

(19)



(11)

EP 1 865 575 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
12.12.2007 Bulletin 2007/50

(51) Int Cl.:
H01Q 21/00 (2006.01) H01Q 21/20 (2006.01)
H01P 1/185 (2006.01) H01Q 3/24 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **07109696.0**

(22) Date de dépôt: **06.06.2007**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR
Etats d'extension désignés:
AL BA HR MK YU

(72) Inventeurs:
• **Chekroun, Claude**
91190 Gif sur Yvette (FR)
• **Soiron, Michel**
78450 Chavenay (FR)

(30) Priorité: **06.06.2006 FR 0605005**

(74) Mandataire: **Lucas, Laurent Jacques**
Marks & Clerk France
31-33 Avenue Aristide Briand
94117 Arcueil Cedex (FR)

(71) Demandeur: **THALES**
92200 Neuilly sur Seine (FR)

(54) **Antenne cylindrique a balayage électronique**

(57) La présente invention concerne une antenne cylindrique à balayage électronique.

L'antenne comporte au moins :

- un ensemble de guide rayonnants (2) disposés en cylindre, produisant le faisceau d'antenne (8) ;
- un réseau (3) de coupleurs 3dB en guide d'onde dont les entrées sont éclairées par un ensemble de sources hyperfréquence (4), la sortie d'un coupleur étant couplée

à l'entrée d'un guide rayonnant (2) ;

- un réseau de paires de cellules de déphasage couplées chacune à un coupleur 3dB, une onde entrante issue des sources hyperfréquence (4) étant déphasée selon un déphasage commandable $\Delta\phi$, le décalage angulaire du faisceau d'antenne (8) étant fonction de ce déphasage $\Delta\phi$.

L'invention s'applique par exemple pour équiper des mâts, notamment de navires.

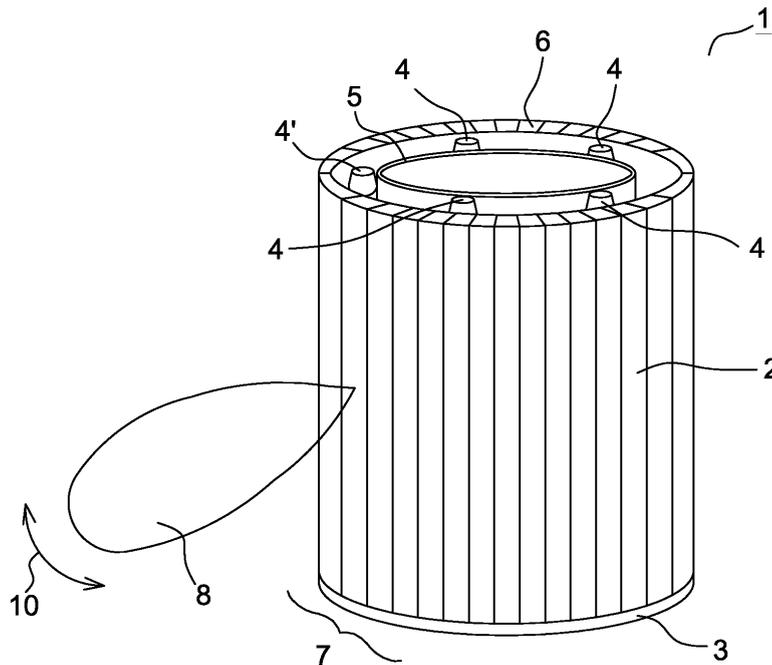


FIG.1

EP 1 865 575 A1

Description

[0001] La présente invention concerne une antenne cylindrique à balayage électronique. Elle s'applique par exemple pour équiper des mâts, notamment de navires.

[0002] Les antennes à balayage électronique, généralement de forme plane, sont peu adaptées pour effectuer des applications panoramiques circulaires, à moins de les équiper d'un dispositif mécanique de rotation. Une autre solution consiste à juxtaposer plusieurs panneaux d'antennes plan pour couvrir les 360°. Ces solutions sont complexes ou coûteuses à mettre en oeuvre. Pour ces raisons notamment, elles ne sont pas ou peu adaptées à des applications, telles que par exemple, des antennes de télécommunication marine installées en haut des mâts.

[0003] Un but de l'invention est notamment de permettre une réalisation simple d'une antenne cylindrique. A cet effet, l'invention a pour objet une antenne cylindrique à balayage électronique comportant au moins :

- un ensemble de guides rayonnants disposés en cylindre, produisant le faisceau d'antenne ;
- un réseau de coupleurs 3dB en guide d'onde dont les entrées sont éclairées par un ensemble de sources hyperfréquence, la sortie d'un coupleur étant couplée à l'entrée d'un guide rayonnant ;
- un réseau de paires de cellules de déphasage couplées chacune à un coupleur 3dB, une onde entrante issue des sources hyperfréquence étant déphasée selon un déphasage commandable $\Delta\varphi$, le décalage angulaire du faisceau d'antenne étant fonction de ce déphasage.

