergie électromagnétique, véhiculée par la ligne 10 dans un premier plan et selon une première direction, à la seconde ligne 11 située dans un autre plan, cette seconde ligne 11 étant dirigée selon une autre direction dont la projection dans le premier plan fait un angle ϕ avec la première direction.

Un tel module peut être réalisé en utilisant, et ce n'est qu'un exemple, les géométries suivantes :

- 45 . Diamètre des cavités 12 et 13 ~ 80 mm
 . Profondeur des cavités 12 et 13 ~ 4.3 mm
 . Largeur et hauteur des fenêtres 22 et 23 ~ 20 mm et 6.3 mm
 . Largeur des lignes 10 et 11 ~ 9 mm
 . Epaisseur des lignes 10 et 11 ~ 0.3 mm
 50 . Diamètre approximatif du disque 16 ~ 45 mm
 . Epaisseur du disque 16 ~ 0.3mm

55 La fonction changement de direction de propagation dans un même plan peut être obtenue en configurant les cavités 12 et 13 comme sur la figure 4 par exemple. Dans ce cas la cavité supérieure 13 est entièrement fermée et se trouve remplie d'un disque de diélectrique espaceur 24 par exemple de 6 mm environ.

La cavité du bas 12, quant à elle, se trouve munie de deux fenêtres d'accès 22 et 23 assurant le passage des deux lignes 10 et 11.

Là encore, sur la base du module, dont la géométrie a été donnée précédemment, il est possible en

gérant la forme de la pièce 16 de réaliser un composant permettant de faire transiter une énergie électromagnétique véhiculée par la ligne 10 vers la ligne 11 située dans le même plan, cette dernière présentant une orientation quelconque ϕ par rapport à la ligne 10 comprise entre 30° et 150° ; ces limites angulaires étant imposées par les géométries des conducteurs 10 et 11 d'une part, ainsi que par les volumes requis par les fenêtres d'accès 22 et 23. Là encore des pertes négligeables ont été mesurées pour ce type de transition (≤ 0.05 dB).

Dans la configuration représentée à la figure 5, comme dans le cas de la fonction précédente, la cavité supérieure 13 est entièrement fermée tandis que quatre fenêtres d'accès sont réalisées dans la cavité inférieure 22, 23, 26 et 27. Dans une telle réalisation une énergie électromagnétique véhiculée par la ligne 10 se trouve répartie sur les lignes 28 et 29, tandis que la ligne 11 est parfaitement isolée.

Comme cela a été souligné précédemment, la géométrie de la pièce 16, associée aux formes prises par la cavité 12, est essentielle. Une telle architecture permet en fait de réaliser des distributions de puissance quelconques :

$$\left. \begin{array}{l} \alpha \text{ sur la voie 29} \\ \beta \text{ sur la voie 28} \end{array} \right\} \text{telles que } \alpha^2 + \beta^2 = 1$$

Typiquement une dynamique de 10 à 15 dB sur α ou β est réalisable, donnant au module de l'invention la capacité d'un coupleur directif, le cas de la division par deux n'étant en tout état de cause qu'un cas particulier.

Les phases de sortie aussi peuvent faire l'objet d'optimisation particulières. Pratiquement en redéfinissant l'ensemble de la géométrie cavités + conducteurs il est possible de sortir entre les voies 28 et 29 :

- à 90° : le dispositif se comporte alors comme une jonction hybride.
- à 0° : le dispositif se comporte alors comme un "té" magique.
- à 0° : le dispositif assure une répartition de puissance demandée avec un réglage de phase intégré.

La souplesse de réalisation apparait donc totale, tant les possibilités de l'invention sont importantes.

Un exemple concret en utilisant les caractéristiques géométriques suivantes à permis d'aboutir à une configuration d'hybride 3dB :

- . Diamètre des cavités 12 et 13 ~ 80 mm
- . Profondeur des cavités 12 et 13 ~ 6.3 mm
- . Largeur et hauteur des fentes 22, 23, 26 et 27 ~ 20 mm et 6,3 mm
- . Largeur des lignes 10, 11, 28 et 29 ~ 9 mm
- . Distances des extrémités des lignes 10, 11, 28 et 29 au centre de la cavité circulaire 12 ~ 10 mm
- . Epaisseur de ces lignes 10, 11, 28 et 29 ~ 0.3 mm
- . Epaisseur des diélectriques espaceurs 18 et 19 ~ 3 mm
- . Epaisseur du diélectrique 24 ~ 6 mm
- . Diamètre de la pièce 16 ~ 45 mm
- . Epaisseur de la pièce 16 ~ 0.3 mm

Pour une telle géométrie de base et en optimisant la pièce 16, on obtient les performances électriques suivantes :

- Adaptation sur l'un quelconque des accès 10, 11, 28 ou 29 $ROS \leq 1.20$
- bande de fonctionnement : 8% 2850/3120 MHz
- Division puissance (28 ou 29) : - 3 dB \pm .05 dB
- Déphasage entre les lignes 28 et 29 : $90^\circ \pm 0,50^\circ$
- Isolation ligne 11 : 20 dB

Dans une variante de l'invention représentée à la figure 6, on intègre d'une part la réalisation représentée à la figure 1 ainsi que celle représentée à la figure 5. Sur la base de la figure 5, la ligne d'excitation 10 ainsi qu'une ligne couplée 28 sont situées au plan inférieur. La deuxième ligne couplée 29 ainsi que la ligne isolée 11 sont situées au plan supérieur ce qui permet des topologies de circuits inconcevables auparavant et se résume par :

- une grande intégration des fonctions ;
- une grande compacité.

