

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Numéro de publication: **0 524 622 A1**

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: **92112576.1**

(51) Int. Cl.⁵: **H01Q 21/08, H01Q 21/22**

(22) Date de dépôt: **23.07.92**

(30) Priorité: **26.07.91 FR 9109506**

(43) Date de publication de la demande:
27.01.93 Bulletin 93/04

(84) Etats contractants désignés:
DE ES FR GB IT SE

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

(72) Inventeur: **Caille, Gérard**
7, rue de Vérasque
F-31170 Tournefeuille(FR)
Inventeur: **Magnin, Frédéric**
14, Port de l'Embouchure
F-31000 Toulouse(FR)

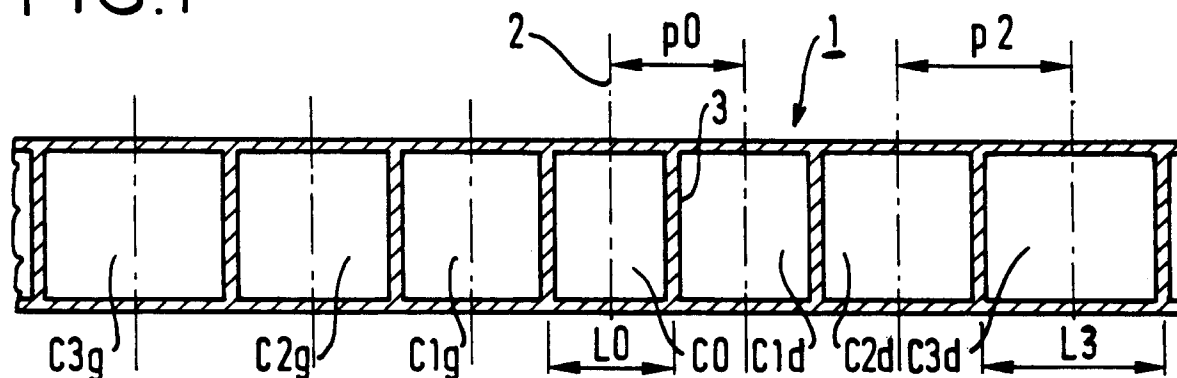
(74) Mandataire: **Weinmiller, Jürgen**
Lennéstrasse 9 Postfach 24
W-8133 Feldafing(DE)

(54) **Antenne-réseau pour ondes hyperfréquences.**

(57) La largeur ($l_0, \dots, l_3, \dots$) des sources ($C_0, \dots, C_{3d}, C_{3g}, \dots$) de ce réseau augmente progressivement du centre du réseau (2) vers ses extrémités.

Par ailleurs, ces sources sont disposées, les unes par rapport aux autres, de façon que ce réseau ne présente pas de trous d'illumination.

FIG.1



La présente invention se rapporte à une antenne-réseau pour ondes hyperfréquences, ce réseau étant par exemple, mais non limitativement, un réseau linéaire destiné à être placé selon la ligne focale d'un réflecteur cylindro-parabolique.

Les antennes-réseau sont conçues en vue de l'obtention de diagrammes adaptatifs à partir d'une kyrielle de sources élémentaires telles que : cornets, hélices, dipôles, "patches" (petits motifs conducteurs ou "pavés", par exemple de forme rectangulaire, et gravés sur un substrat), etc...

En associant à chacune de ces sources élémentaires un déphaseur commandable, ou réalise une antenne à balayage électronique dont le faisceau peut "dépointer" (c'est à dire : balayer) très rapidement.

L'antenne réseau la plus simple est l'antenne réseau linéaire classique qui comporte, sur une même ligne, un plus ou moins grand nombre de sources élémentaires identiques et espacées d'un pas régulier, le pas étant la distance du centre d'une source à celui de la source adjacente.

En réalisant un réseau de façon simulacre, mais selon deux dimensions orthogonales au lieu d'une seule, on obtient un "réseau plan", souvent de contour rectangulaire, éventuellement avec des coins tronqués.