[0004] Avantageusement, les sources hyperfréquence sont disposées sur un pourtour cylindrique à l'intérieur du cylindre formé par l'ensemble des guides rayonnants de façon à ce que chaque source éclaire une partie du réseau de coupleurs, les sources hyperfréquence étant activées successivement. Les sources hyperfréquence sont par exemple des cornets reliés à un dispositif d'aiguillage de lignes hyperfréquence, chaque cornet alimenté par une ligne.

[0005] Avantageusement, le dispositif d'aiguillage est par exemple un dispositif de type SP8T. Ce commutateur peut être réalisé à base de MEMS.

Dans un mode de réalisation, l'onde incidente entrant dans l'entrée d'un coupleur se répartit en deux ondes, ces deux ondes se réfléchissant chacune sur une cellule de déphasage avec des phases identiques et se recomposant en une onde résultante déphasée sortant par la sortie du coupleur juxtaposée à l'entrée.

Les cellules de déphasage comportent par exemple des diodes, le déphasage appliqué étant fonction de l'état des diodes.

Dans un autre mode de réalisation, les cellules de déphasage comportent par exemple des MEMS accordables, le déphasage appliqué étant fonction de l'impédan-

ce des MEMS, cette impédance étant commandable.

Les sources hyperfréquences sont par exemple disposées sur une paroi cylindrique intérieure, les sources éclairant les coupleurs dans l'espace disponible entre la paroi intérieure et les guides rayonnants.

Les guides rayonnants sont par exemple des guides à fente.

[0006] L'invention a notamment pour principaux avantages qu'elle présente de faibles pertes, qu'elle est simple à mettre en oeuvre, qu'elle est compacte et qu'elle est économique.

[0007] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'aide de la description qui suit, faite en regard de dessins annexés qui représentent :

- la figure 1, une antenne cylindrique selon l'invention ;
- la figure 2, un guide rayonnant et son déphaseur associé utilisés dans une antenne selon l'invention ;
- la figure 3, par une vue éclatée un mode de réalisation possible d'un déphaseur utilisé dans une antenne selon l'invention ;
- les figures 4a, 4b et 4c des modes de réalisation possibles du réseau de déphaseurs mis en oeuvre dans une antenne selon l'invention ;
- la figure 5, un mode d'éclairage des déphaseurs par des sources hyperfréquence ;
- la figure 6, une illustration du rayonnement produit par une source hyperfréquence entre les parois intérieure et extérieure d'une antenne selon l'invention ;
- la figure 7, un exemple de réalisation d'un dispositif d'aiguillage d'une onde hyperfréquence entre les différentes sources réparties autour du cylindre formant l'antenne.

[0008] La figure 1 présente l'allure générale d'une antenne 1 selon l'invention. Cette dernière comporte une série de guides rayonnants 2 disposés parallèlement et formant un cylindre. Ces guides rayonnants 2 sont alimentés par un réseau de déphaseurs 3 lui-même illuminé par des sources hyperfréquence 4, 4' réparties circulairement. Le réseau de déphaseurs 3 est disposé à la base du cylindre. Les sources 4 sont par exemple fixées sur un support intérieur 5. Pour répondre à des exigences de rigidité mécanique, les guides sont par exemple fixés sur une armature 6 concentrique de la précédente 5. Un groupement 7 de guides rayonnants 2 contigus produit un faisceau d'antenne 8. Ce faisceau est produit par les guides illuminés par une source hyperfréquence 4', via les déphaseurs du réseau 3, les autres sources 4 étant inactives. Les sources hyperfréquences 4 sont activées successivement de façon à faire tourner le faisceau d'antenne 8. Le mode d'alimentation des sources 4, 4' ainsi que la commande des déphaseurs produisant les mouvements du faisceau d'antenne 8 seront décrits par la suite.

[0009] La figure 2 illustre un guide rayonnant 2 et son déphaseur associé 21. Le guide rayonnant est par exem-

ple un guide résonnant à fentes 22. Le déphaseur comporte une entrée 27 et une sortie 28. L'entrée 27 reçoit l'onde 23 émise par une source hyperfréquence 4. Cette entrée 27 est donc disposée en regard de cette source 4. La sortie 28 du déphaseur est disposée en regard du guide rayonnant 2. L'onde 24 sortant du déphaseur, et déphasée, pénètre dans le guide à fentes pour rayonner de façon connue. Les fentes du guide 2 peuvent être disposées sur son petit côté ou sur son grand côté, les fentes étant orientées vers l'extérieur du cylindre. A son extrémité opposée au déphaseur 21, le guide peut être fermé sur un court-circuit hyperfréquence, dans ce cas il fonctionne en résonance. Le guide 2 participe à la formation du faisceau d'antenne 8 lorsque son déphaseur associé 21 est illuminé par une source 4. Comme il a été indiqué précédemment, la rotation du faisceau autour du cylindre se fait en activant successivement les sources hyperfréquence 4. Cela forme par exemple un balayage en azimut.

Pour effectuer un dépointage en site 29, il est possible de jouer sur la fréquence d'émission. Dans ce cas, les guides en mode résonnant sont remplacés par des guides en mode progressif. Dans ce cas, un guide est alors fermé sur une charge hyperfréquence. Un décalage de 1% dans la bande de fréquence par exemple, peut ainsi induire un décalage de l'ordre de 1 degré.