En fait, on s'aperçoit que ces différentes lignes peuvent être disposées indifféremment à l'étage inférieur ou supérieur et ceci sans modifier les caractéristiques radiofréquences (RF). Toutes les configurations sont donc possibles : ligne 10 en haut ou en bas ; ligne 11 en haut ou en bas ; ligne 28 en haut ou en

bas ; ligne 29 en haut ou en bas.

Le dispositif de la figure 5 a également été réalisé avec huit fenêtres : haut et bas pour chaque accès quelle que soit la configuration des parties. Des performances en tout point similaires à la configuration de la figure 5 ont été mesurées traduisant de façon irrémédiable la versatilité du concept.

5 La géométrie de la pièce 16 est capitale car elle détermine la forme de la fente 17. Elle fait donc l'objet d'une optimisation minutieuse.

Il a été obtenu les performances électriques suivantes pour l'un des modules décrits précédemment :

- Bande de fréquences : 2630 MHz - 2970 MHz (12% centrée à 2800 MHz) ;
- R.O.S. sur les parties 10 et 11 ≤ 1.20 sur la bande ;
- 10 · Pertes intrinsèques de la transition $\leq .05$ dB ;
- angle ϕ quelconque entre 0 et 2π ; cet angle ϕ choisi dimensionnant la géométrie de la pièce 16.

15 La figure 7 donne un exemple de forme possible pour la pièce 16, ici la forme d'une croix, en utilisant par exemple la première ligne 10 au niveau inférieur et les trois autres lignes 11, 28 et 29 au niveau supérieur. Mais n'importe quelle combinaison de niveaux procure le même fonctionnement. Dans le module de l'invention on joue, donc, sur la forme de la pièce 16 (disque, croix, disque muni d'encoches...) pour obtenir le fonctionnement voulu.

En utilisant les variantes du module de l'invention représentées sur les figures 5 et 6 il est possible de réaliser une fonction hybride. On obtient alors les courbes représentées sur la figure 8 qui sont fonction de la fréquence f : une courbe 30 de phase différentielle entre deux accès, par exemple les lignes 28 et 29, et des courbes 31 et 32 de niveaux de puissance S de ces accès par rapport à la ligne 10, par exemple.

On s'aperçoit ainsi que l'on peut obtenir le même fonctionnement que celui d'un circuit hybride coplanaire en réalisant un changement de plan sans contacts.

20 On peut donc utiliser le module de l'invention au maximum de ses possibilités dans un premier plan (par exemple division de puissance, jonction hybride,...) avant d'utiliser ses possibilités liées à une telle transition entre deux plans.

Un tel module peut être rapporté d'un seul bloc en technologie composite en procédant par cuisson.

La pièce 16 peut être réalisée, par exemple, par usinage, par gravure, par dépôt métallique...

30 Comme représenté sur la figure 9, on peut également considérer une (ou plusieurs) pièces 33 analogues à la pièce 16, qui permettent de définir une (ou plusieurs) fentes de couplage 34 en procédant par empilement de plusieurs plans ; ce qui permet d'obtenir un plus grand nombre d'accès (ici lignes supplémentaires 35 et 36 situées entre deux dispositifs espaceurs 37 et 38), et donc d'augmenter le nombre de plans d'accès, la densité d'implantation, et éventuellement la bande passante.

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

Ainsi on peut utiliser des circuits triplaques suspendus, par exemple, par des rivets en utilisant l'air comme diélectrique.

Revendications

40

1. Module hyperfréquence triplaque, comprenant

- au moins une première ligne (10) située dans un premier plan ;
- au moins une seconde ligne (11) ;
- 45 - au moins une ouverture de couplage (17) située dans un second plan de manière à permettre une transmission entre ces deux lignes (10, 11) ;

45

ces différentes lignes (10, 11) étant isolées entre elles en courant continu, caractérisé en ce que ledit module comprend un ensemble de deux cavités (12, 13) réalisées dans deux blocs conducteurs (14, 15), implantées l'une sur l'autre, et séparées entre elles à l'aide d'une pièce conductrice (16) dont la circonférence associée à l'ensemble des deux rebords des deux cavités (14, 15) réalise la fente de couplage (17).

