

12 **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

45 Date de publication du fascicule du brevet:
18.10.89

21 Numéro de dépôt: **84402741.7**

22 Date de dépôt: **27.12.84**

51 Int. Cl.: **H 01 P 5/103, H 01 P 1/17,**
H 01 Q 9/27, H 01 Q 11/08,
H 01 Q 13/24

54 **Aérien comportant un dispositif d'excitation en mode circulaire.**

30 Priorité: **13.01.84 FR 8400500**

43 Date de publication de la demande:
24.07.85 Bulletin 85/30

45 Mention de la délivrance du brevet:
18.10.89 Bulletin 89/42

84 Etats contractants désignés:
DE GB IT SE

56 Documents cités:
FR-A- 2 242 784
US-A- 2 746 018
US-A- 2 773 254
US-A- 3 757 345
US-A- 4 319 248

SUPPLEMENT TO IEEE TRANSACTIONS ON
AEROSPACE, vol. AS-3, no. 2, juin 1965, pages 489-494,
IEEE, New York, US; A.T. ADAMS et al.: "Ferrite loaded
antennas for aerospace applications"

73 Titulaire: **THOMSON-CSF, 51, Esplanade du Général de**
Gaulle, F-92800 Puteaux (FR)

72 Inventeur: **Rannou, Jean, THOMSON-CSF SCPI 173, bld**
Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)
Inventeur: **Pouderous, Emile, THOMSON-CSF**
SCPI 173, bld Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)
Inventeur: **Gilbert, Pascal, THOMSON-CSF SCPI 173, bld**
Haussmann, F-75379 Paris Cedex 08 (FR)

74 Mandataire: **Benoit, Monique et al, THOMSON-CSF**
SCPI, F-92045 PARIS LA DEFENSE CEDEX 67 (FR)

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

La présente invention se rapporte aux aériens comportant un dispositif d'excitation en mode circulaire.

Pour alimenter un aérien comportant un guide d'onde circulaire à partir d'une ligne hyperfréquence, il est nécessaire de changer le mode de propagation de l'onde transmise par la ligne.

En effet, dans les lignes hyperfréquences couramment utilisées, comme les lignes coaxiales, bifilaires, triplaques ou à plan parallèles (microstrip), le mode de propagation des ondes est un mode transverse électromagnétique (TEM).

Le mode de propagation des ondes dans un guide est un mode transverse électrique (TE) ou transverse magnétique (TM).

Le mode d'excitation privilégié d'un guide d'onde circulaire est le mode circulaire (TE₁₁ ou TM₁₁).

Pour passer d'un mode TEM à un mode guidé en polarisation circulaire dans un guide circulaire, plusieurs solutions sont connues.

La première solution consiste tout d'abord à effectuer un couplage électrique. Ce couplage permet de passer du mode TEM au mode TE₁₀ en guide rectangulaire. Il faut ensuite effectuer un couplage par transition pour passer en mode TE₁₁ (rectiligne) en guide circulaire. Il faut ensuite passer du mode TE₁₁ en un mode circulaire. Ce couplage est généralement réalisé par un rotateur de polarisation du type à iris ou à lame diélectrique.

La deuxième solution consiste à attaquer le guide circulaire par deux sondes disposées perpendiculairement. Elles sont alimentées par des

ondes d'égale amplitude déphasées de $\frac{\pi}{2}$, trans-

mises par une ligne hyperfréquence. Le déphasage peut être effectué avant l'alimentation des sondes, dans ce cas les sondes sont situées dans un même plan. Il peut se faire dans le guide par un

décalage des sondes d'une longueur égale à $\frac{\lambda_g}{4}$

où λ_g est la longueur d'onde guidée.

Ces deux solutions connues sont généralement complexes et les dispositifs d'excitation obtenus sont encombrants, notamment dans le cas de la première solution.

Dans les deux cas de la deuxième solution, le rotateur de polarisation doit être alimenté par deux voies de même puissance. Il est donc nécessaire d'utiliser un diviseur de puissance apte à répartir l'énergie équitablement sur chaque voie.

Dans le premier cas de la deuxième solution, on fait généralement appel à un déphaseur pour déphaser les sondes alimentant le guide.