[0010] La figure 3 détaille par une vue éclatée un mode de réalisation possible du déphaseur 21 de la figure 2. Ce déphaseur est composé d'un coupleur 3db en guide d'onde 34 et d'une paire de cellules de déphasage 35, 36. Le coupleur 3dB est associé à la paire de cellules de déphasage fonctionnant en réflexion, la sortie du coupleur étant disposée en regard des cellules de déphasage. En particulier l'onde incidente E issue d'une source hyperfréquence 4, passant par l'entrée 27 du coupleur 34, se répartit en deux ondes incidentes E1, E2 vers les deux cellules de déphasage 35, 36. Ces deux cellules réfléchissent ces ondes incidentes avec des déphasages identiques. Les ondes réfléchies S1, S2 entrent dans le coupleur 34 pour se recomposer entre elles. L'onde résultante S émerge alors de la sortie 28 du coupleur, juxtaposée à l'entrée 27, avec un déphasage $\Delta\phi$ par rapport à l'onde incidente E. L'onde résultante de sortie S pénètre dans le guide à fente 2. De façon connue, une valeur du déphasage $\Delta\phi$ appliqué sur l'onde incidente et réfléchi dans le guide d'onde 2 crée un décalage angulaire donné du faisceau d'antenne 8. Ce décalage est effectué dans un plan perpendiculaire à l'axe 20 des guides d'onde, donc par exemple en azimut. Le balayage électronique 10 du faisceau d'antenne 8 est effectué de façon connue en faisant varier le déphasage $\Delta\phi$. Ce balayage électronique 10 se superpose à la rotation du faisceau d'antenne 8 autour du cylindre formant l'antenne.

[0011] Les figures 4a et 4b illustrent un mode de réalisation possible du réseau de déphaseurs 3, la figure 4b étant une vue partielle de la figure 4a. Plus particulièrement ces figures présente un mode de réalisation du réseau formé par les cellules de déphasage 35, 36 des

déphaseurs 21. Ces cellules sont par exemple implantées sur un circuit imprimé circulaire 41 ayant une largeur donnée Lc. Deux cellules 35, 36 affectées à un même déphaseur sont contiguës et disposées radialement. Deux paires de cellules sont séparées radialement par une zone 42. Cette zone est par exemple une piste conductrice imprimée. Sa largeur, non constante, correspond sensiblement à la largeur des parois d'un coupleur 3dB. Les coupleurs 3dB sont par exemple soudés sur ces zones 42. Le circuit imprimé 41 est par exemple fixé sur une structure mécanique non représentée, de forme circulaire. Cette structure supporte aussi par exemple la paroi intérieure 5.

Chaque cellule de déphasage 35, 36 comporte un circuit hyperfréquence et un plan conducteur sensiblement parallèle au circuit hyperfréquence. Le circuit hyperfréquence et le plan conducteur peuvent être avantageusement réalisés dans le circuit imprimé 41 qui est alors de type multicouche. Le plan conducteur a notamment pour fonction de réfléchir les ondes E1, E2 décrites précédemment, puis le circuit hyperfréquence réalise le déphasage.

Les cellules de déphasage 35, 36 sont par exemple réalisées à l'aide de diodes comme décrit dans la demande de brevet français publiée sous le numéro 2 807 213. Dans ce cas, le déphasage $\Delta\phi$ appliqué dépend de l'état des diodes.

Les déphasages peuvent aussi être réalisés par des inductances ou des capacités variables. A cet effet, il est possible d'utiliser des circuits MEMS accordables. Les circuits en technologies MEMS (systèmes micro-électromécaniques) conjuguent la micro-électronique des semi-conducteurs et la technologie du micro-usinage, permettent la réalisation de systèmes sur une puce. Ainsi, dans le cadre de l'invention il est possible d'utiliser des circuits MEMS accordables tels que décrit par exemple dans l'article de C.M. Tasseti, G. Bazin-Lisorgues, J.P. Gilles, P. Nicole, "New Tunable MEMS Inductors Design for RF and Microwave Applications", Conférence MEMSWAVE' 2003, 2 - 4 Juillet 2003, Toulouse, France. Dans ce cas le circuit hyperfréquence des cellules de déphasage 35, 36 comporte donc les MEMS précités. Le déphasage appliqué dépend alors de l'impédance présentée par ces MEMS, cette impédance, inductive ou capacitive, étant commandable.

Un avantage par rapport à des déphaseurs à diodes est d'obtenir un pas plus fin au niveau des déphasages $\Delta\phi$ appliqués aux ondes incidentes. Avec des déphaseurs à diodes, il est possible d'atteindre une commande sur 4 bits, soit un pas de $1/2^4 = 1/16$. Des cellules à déphasage à base de MEMS accordables permettent d'obtenir une commande équivalente à 6 bits par exemple, soit un pas de $1/2^6 = 1/64$. Une diminution du pas de phase $\Delta\phi$ permet notamment de diminuer les rayonnements parasites. Les circuits de commande des cellules de déphasage ne sont pas représentés sur les figures 4a et 4b. Ces circuits peuvent être par exemple implantés sur la face arrière du circuit imprimé supportant

les cellules de déphasage. Ce circuit imprimé peut être avantageusement du type multicouche pour permettre le passage de liaisons électriques entre les cellules de déphasage et leurs circuits de commande.