50

2. Module selon la revendication 1, caractérisé en ce que le positionnement de chaque ligne (10, 11) dans l'une ou l'autre cavité (12, 13) est réalisé à l'aide de dispositifs espaceurs (18, 19, 20, 21), chaque ligne pénétrant dans une cavité au travers d'une fenêtre (22, 23).

55

3. Module selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la seconde ligne (11) est située dans le premier plan.

EP 0 465 994 A1

4. Module selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'une troisième et une quatrième lignes (28, 29) sont situées dans le premier plan.
5. Module selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'au moins une seconde ligne (11) est disposée dans un troisième plan de telle façon que l'ouverture de couplage soit située entre le premier plan et ce troisième plan.
6. Module selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'une troisième ligne (28) est située dans le premier plan et une quatrième ligne (29) est située dans le troisième plan.
7. Module selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la pièce conductrice (16) a la forme d'un disque.
8. Module selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la pièce conductrice (16) a la forme d'une croix.
9. Module selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une autre pièce (33) analogue à la pièce conductrice (16) de manière à définir au moins une autre fente de couplage (34), en procédant ainsi par empilement de plusieurs plans.

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG. 1

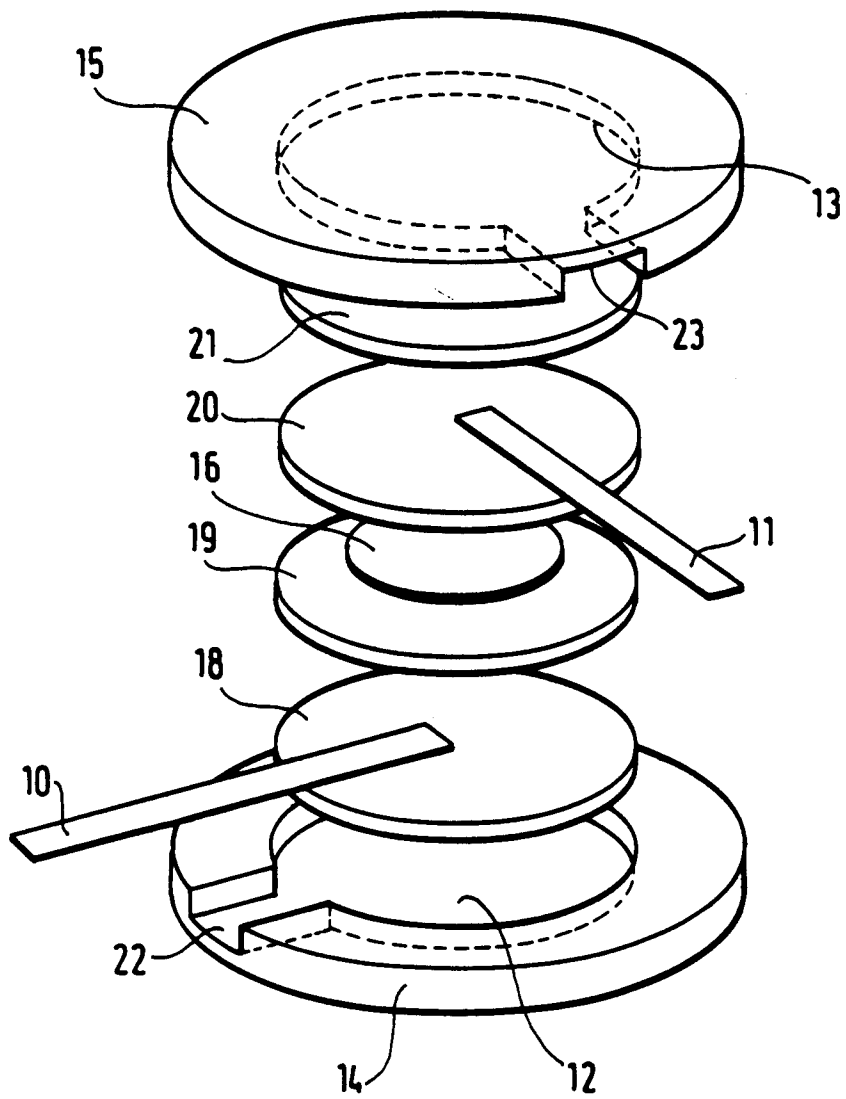