Outre les inconvénients de la complexité et de l'encombrement, un troisième inconvénient se rajoute concernant la bande passante du dispositif, car elle est généralement étroite et par conséquent inadaptée à de nombreuses applications nécessitant une bande très large. Toutefois, une

solution connue permet d'élargir la bande passante. Elle consiste à utiliser un guide d'onde du type «double ridge orthogonaux». Un tel guide est usiné de sorte qu'il présente des décrochements longitudinaux qui donnent une forme cannelée à la section du guide. La fabrication de tels guides est bien sûr plus complexe que celle de guides ordinaires et par conséquent plus onéreuse.

Par ailleurs, le brevet US 2 773 254 décrit un déphaseur micro-onde permettant d'effectuer des décalages de phase de façon continue. Ce dispositif comporte un guide d'ondes circulaire dans lequel une antenne à simple spirale émet une onde en polarisation circulaire vers une deuxième antenne disposée en vis-à-vis dans ce guide; la première antenne est alimentée à partir d'une ligne coaxiale.

Cependant, en considérant dans ce déphaseur le guide d'ondes circulaire et la première antenne simple spirale alimentée à partir d'une ligne coaxiale, il apparaît que, même si on passe ainsi d'un mode TEM à un mode guidé en polarisation circulaire, on n'obtient pas un fonctionnement à très large bande car on est limité pour la fréquence la plus basse à la fréquence minimale que peut rayonner l'antenne spirale simple, supérieure à la fréquence de coupure du guide d'ondes. De plus, les ondes à fréquence inférieure à cette fréquence minimale de l'antenne simple spirale qui peuvent être guidées dans le guide et les ondes à fréquence inférieure à la fréquence de coupure du guide qui peuvent être réfléchies par le guide créent des perturbations électromagnétiques à l'intérieur du guide.

La présente invention a pour objet de remédier à ces inconvénients et propose un aérien comportant un dispositif excitateur de guide d'onde en polarisation circulaire comprenant une antenne à rayonnement unidirectionnel en polarisation circulaire alimentée directement par une ligne hyperfréquence, cette antenne ayant des dimensions adaptées pour que le rayonnement émis excite le guide, et la bande passante du guide étant très large puisqu'elle n'est plus limitée que par la fréquence de coupure du guide.

L'invention a donc pour objet un aérien comportant un guide d'onde, une ligne hyperfréquence parcourue par une onde transverse électromagnétique, un élément rayonnant connecté à la ligne hyperfréquence, caractérisé en ce que la ligne hyperfréquence est constituée par un câble coaxial se terminant par une ligne bifilaire en ce que l'élément rayonnant est constitué par une antenne double spirale placée en amont d'une extrémité du guide à l'arrière de l'ouverture rayonnante du guide, les extrémités de chaque conducteur formant l'antenne spirale étant chargés par un absorbant, l'antenne spirale étant alimentée en son centre par les deux autres extrémités des conducteurs qui sont reliées à la ligne bifilaire, un plan réflecteur étant placé à l'arrière de l'antenne double spirale à l'extérieur du guide, de manière à ce que l'aérien ainsi constitué soit apte à rayonner à l'autre extrémité du guide une onde excitant le guide en polarisation circulaire

sans perturbation dans le guide en dessous de la fréquence de coupure f_c du guide, l'aérien se comportant comme un filtre passe-haut ayant pour fréquence minimale la fréquence de coupure du guide.

D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront clairement à la lecture de la description suivante présentée à titre d'exemple non limitatif et faite en regard des figures du dessin annexé sur lequel:

- la figure 1 représente un dispositif d'excitation en mode circulaire de l'aérien selon l'invention;
- les figures 2 et 3 représentent un élément rayonnant selon la figure 1, suivant un premier et un deuxième modes de réalisation;
- la figure 4 représente l'aérien selon l'invention;
- la figure 5 représente une variante de réalisation de l'aérien.

Le dispositif d'excitation de guide d'onde en mode circulaire représenté sur la figure 1 permet de passer directement d'un mode transverse électromagnétique T.E.M. qui est le mode de propagation classique dans les lignes hyperfréquences, à un mode guidé en polarisation circulaire. Ce dispositif comprend un guide 1 circulaire d'axe longitudinal XX' et de diamètre D déterminé en fonction de la longueur d'onde de coupure λ_c désirée. Une extrémité 2 que l'on qualifiera d'entrée est placée devant un élément rayonnant 3, l'autre extrémité 4 que l'on qualifiera de sortie est ouverte.