[0012] La figure 4c illustre un mode de réalisation possible de l'ensemble des coupleurs 3dB 21 qui viennent se coupler au circuit imprimé 41. Ces coupleurs 21 couplés chacun à une paire de cellules déphasage 35, 36 peuvent former une seule pièce 45 circulaire. Cette pièce est alors rapportée sur le circuit imprimé 41. Les guides 34 constituant les coupleurs sont par exemple usinés dans une même pièce métallique. Les guides d'onde rayonnant 2 sont ensuite disposés en regard des guides d'onde formant les sorties des coupleurs 3dB.

[0013] La figure 5 illustre le mode d'éclairage des déphaseurs par les sources hyperfréquence 4. Plus particulièrement, la figure 5 illustre l'éclairage des entrées 27 des déphaseurs par une source 4. Cette source comporte par exemple un cornet 51. Ce cornet est lui-même alimenté par une onde hyperfréquence. Il s'agit de l'onde hyperfréquence à émettre, elle-même préalablement amplifiée. Le cornet 51 rayonne cette onde vers les déphaseurs. Le rayonnement 52 produit par la source 4 éclaire les déphaseurs 21 sur une longueur C, cette longueur étant circulaire comme l'illustre la représentation de cette longueur sur la figure 4a. La source hyperfréquence voisine de la source 4 représentée sur la figure 5 produit un rayonnement qui éclaire les déphaseurs sur une longueur C1. Cette longueur chevauche la longueur C précédente comme l'illustre la figure 4a.

[0014] La figure 6 illustre par une vue en perspective le rayonnement de la figure 5. La source 4 fixée en haut de la paroi interne 5 éclaire l'espace libre entre la paroi cylindrique interne 5 et la paroi formée des faces non rayonnantes des guides d'onde 2. Plus particulièrement, la source 4 éclaire les entrées 27 des déphaseurs 21. Les ondes émises par la source 4 entrent donc dans les déphaseurs 21, sont déphasées puis pénètrent dans les guides d'onde 2 dont les entrées sont reliées aux sorties 28 des déphaseurs.

Les sources hyperfréquence 4, notamment les cornets 51, sont par exemple reliées à un aiguilleur hyperfréquence. Cet aiguilleur comporte une entrée qui reçoit l'onde à émettre et plusieurs sorties reliées chacune à un cornet.

[0015] La figure 7 illustre un exemple de dispositif d'aiguillage hyperfréquence qui peut avantageusement être utilisé. Ce dispositif d'aiguillage est par exemple un commutateur 71 du type SP8T comportant une entrée et huit sorties. Ce commutateur de type SP8T peut être réalisé à base de diodes PIN ou à base de MEMS. Le commutateur 71 comporte une entrée 72 et huit sorties 73. L'entrée 72 et les sorties 73 sont par exemple adaptées pour se connecter à des lignes hyperfréquence de type coaxial. Une telle ligne relie chaque cornet 51 au commutateur 71.

L'onde entrante dans le commutateur est ainsi successivement commutée vers les différentes sorties. De la

sorte, les cornets disposés tout autour du cylindre intérieur sont successivement alimentés comme décrit précédemment.

[0016] Le cylindre formant une antenne selon l'invention peut avoir une base formant un cercle comme illustré par les figures. Il peut néanmoins avoir une base ne formant pas un cercle. Dans ce cas, les formes des réseaux de cellules de déphasages, notamment le circuit imprimé 41, et des réseaux de coupleurs sont adaptés.

Une antenne selon l'invention, de forme cylindrique, peut facilement s'intégrer au mât d'un navire par exemple, l'antenne étant alors disposée autour du mât.

Un autre avantage d'une antenne selon l'invention est notamment la simplicité technologique. Les différents modes de réalisation illustrés par les figures ont montré la simplicité technologique ainsi que les types de composants utilisés.

Cette antenne présente aussi de faibles pertes en raison des composants utilisés qui introduisent eux-mêmes peu de pertes.

En ce qui concerne les dimensions, la longueur des guides rayonnants 2 peut être de l'ordre de 30 centimètres par exemple et le diamètre du cylindre peut être de l'ordre d'un mètre. Il en résulte une antenne relativement compacte et peu encombrante.

Revendications

1. Antenne cylindrique à balayage électronique, **caractérisée en ce qu'elle** comporte au moins :

- un ensemble de guide rayonnants (2) disposés en cylindre, produisant le faisceau d'antenne (8) ;

- un réseau de coupleurs 3dB en guide d'onde (21) dont les entrées (27) sont éclairées par un ensemble de sources hyperfréquence (4), la sortie (28) d'un coupleur étant couplée à l'entrée d'un guide rayonnant (2) ;

- un réseau de paires de cellules de déphasage (35, 36) couplées chacune à un coupleur 3dB, une onde entrante (E) issue des sources hyperfréquence (4) étant déphasée selon un déphasage commandable ($\Delta\phi$), le décalage angulaire du faisceau d'antenne (8) étant fonction de ce déphasage ($\Delta\phi$).