De manière semblable, et à condition d'adopter une maille hexagonale, on peut réaliser un réseau de révolution dans un plan.

L'inconvénient de toutes ces antennes-réseau à pas régulier réside dans le fait que, pour une antenne de grandes dimensions, le nombre de sources élémentaires à prévoir peut devenir très élevé, de sorte que ce genre d'antenne est souvent d'un prix de revient prohibitif.

Pour diminuer le nombre de sources élémentaires, certains auteurs ont pensé à la création de réseaux dits "raréfiés" ou "lacunaires", par suppression de certaines sources soit de façon aléatoire, soit selon une loi déterministe établie mathématiquement en fonction de la théorie des antennes, le nombre de sources enlevé augmentant vers les bords de l'antenne-réseau. Dans toutes ces formes de réalisation, les sources élémentaires constitutives du réseau restent identiques entre elles.

Cette raréfaction permet de diminuer le nombre de sources élémentaires sans détériorer la forme du lobe principal ni faire apparaître dans le diagramme de rayonnement de l'antenne des "lobes de réseau", c'est à dire des pics dans des directions non désirées. Elle entraîne malheureusement une importante baisse du gain de l'antenne, qui chute de $10 \log R$, R désignant la proportion de sources restantes : si l'on enlève la moitié des sources élémentaires, on perd 3dB sur le gain total de l'antenne.

Dans de nombreuses applications, une telle

perte de gain est prohibitive :

- . pour une antenne d'émission de télécommunications, il faudrait, pour garder le même bilan de liaison, doubler la puissance émise, ce qui est rarement possible;
- . pour une antenne radar, pour laquelle le gain intervient à la fois en émission et en réception, il faudrait alors quadrupler cette puissance émise.

L'invention vise à remédier à ces inconvénients. Elle se rapporte à cet effet à une antenne réseau composée d'une kyrielle de sources élémentaires analogues, ce réseau se caractérisant par le fait que ces sources élémentaires sont d'une largeur qui globalement va en augmentant progressivement du centre du réseau vers ses extrémités, et sont disposées les unes par rapport aux autres de façon qu'il n'y ait pratiquement pas de création de trous d'illumination dans ce réseau.

Préférentiellement, cet élargissement progressif des dimensions des sources suit une loi de variation en progression géométrique.

De toute façon, l'invention sera bien comprise, et ses avantages et autres caractéristiques ressortiront, lors de la description suivante de quelques exemples non-limitatifs de réalisation, en référence au dessin schématique annexé dans lequel:

- . Figure 1 est une vue de face de la partie centrale d'un réseau linéaire conforme à l'invention et composé d'une kyrielle de cornets, ce réseau étant par exemple destiné à être placé selon la ligne focale d'un réflecteur cylindro-parabolique;
- . Figure 2 est un schéma synoptique du circuit d'émission-réception à balayage électronique de faisceau qui peut être associé au réseau selon la figure 1;
- . Figure 3 est une vue en plan simplifiée d'une réalisation semblable à celle selon Figure 1, mais réalisée à l'aide de pavés résonnants ou "patches"; et
- . Figure 4 est une variante de la réalisation selon Figure 3.

En se reportant aux figures 1 et 2, il s'agit d'un réseau linéaire 1 composé d'une kyrielle de cornets rayonnants adjacents, dont un cornet central Co encadré de part et d'autre par deux séries, identiques et symétriques par rapport à l'axe central 2 du cornet Co et donc du réseau 1, de cornets :

- . une première série de cornets C1d, C2d, C3d, ..., à droite (sur le dessin) de ce cornet central Co; et
- . une deuxième série de cornets C1g, C2g, C3g, ..., à gauche de ce cornet central Co.

Afin qu'il n'y ait pas de trous d'illumination dans le diagramme de rayonnement de ce réseau

1 il n'est pratiquement pas prévu d'espace effectif de séparation entre deux cornets adjacents, ceux-ci étant de ce fait séparés l'un de l'autre par une paroi commune, telle que la paroi référencée 3 sur le dessin et réalisant la jonction entre le cornet Co et le cornet C1d.