L'élément rayonnant 3 est constitué par une antenne émettant un rayonnement unidirectionnel en polarisation circulaire lorsqu'elle est alimentée par une onde transverse électromagnétique. L'alimentation est réalisée au moyen d'une ligne hyperfréquence 5. La ligne 5 peut être une ligne coaxiale, ou bifilaire ou microstrip.

L'antenne excitatrice 3 émet donc une onde à polarisation circulaire dans la direction de l'ouverture 4. Une cavité 6 placée contre l'antenne 3 en amont de celle-ci et dans le prolongement du guide constitue un plan réflecteur permettant d'obtenir un rayonnement unidirectionnel de l'antenne 3.

La figure 2 représente un exemple de réalisation d'élément rayonnant 3 en polarisation circulaire. Il s'agit d'une antenne double spirale logarithmique classique; une spirale d'Archimède ou une multi-spirale peut également convenir. L'antenne est réalisée à partir d'un centre d'expansion O et d'un taux d'expansion τ donnés. L'alimentation s'effectue à partir des points A et B, les deux bras de l'antenne sont alimentés en opposition de phase pour obtenir un champ maximum dans la direction XX'. L'antenne est placée devant le plan réflecteur 6 représenté sur la figure 1 pour rayonner unidirectionnellement. La longueur d'un bras fixe la fréquence la plus basse, tandis que la largeur AB fixe la fréquence la plus élevée. La bande passante de ce type d'antenne est très large.

La figure 3 représente un autre exemple de réalisation d'élément rayonnant 3. Il s'agit d'une antenne en hélice dont les dimensions sont choisies pour qu'elle rayonne axialement en polarisa-

tion circulaire. Les conditions à respecter pour le choix de la longueur, du diamètre et du pas de chaque spire afin d'obtenir un rayonnement unidirectionnel sont connues. Dans cette réalisation, un réflecteur n'est pas indispensable pour obtenir l'effet unidirectionnel, mais il est nécessaire pour l'adaptation de la ligne d'alimentation 5. L'antenne 3 peut par exemple être alimentée par une ligne coaxiale 5 dont la gaine est réunie au réflecteur 6.

Dans ces deux exemples de réalisation, il faut bien entendu que les dimensions des antennes soient compatibles avec celles du guide qu'elles excitent afin que la totalité du rayonnement se fasse à l'intérieur du guide sans atténuation. Les longueurs d'onde doivent pour cela être inférieures à la longueur d'onde de coupure λ_c , ce qui conduit à une bande passante $f_c - f_m$, f_m ne dépendant que de l'antenne excitatrice 3. Comme ces antennes ont une bande passante très large, le dispositif a lui-même une bande passante très large.

La longueur d'onde de coupure λ_c d'un guide d'onde circulaire en mode de polarisation circulaire (TE₁₁) est déterminée par la relation (1) suivante:

$$(1) \lambda_c = 1,7 \times D \text{ où } D \text{ est le diamètre du guide.}$$

Le diamètre moyen D_m défini par le diamètre de la zone de rayonnement d'une antenne spirale est donné par la relation (2) suivante:

$$(2) D_m = \frac{\lambda}{\pi} \text{ où } \lambda \text{ est la longueur d'onde de l'onde}$$

rayonnée.

On constate donc que pour des longueurs d'onde inférieures à λ_c , le diamètre D_m est toujours inférieur au diamètre D. Le rayonnement se fait donc entièrement dans le guide jusqu'à la coupure tant que les fréquences restent supérieures à la fréquence de coupure du guide. Le choix d'une antenne en spirale pour exciter un guide d'onde circulaire en polarisation circulaire est parfaitement compatible avec la relation (1).

Dans le cas de l'antenne en hélice, on choisit un pas S d'hélice tel qu'il soit inférieur à $\frac{\lambda_0}{2}$ (λ_0

correspondant à f_0 , fréquence centrale de la bande), ainsi qu'un diamètre D_h tel que la longueur de la circonférence C_h soit comprise entre $0,7 \lambda_0$ et $1,7 \lambda_0$, D_h étant par conséquent compris entre $0,22 \lambda_0$ et $0,45 \lambda_0$. Il résulte de ce choix que le déphasage entre des points rayonnants situés identiquement sur des spirales adjacentes réalise la condition de rayonnement longitudinal, ce qui permet d'obtenir un maximum de rayonnement dans l'axe XX'. On constate comme dans le cas précédent que D_h est toujours inférieur à D.