2. Antenne selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** les sources hyperfréquence (4) sont disposées sur un pourtour cylindrique (5) à l'intérieur du cylindre formé par l'ensemble des guides rayonnants (2) de façon à ce que chaque source (4) éclaire une partie (7, C) du réseau de coupleurs (21), les sources hyperfréquence (4) étant activées successivement.

3. Antenne selon la revendication 2, **caractérisée en**

ce que les sources hyperfréquence (4) sont des cornets (51) reliés à un dispositif d'aiguillage de lignes hyperfréquence, chaque cornet alimenté par une ligne.

- 5
4. Antenne selon la revendication 3, **caractérisée en ce que** le dispositif d'aiguillage est un dispositif de type SP8T. 5
5. Antenne selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** le commutateur est réalisé à base de MEMS. 10
6. Antenne selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** l'onde incidente (E) entrant dans l'entrée (27) d'un coupleur (21) se répartit en deux ondes (E1, E2), ces deux ondes se réfléchissant chacune sur une cellule de déphasage (35, 36) avec des phases identiques et se recomposant en une onde résultante (S) déphasée sortant par la sortie (28) du coupleur juxtaposée à l'entrée (27). 15
20
7. Antenne selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** les cellules de déphasage comportent des diodes, le déphasage appliqué étant fonction de l'état des diodes. 25
8. Antenne selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** les cellules de déphasage comportent des MEMS accordables, le déphasage appliqué étant fonction de l'impédance des MEMS, cette impédance étant commandable. 30
9. Antenne selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les sources hyperfréquences (4) sont disposées sur une paroi cylindrique intérieure (5), les sources éclairant le coupleur (21) dans l'espace disponible entre la paroi intérieure (5) et les guides rayonnants (2). 35
40
10. Antenne selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les guides rayonnants (2) sont des guides à fente. 45