Par ailleurs, ces cornets ne sont pas identiques, et leurs largeur 1, et par la suite le pas p qui sépare les axes respectifs de deux cornets adjacents, croît progressivement, de part et d'autre du cornet central Co et de même façon à droite comme à gauche de ce dernier, au fur et à mesure que l'on s'éloigne de ce cornet central Co en direction des extrémités, droite et gauche respectivement, de ce réseau 1.

La loi de variation en largeur des cornets est préférentiellement une loi en progression géométrique, par exemple de la forme :

$$l_n = l_0 (1 + k)^{n-1}$$

où k est un facteur d'accroissement constant, par exemple égal à 0,1, l_0 la largeur du cornet central Co, et l_n la largeur du cornet de rang n, Cnd ou Cng.

Bien entendu, en particulier dans le cas de l'antenne réseau 1 représentée où toutes les sources se touchent, le pas p_n est défini à partir du pas p_0 par la même relation.

Le réseau d'antenne selon Figure 1 peut, à titre d'exemple, être prévu pour être placé selon la ligne focale d'un réflecteur classique cylindro-parabolique (non-représenté), afin de faire balayer par une telle antenne un lobe fin dans le plan déterminé par le réseau et la ligne des sommets des sections paraboliques.

Le schéma synoptique du bloc électronique associé au réseau 1 est représenté en Figure 2.

Ce schéma est à priori de structure assez classique. Il comporte un émetteur-récepteur hyperfréquences (4) qui est couplé, via une liaison bidirectionnelle 5, à un répartiteur 6 ayant pour rôle d'effectuer une distribution uniforme de l'énergie émise, ou reçue, sur ses différentes voies de sortie, ou d'entrée, référencées $V_0, V1d, V1g, V2d, V2g, V3d, V3g, \dots$, et alimentant respectivement les cornets Co, C1d, C1g, C2d, C2g, C3d, C3g, ...

Sur chacune desdites voies, on trouve successivement :

- . un déphaseur respectif $D_0, \dots, D3d, D3g, \dots$, recevant sur sa borne de commande $B_0, \dots, B3d, B3g, \dots$, un signal de commande de déphasage provenant d'un pointeur lui-même piloté par un calculateur central (non représentés), ce dernier élaborant classiquement la loi de phase en fonction du pointage souhaité;
- . puis, entre ce déphaseur et le cornet associé,

un amplificateur de puissance hyper-fréquences, respectivement $HPA_0, \dots, HPA3d, HPA3g, \dots$

Dans les réseaux réguliers de l'art antérieur, il était nécessaire de prévoir, en aval des cornets ou autres sources élémentaires, des amplificateurs hyperfréquences dont le gain était décroissant au fur et à mesure que l'on s'écartait du cornet central, car le diagramme de rayonnement souhaité pour ce genre d'antenne nécessite que la densité de puissance émise diminue progressivement au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre du réseau.

Avec le réseau conforme à l'invention, cette condition de variation de puissance est réalisée par construction, puisque le pas du réseau s'agrandit progressivement au fur et à mesure que l'on s'éloigne du cornet central Co.

En conséquence, il n'est plus besoin d'avoir des amplificateurs de puissance $HPA_0, \dots, HPA3d, HPA3g, \dots$, dont le gain varie de l'un à l'autre, et ces amplificateurs sont, selon une caractéristique avantageuse de l'invention, tous identiques et de même puissance.

Cette puissance correspond très avantageusement à la puissance maximale et optimale pour laquelle ces amplificateurs sont calculés. La puissance totale est donc maximisée, et le rendement énergétique est optimisé du fait que chaque amplificateur fonctionne au rendement maximal pour lequel il est construit.

Le cornet central Co a la même largeur, par exemple 2 cm environ, que celui d'un réseau régulier de l'art antérieur.