Sur la figure 4 on a représenté l'aérien et son dispositif d'excitation de guide d'onde. L'aérien tel qu'il est représenté sur cette figure est vu en coupe.

L'élément rayonnant 3 est constitué par une antenne double spirale logarithmique imprimée sur un substrat par exemple. Le support de cet

élément rayonnant 3 peut d'ailleurs servir également de support à des composants micro-électroniques pour des applications particulières. En effet, il est aisé de placer une diode détectrice entre les points A et B de la double spirale et ainsi d'effectuer la fonction détection à la réception. On peut placer des diodes PIN entre les deux bras, légèrement écartées du centre pour réaliser une modulation du signal reçu par l'antenne. On peut aussi placer des condensateurs en série sur chaque bras entre le centre et les diodes PIN permettant le découplage entre le courant de modulation et la tension détectée.

Un dispositif de connexion 7 est placé à l'arrière de la cavité 6. Il permet de relier une ligne coaxiale 5 à l'antenne excitatrice 3. Le dispositif de connexion 7 comprend une prise coaxiale 8 et un adaptateur 9 permettant de passer progressivement d'une ligne coaxiale à une ligne microstrip puis bifilaire. La ligne bifilaire alimente directement l'antenne excitatrice aux points A et B.

L'antenne 3 est chargée en ses extrémités 10 par un absorbant 11 plaqué sur le circuit support de l'antenne pour absorber l'énergie non rayonnée.

La sortie 4 du guide constitue ainsi une ouverture rayonnante.

Pour améliorer le rendement de l'adaptation de l'aérien, on a interposé à l'entrée du guide et en son centre un disque métallique 12 à une distance

d voisine de $\frac{\lambda_0}{10}$ de l'antenne excitatrice, λ_0 corres-

pondant à la longueur d'onde de la fréquence centrale f_0 de la bande passante de travail de l'aérien.

La figure 5 représente une variante de réalisation selon la figure 4. L'aérien vu en coupe est identique à celui de la figure 4 à la différence près que le guide est rempli d'un matériau diélectrique 13 dont la constante diélectrique est supérieure à 1. Le milieu dans lequel se propagent les ondes est modifié et permet de réduire les dimensions du guide. La forme du diélectrique au droit de l'embouchure est choisie de manière à répondre au diagramme de rayonnement que l'on s'est imposé. Cette forme est également choisie de manière à obtenir un aérodynamisme compatible avec l'implantation de l'aérien. Sur cette figure on a représenté une antenne diélectrique en forme de cône qui est parfaitement compatible avec une implantation sur un avion par exemple.

L'aérien représenté sur la figure 5 a pour avantage de présenter les mêmes caractéristiques que celui qui est représenté sur la figure 4 tout en ayant un encombrement réduit car les dimensions du guide sont réduites. Cette variante présente également l'avantage d'obtenir une protection contre des contraintes extérieures sur le guide et ainsi d'assurer les mêmes fonctions que celles d'un radôme.

En conclusion, l'aérien selon l'invention comporte un dispositif d'excitation de guide d'onde en polarisation circulaire peu encombrant qui permet le passage direct d'un mode de polarisation trans-

verse électromagnétique à un mode de polarisation circulaire et qui lui permet des ondes en polarisation circulaire et large bande. Pour cela, on utilise un élément rayonnant 3 en polarisation circulaire qui excite le guide d'onde en mode circulaire et qui est alimenté par une ligne hyperfréquence 5 dans laquelle le mode de propagation est transverse électromagnétique. De ce fait, la bande passante du dispositif est déterminée par la bande passante de l'antenne excitatrice 3 d'une part et la fréquence de coupure du guide d'autre part. L'ouverture du guide sert d'élément rayonnant et le guide sert de filtre passe-haut. Dans le cas où l'élément rayonnant 3 est une antenne double spirale, on peut utiliser cette antenne comme support de composants micro-électroniques.