45

50

55

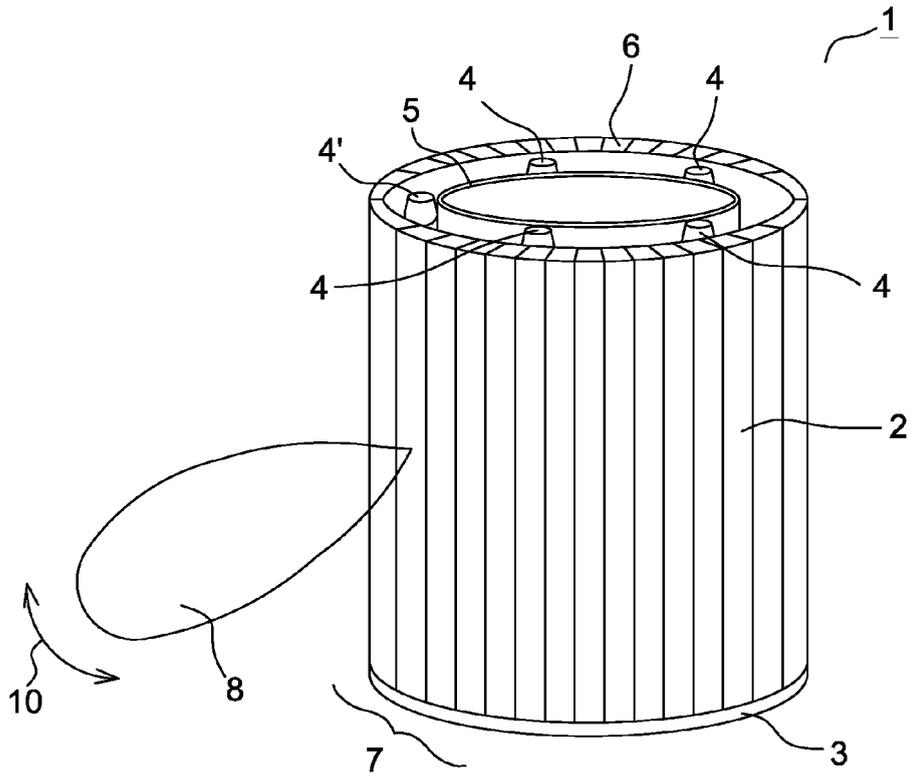


FIG.1

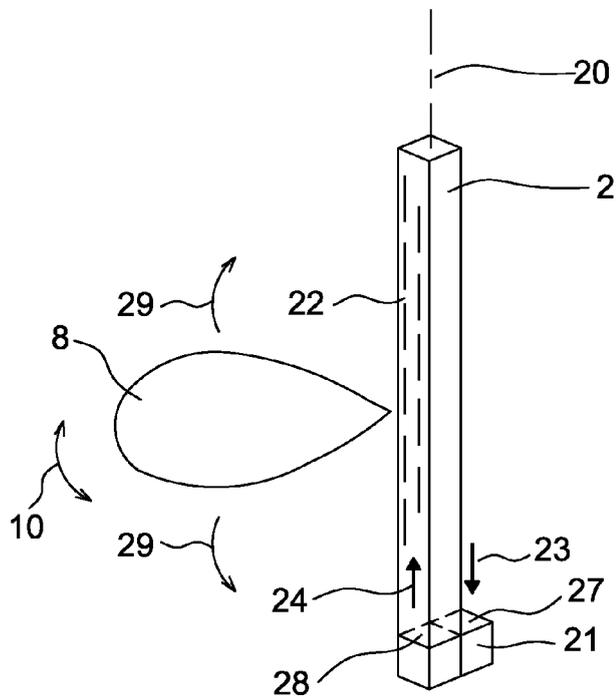


FIG.2

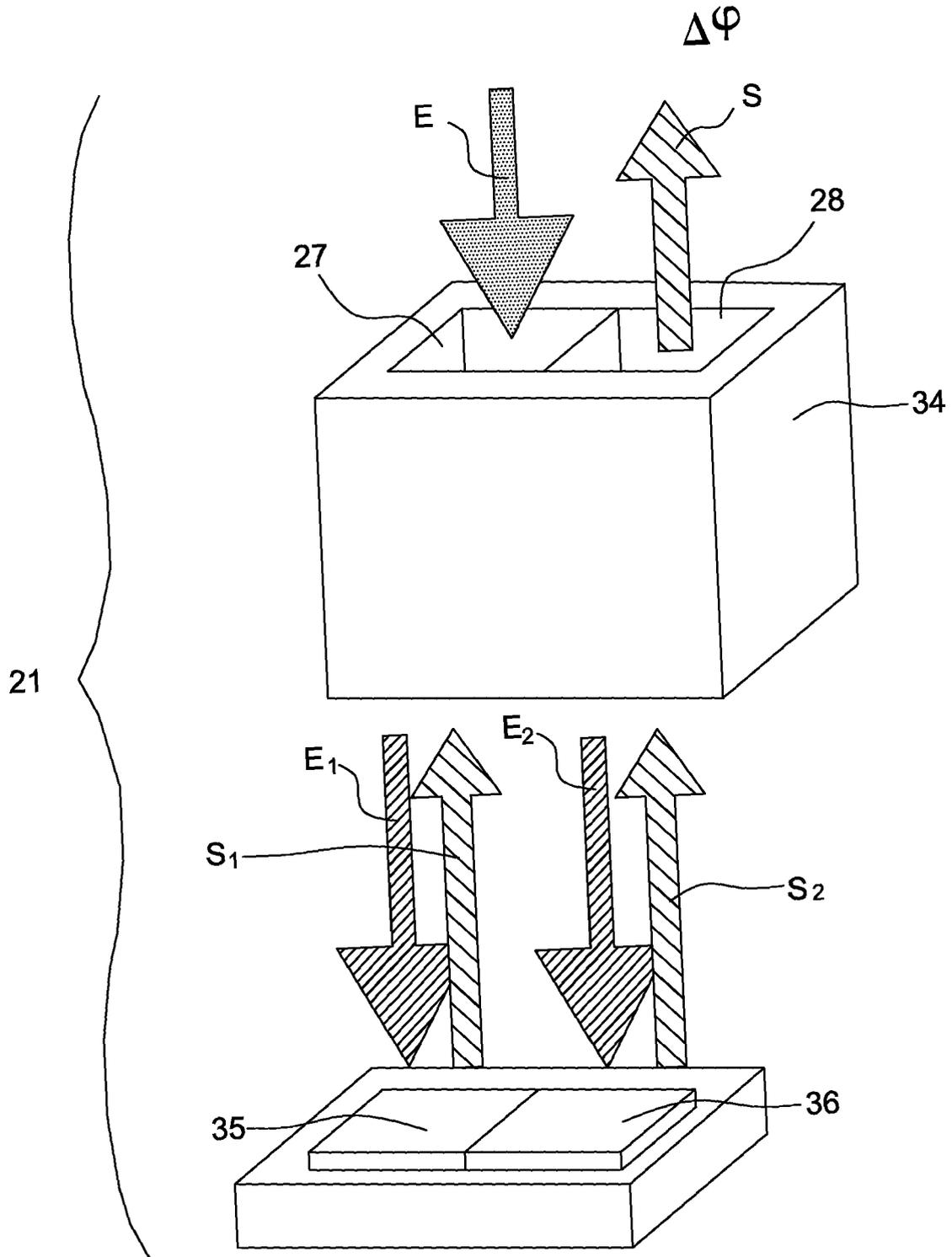


FIG.3

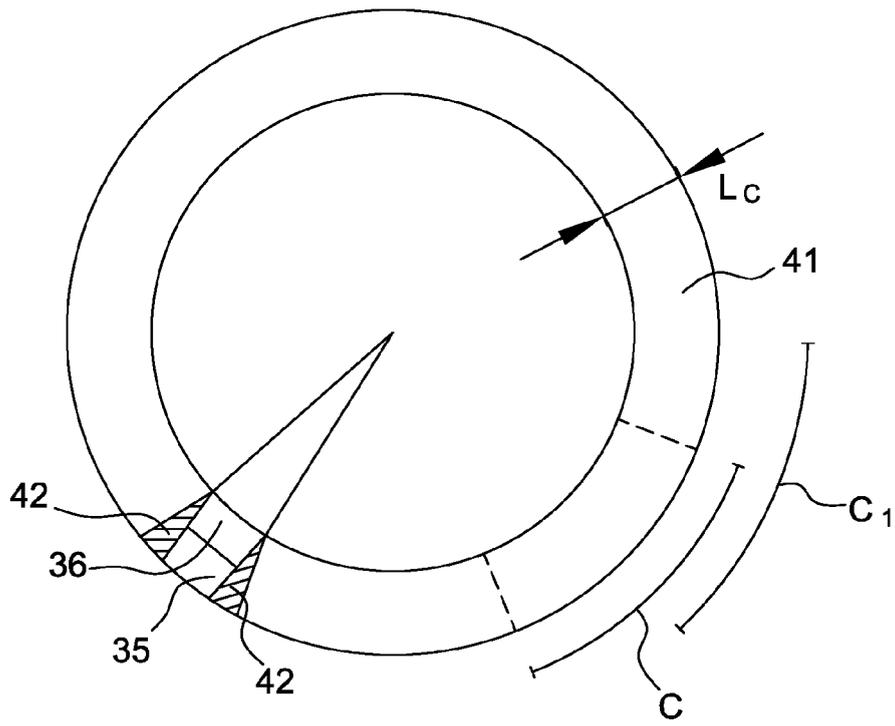


FIG. 4a

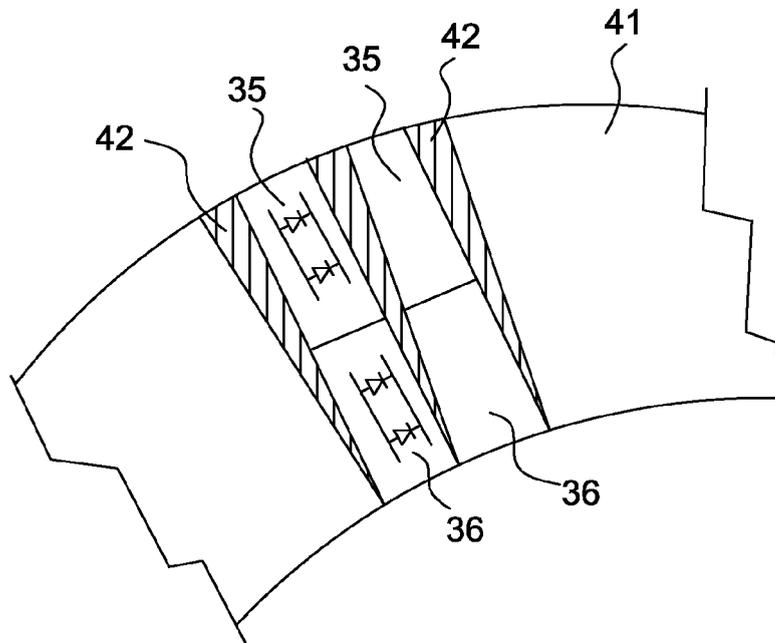


FIG. 4b

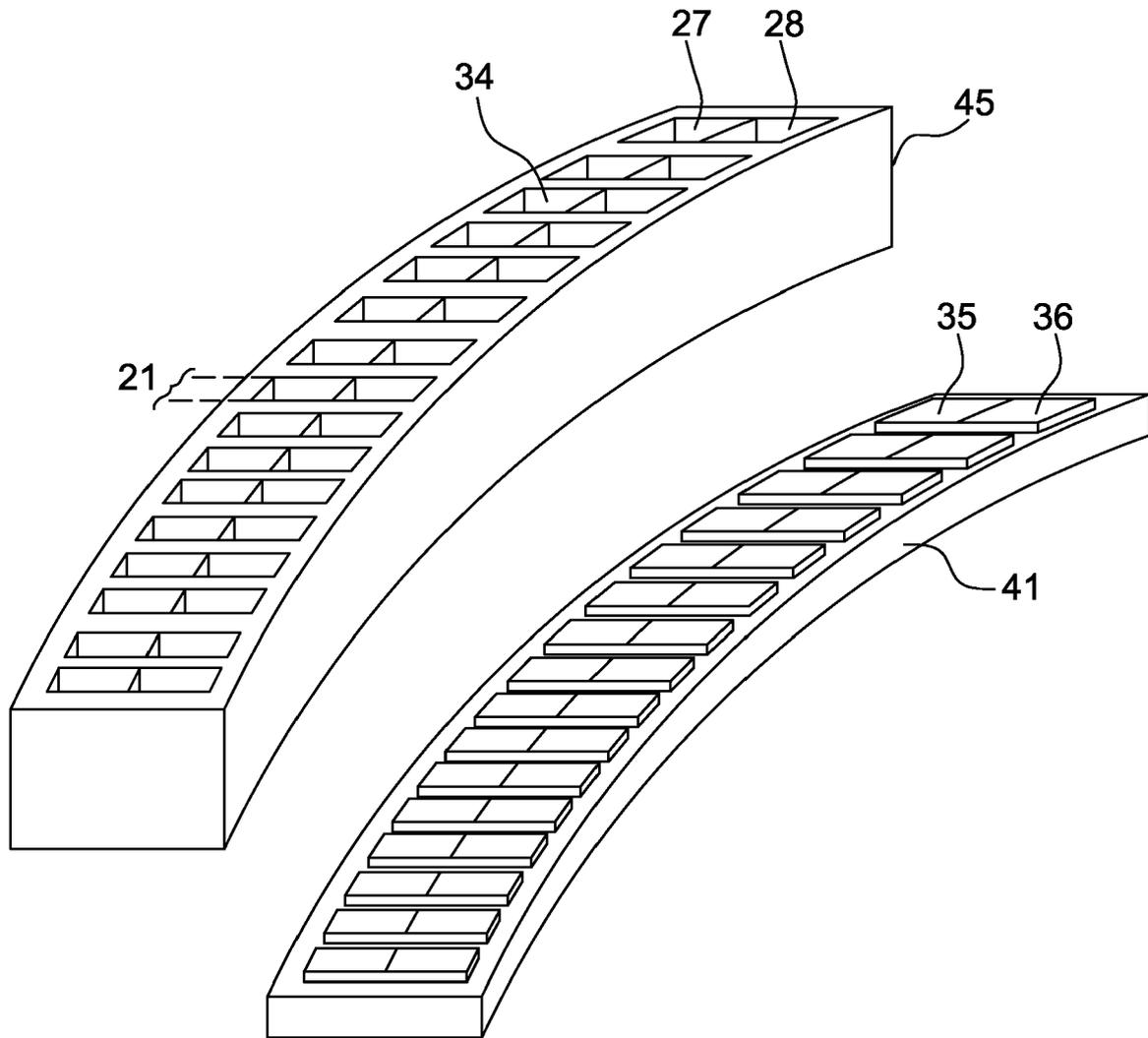


FIG.4c

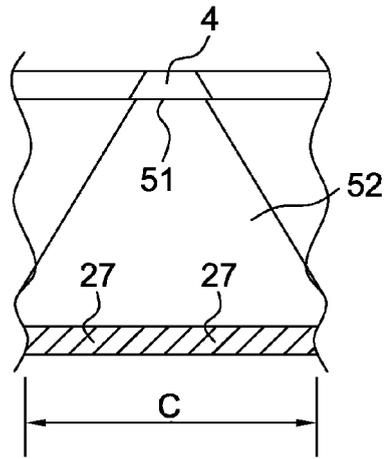


FIG. 5

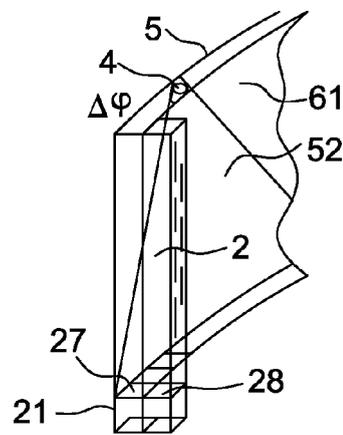


FIG. 6

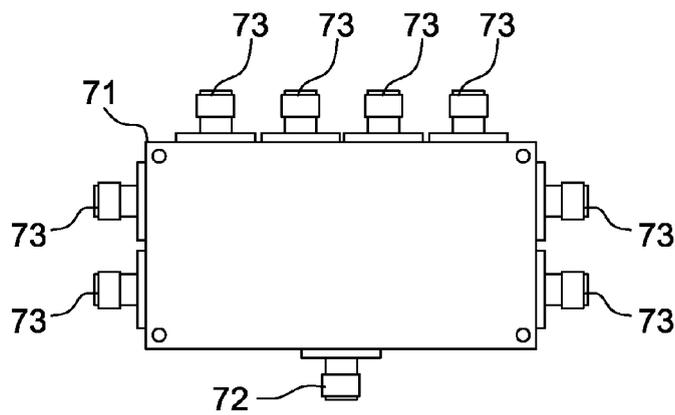


FIG. 7



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
Y	EP 1 139 484 A (THALES [FR]) 4 octobre 2001 (2001-10-04) * alinéa [0040] - alinéa [0045]; figures 1,2A,2B,6-8 *	1,2,6-10	INV. H01Q21/00 H01Q21/20 H01P1/185 H01Q3/24