FIG. 2

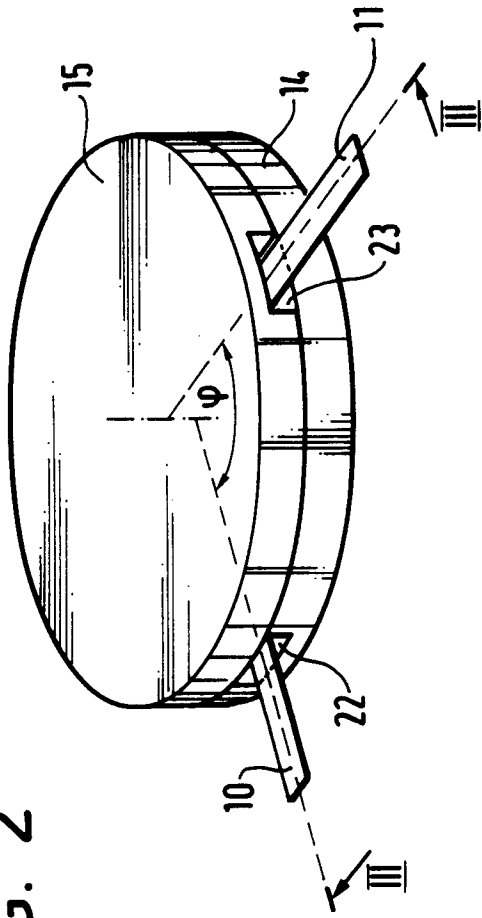


FIG. 3

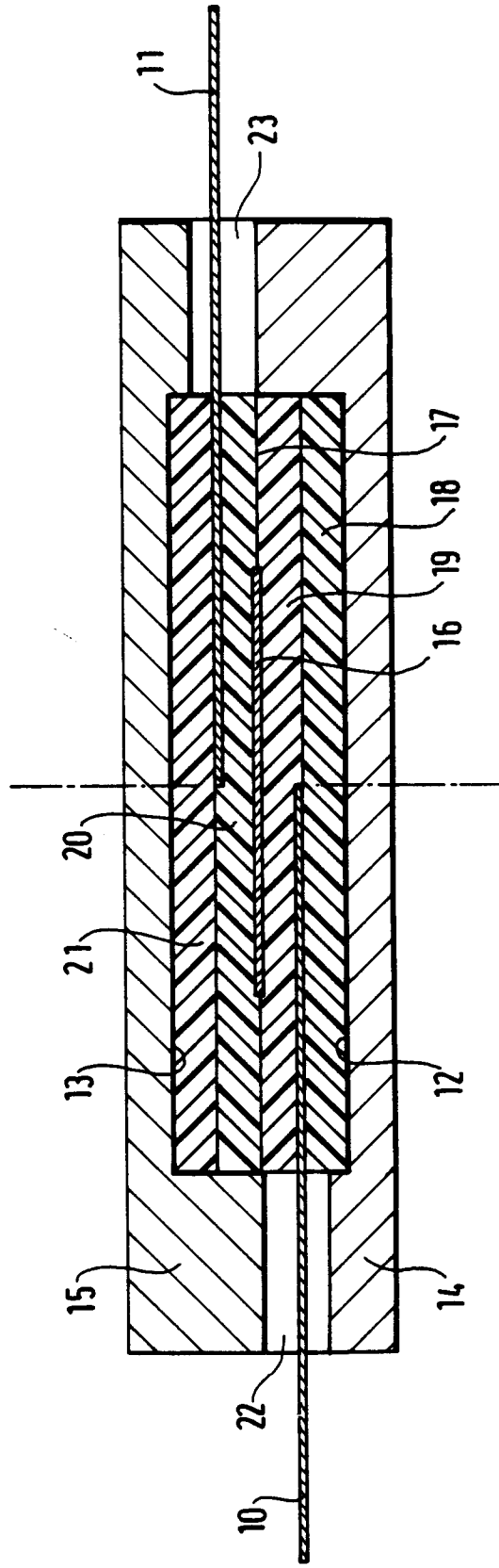


FIG. 4

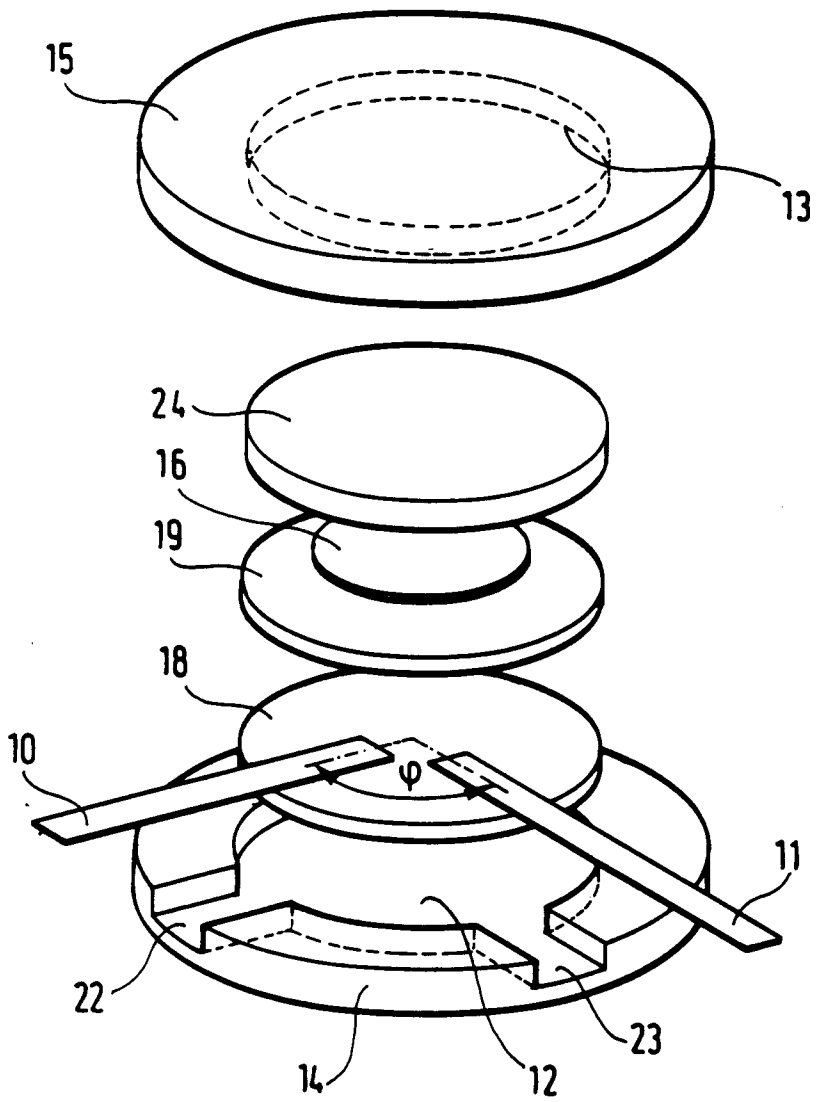


FIG. 5

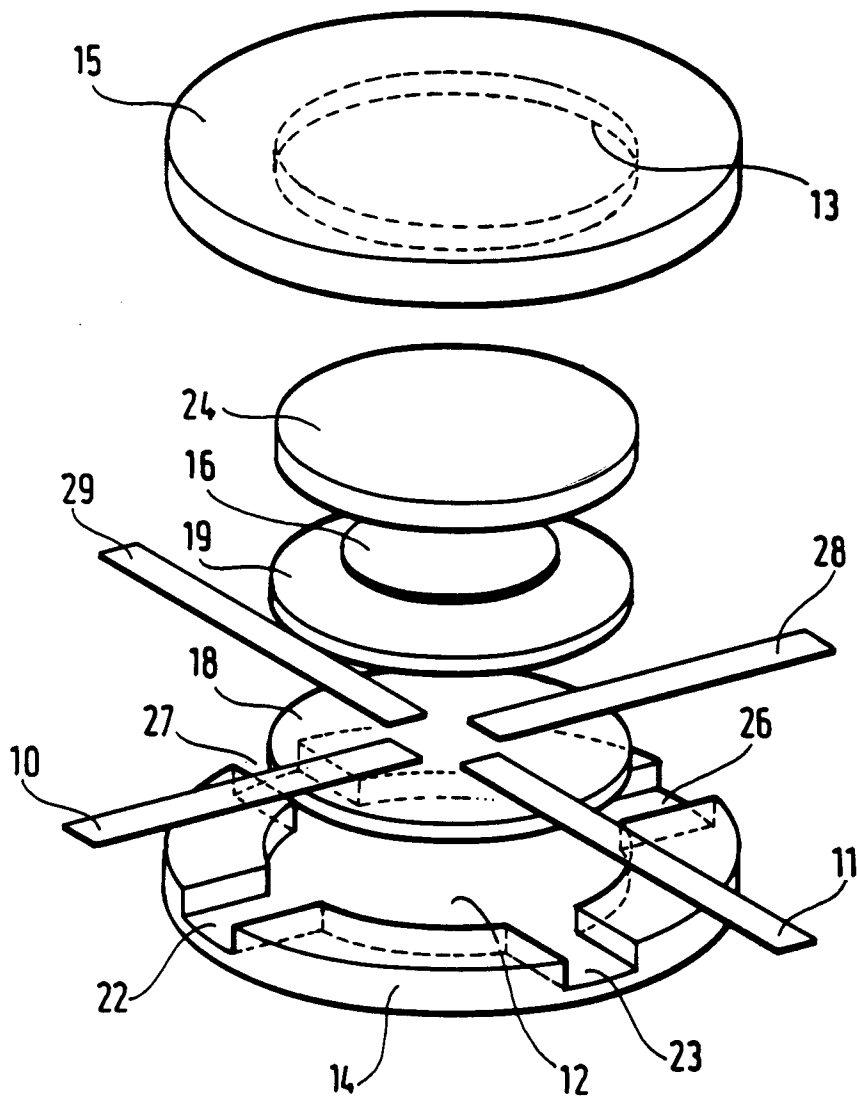


FIG. 6

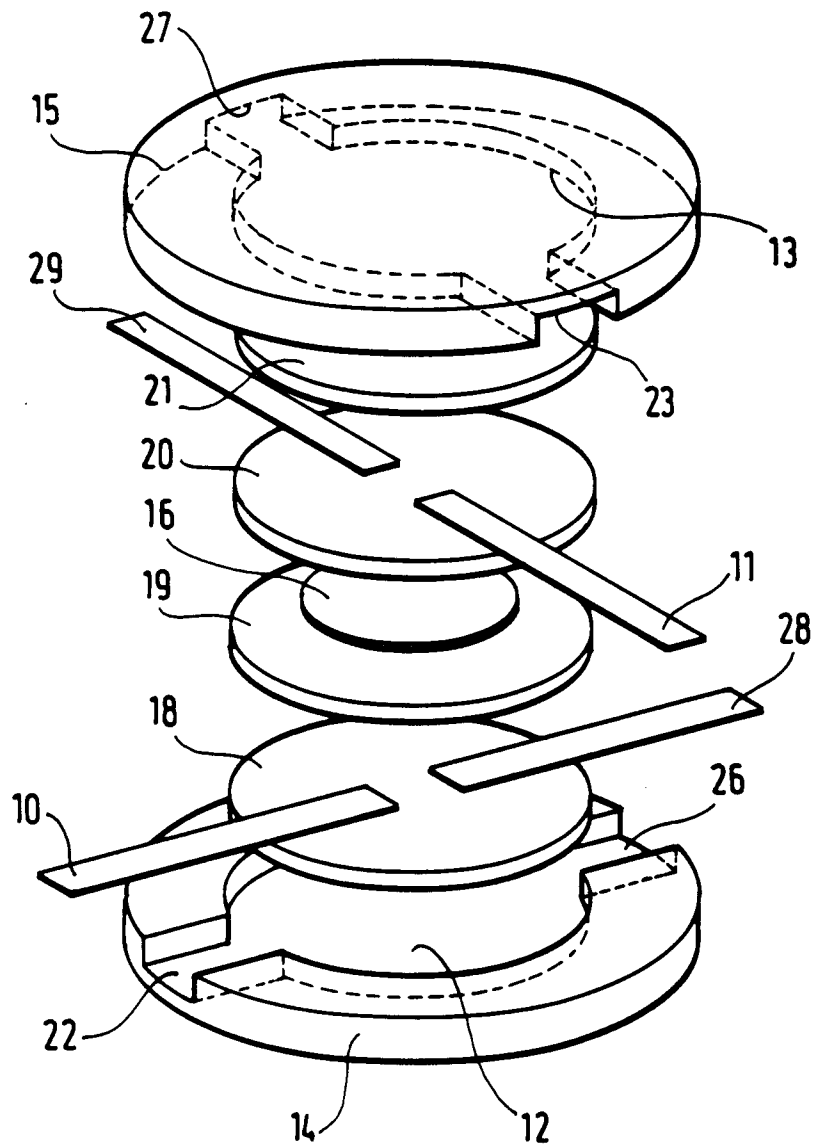


FIG. 7

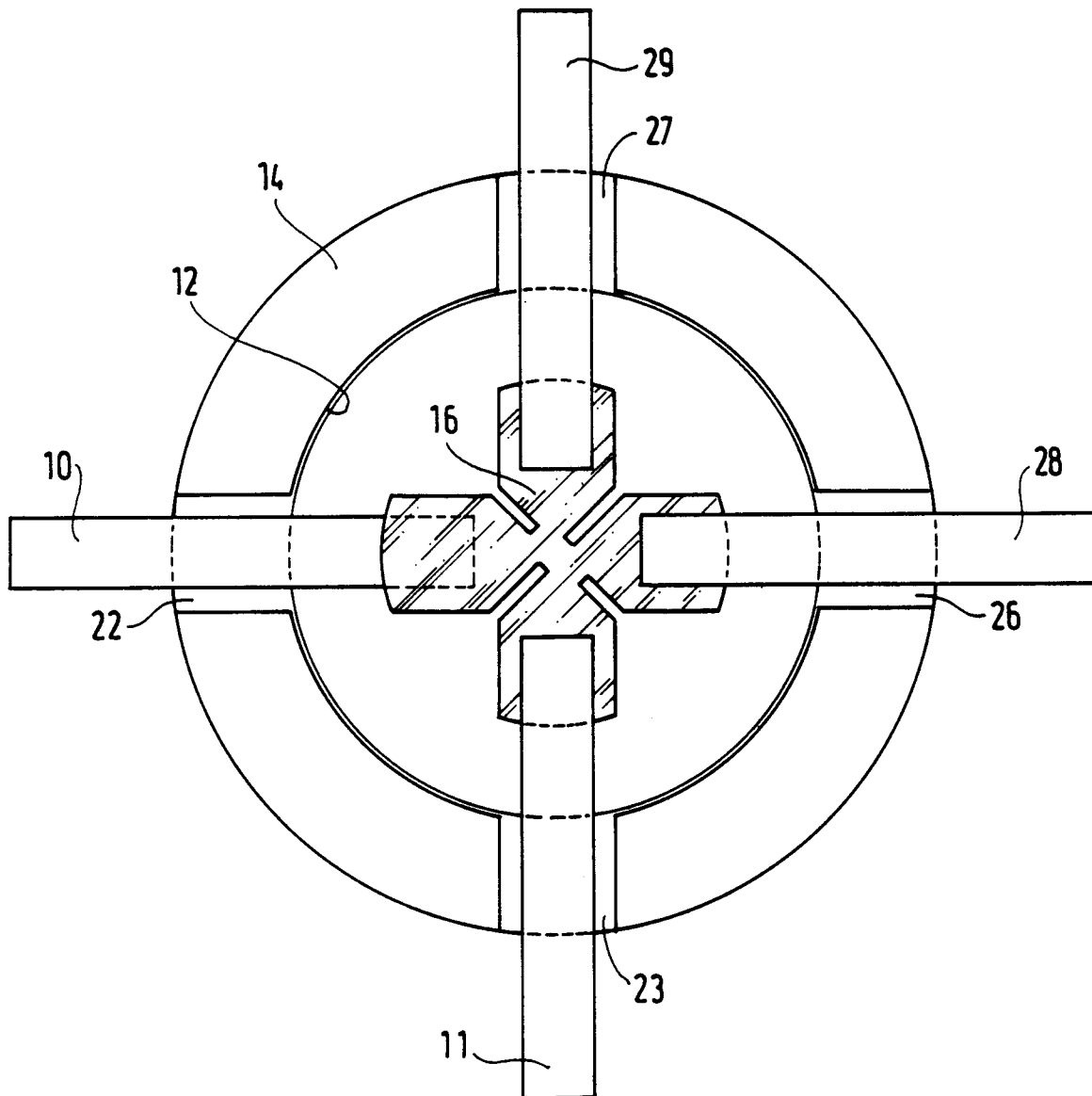


FIG. 8

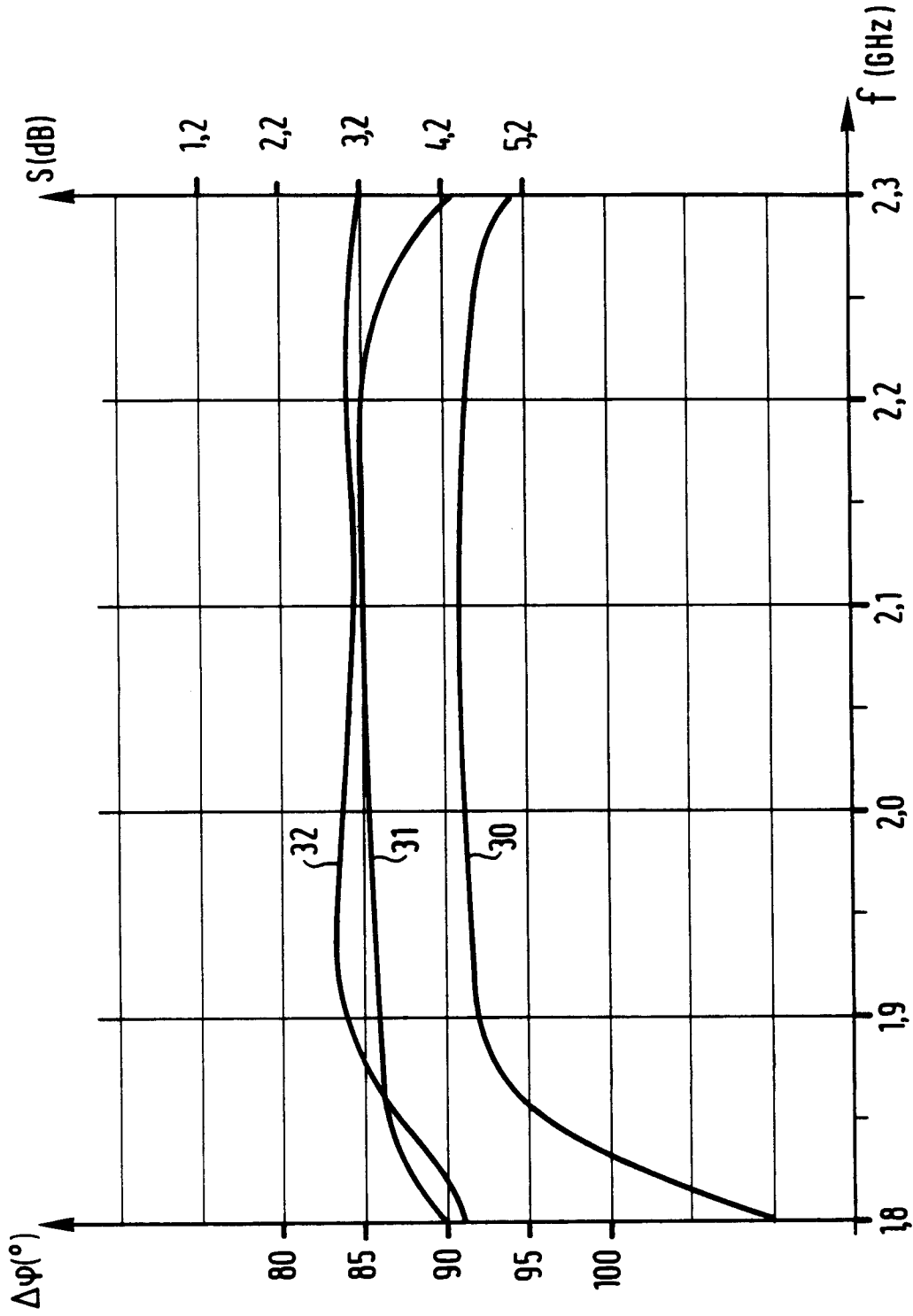
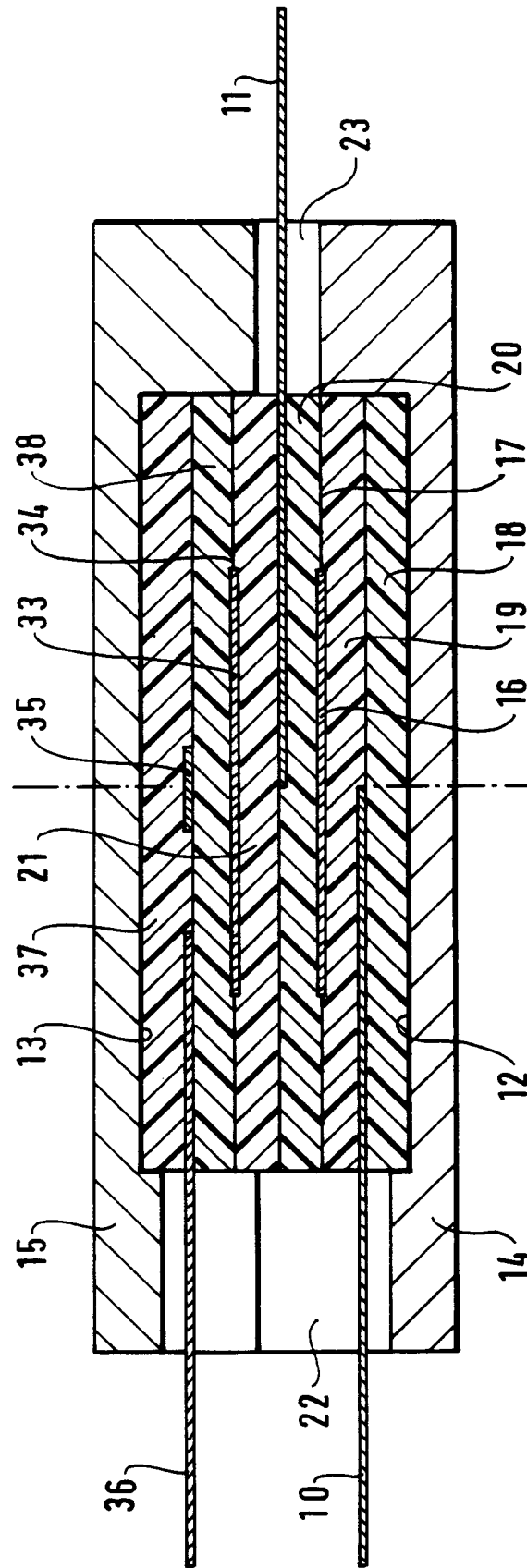


FIG. 9





DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. C1.5)
A	US-A-3 974 462 (FASSETT) * Colonne 9, ligne 11 - colonne 10, ligne 18; figure 5 * - - -	1,3,5,6	H 01 P 5/18
A	IRE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, vol. 6, no. 4, octobre 1958, pages 403-410, New York, US; J.K. SHIMIZU et al.: "Coupled-transmission-line directional couplers" * Page 404, colonne de droite, lignes 23-27; figure 2 * - - -	1,5	
A	IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, vol. 34, no. 12, décembre 1986, pages 1457-1463, New York, US; E. YAMASHITA et al.: "Analysis method for generalized suspended striplines" * Page 1457, colonne de gauche, lignes 18-30; figures 1,2 * - - -	1,2	
A	WO-A-8 700 350 (FORD AEROSPACE & COMMUNICATIONS CORP.) * Page 4, ligne 30 - page 7, ligne 10; figure 1 * - - -	1	
A	EP-A-0 180 011 (GTE TELECOMUNICAZIONI S.p.A.) * Page 4, lignes 5-14; figure 4 * - - - - -	1,4	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. C1.5)
			H 01 P
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		20 septembre 91	DEN OTTER A.M.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	
T : théorie ou principe à la base de l'invention			