Revendications

1. Aérien comportant un guide d'onde (1), une ligne hyperfréquence (5) parcourue par une onde transverse électromagnétique, un élément rayonnant connecté à la ligne hyperfréquence, caractérisé en ce que la ligne hyperfréquence est constituée par un câble coaxial se terminant par une ligne bifilaire, en ce que l'élément rayonnant est constitué par une antenne double spirale (3) placée en amont d'une extrémité du guide à l'arrière de l'ouverture rayonnante du guide, les extrémités de chaque conducteur formant l'antenne spirale étant chargées par un absorbant (11), l'antenne spirale étant alimentée en son centre par les deux autres extrémités des conducteurs qui sont reliées à la ligne bifilaire, un plan réflecteur (6) étant placé à l'arrière de l'antenne double spirale à l'extérieur du guide, de manière à ce que l'aérien ainsi constitué soit apte à rayonner à l'autre extrémité du guide une onde excitant le guide en polarisation circulaire sans perturbation dans le guide en dessous de la fréquence de coupure f_c du guide, l'aérien se comportant comme un filtre passe-haut ayant pour fréquence minimale la fréquence de coupure du guide.

2. Aérien selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'antenne double-spirale (3) a un diamètre D_m correspondant à la zone de rayonnement qui est toujours inférieur au diamètre D du guide quelle que soit la fréquence pour des fréquences supérieures à la fréquence f_c du guide (1).

3. Aérien selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'antenne (3) double-spirale est imprimée sur un substrat.

4. Aérien selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comprend un élément résonateur (12) aux fréquences élevées, placé au centre et en avant de l'antenne excitatrice (3).

5. Aérien selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le guide (1) est rempli de matériau diélectrique (13), sa sortie (4) constituant une ouverture rayonnante.

6. Aérien selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'antenne excitatrice (3) imprimée sur un substrat est le support de composants micro-électroniques.

Claims

1. An antenna array comprising a wave guide (1), a microwave line (5) through which a transverse electromagnetic wave is propagated, and a radiating element connected with the microwave line characterized in that the microwave line is constituted by a coaxial cable ending in a two-wire line, in that the radiating element is constituted by a double spiral antenna (3) placed on the input side of one end of the guide behind the radiation opening of the guide, the ends of each conductor forming the spiral antenna being charged with an absorbing means (11), the spiral antenna being fed at its center via the two other ends of the conductors, which are connected with the two-wire line, a reflecting sheet (6) being placed to the rear of the double spiral antenna to the outside of the guide in such a manner that the antenna array constituted in this way is able to radiate, at the other end of the guide, a wave causing excitation of the guide with circular polarization without disturbance in the guide under the cut-off frequency f_c of the guide, the antenna array behaving as a high pass filter with a minimum frequency equal to the cut-off frequency of the guide.

2. The antenna array as claimed in claim 1, characterized in that the double spiral antenna (3) has a diameter D_m corresponding to the zone of radiation which is always less than the diameter D of the guide whatever the frequency for the frequencies greater than the frequency f_c of the guide (1).

3. The antenna array as claimed in claim 1, characterized in that the double spiral antenna (3) is printed on a substrate.

4. The antenna array as claimed in any one of the claims 1 through 3, characterized in that it comprises a high frequency resonator element (12), placed in the center and in front of the exciting antenna (3).

5. The antenna array as claimed in any one of the claims 1 through 4, characterized in that the guide (1) is charged with a dielectric material (13), its exit (4) constituting a radiating opening.

6. The antenna array as claimed in any one of the claims 1 through 5, characterized in that the exciting antenna (3), printed on a substrate, acts as the support of microelectronic components.

Patentansprüche

1. Antenne, umfassend einen Wellenleiter (1), eine von einer elektromagnetischen Querwelle durchflossene Ultrahochfrequenzleitung (5), ein mit der Ultrahochfrequenzleitung verbundenes Strahlungselement, dadurch gekennzeichnet, daß die Ultrahochfrequenzleitung durch ein in einer Zweidrahtleitung endendes Koaxialkabel gebildet wird, sowie dadurch, daß das Strahlungselement aus einer Doppelspiralantenne (3) besteht, die oberhalb eines Wellenleiterendes hinter der Strahlungsöffnung des Wellenleiters angeordnet ist, wobei die Enden jedes die Spiralantenne bildenden Leiters mit einem Absorptionsmittel (11) belastet sind und die Spiralantenne in ihrem Zentrum von den beiden anderen mit der Zweidrahtleitung verbundenen Leiterenden gespeist wird, wobei eine Reflektorebene (6) hinter der Doppelspiralantenne außerhalb des Wellenleiters angeordnet ist, so daß die so gebildete Antenne dazu geeignet ist, am anderen Wellenleiterende eine den Wellenleiter in Zirkularpolarisation erregende Welle störungslos im Wellenleiter unterhalb der Wellenleiter-Grenzfrequenz f_c auszustrahlen, wobei sich die Antenne wie ein Hochpaßfilter verhält, das als Mindestfrequenz die Grenzfrequenz des Wellenleiters hat.