Y	US 4 247 858 A (EICHWEBER KURT) 27 janvier 1981 (1981-01-27) * colonne 5, ligne 10 - colonne 6, ligne 38; figures 1-4 *	1,2,6-10	
A	US 4 458 250 A (BODNAR DONALD G [US] ET AL) 3 juillet 1984 (1984-07-03) * colonne 2, ligne 43 - colonne 3, ligne 44; figures 1-3 *	1	
A	US 2 807 018 A (WOODWARD JR OAKLEY M) 17 septembre 1957 (1957-09-17) * colonne 2, ligne 51 - ligne 70; figure 1 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			H01Q H01P
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 18 septembre 2007	Examineur LA CASTA MUNOA, S
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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			

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

EP 07 10 9696

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.

18-09-2007

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1139484	A	04-10-2001	FR 2807213 A1	05-10-2001
			US 6429822 B1	06-08-2002

US 4247858	A	27-01-1981	AUCUN	

US 4458250	A	03-07-1984	AUCUN	

US 2807018	A	17-09-1957	AUCUN	

EPC FORM P0460

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

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Littérature non-brevet citée dans la description

- **C.M. TASSETI ; G. BAZIN-LISSORGUES ; J.P. GILLES ; P. NICOLE.** New Tunable MEMS Inductors Design for RF and Microwave Applications. *Conférence MEMSWAVE' 2003*, 02 Juillet 2003 [0011]