2. Antenne nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Doppelspiralantenne (3) einen der Strahlungszone entsprechenden Durchmesser D_m hat, der – ungeachtet der Frequenz – stets niedriger als der Durchmesser D des Wellenleiters ist, für Frequenzen, die höher als die Frequenz f_c des Wellenleiters (1) sind.

3. Antenne nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Doppelspiralantenne (3) auf ein Substrat gedruckt ist.

4. Antenne nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß sie ein Hochfrequenz-Resonatorelement (12) umfaßt, das im Zentrum und vor der Erregerantenne (3) angeordnet ist.

5. Antenne nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Wellenleiter (1) mit einem Dielektrikum (13) gefüllt ist, wobei sein Ausgang (4) eine Strahlungsöffnung bildet.

6. Antenne nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die auf ein Substrat gedruckte Erregerantenne (3) Träger von mikroelektrischen Bauteilen ist.

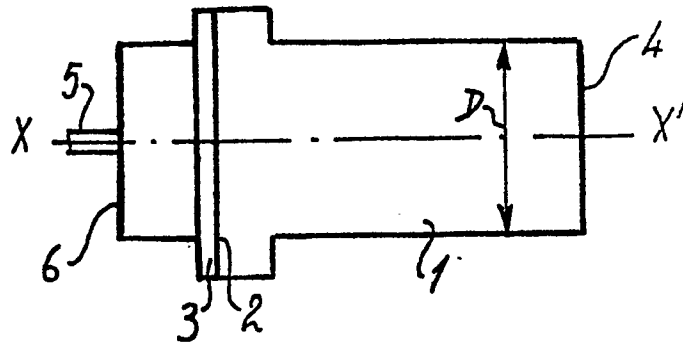
55

60

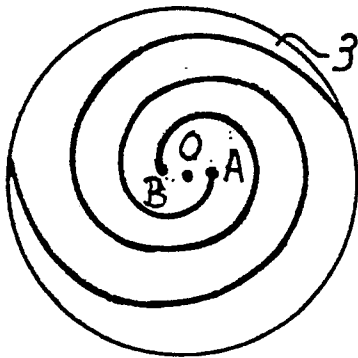
65

5

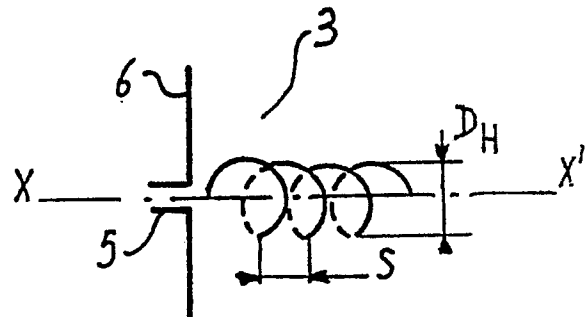
FIG_1



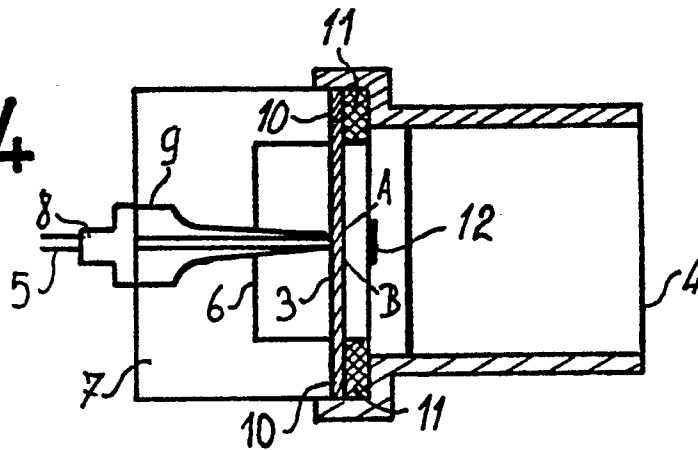
FIG_2



FIG_3



FIG_4



FIG_5