Avantageusement, afin de ne pas trop augmenter le nombre de types de cornets, l'accroissement progressif de leur largeur sera effectué par groupes de cornets. Par exemple, cinq cornets successifs, à droite comme à gauche, auront à chaque fois la même largeur, les cinq suivants étant tous identiques et un peu plus larges, etc...

La demanderesse a pu ainsi diviser par deux le nombre de cornets nécessaire pour un réseau linéaire de près de 6 mètres devant balayer un faisceau allongé d'environ 6 degrés de part et d'autre de sa normale. Pour une qualité comparable du diagramme de rayonnement, la baisse de gain n'a été que de l'ordre de 0,35 à 0,4 dB.

Un exemple de réalisation d'un réseau d'antenne du même type, mais constitué à base de pavés résonnants, ou "patches", est représenté très schématiquement en Figure 3, où les dénominations Co, C1d, C1g, C2d, C2g, ..., pour les sources élémentaires ont été respectivement remplacées par Po, P1d, P1g, P2g, ..., désignant les patches de remplacement des cornets précédents.

Chacun de ces patches est relié à son bloc amplificateur et déphaseur correspondant par une

ligne respective $Lo, L1d, L1g, L2d, L2g, \dots$

Conformément à l'invention, les dimensions, c'est à dire en fait les largeurs non-résonnantes $lo, l1d, l1g, l2d, l2g, \dots$, de ces patchs, augmentent progressivement du centre Po du réseau vers ses deux extrémités, selon par exemple la loi géométrique précédemment définie, et donc telle que :

$$l_n/l_{n-1} = 1 + k$$

Par ailleurs, de façon que, toujours conformément à l'invention, il n'y ait aucun trou d'illumination dans ce réseau, tous les patchs sont séparés l'un de l'autre d'une même distance d entre bords adjacents qui est égale à la demi-longueur d'ondes guidée, cette condition étant, comme il est bien connu dans cette technique, la condition nécessaire pour éviter de tels trous d'illumination.

Enfin la figure 4 montre une variante plus économique du réseau selon figure 3, où l'on utilise des patchs tous identiques au patch central Po , mais groupés, par branchements électriques, selon plusieurs patchs successifs pour chaque groupe, le nombre de patchs par groupe $G1d, G1g, \dots$, augmentant progressivement au fur et à mesure que l'on s'éloigne du patch central Po .

Dans cet exemple de réalisation, où bien-entendu chaque patch est comme précédemment séparé du patch voisin par une distance bord-à-bord d égale à la demi-longueur d'ondes guidée, les deux premiers groupes de patchs $G1d$ et $G1g$, qui sont situés de part et d'autre du patch central unique Po , comportent chacun trois patchs dont les alimentations sont réunies en un point commun, 7 et 8 respectivement, ce qui définit des largeurs respectives $l1d$ et $l1g$. Les deux groupes suivants $G2d$ et $G2g$ (non représentés) comportent chacun cinq patchs, les deux groupes suivants sept patchs, et ainsi de suite.

Comme il va de soi, l'invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation qui précèdent. Elle s'applique de même façon à la réalisation de réseaux plans à deux dimensions : dans un tel cas, la dimension des sources s'accroît du centre du réseau vers ses bords, aussi bien le long de l'axe des abscisses que le long de l'axe des ordonnées. Dans le cas de réseau à une structure plane de révolution, l'accroissement progressif des dimensions des sources s'effectue, de façon similaire, du centre vers la périphérie de cette structure.

Dans le cas d'une antenne comprenant un réseau conformé sur une surface de révolution de profil quelconque (cylindrique circulaire, tronconique, ...), par exemple selon la demande de Brevet en France N° 91.05510 déposée le 6 mai 1991 par la Demanderesse, comportant plusieurs génératrices d'éléments rayonnants, chacune de ces génératrices comporte une série d'éléments rayonnants

comprenant, comme par exemple en Figures 3 et 4, un élément central encadré de part et d'autre, par des éléments rayonnants semblables, mais de largeur croissant progressivement et disposés de façon à ne pas créer de trous d'illumination sur cette génératrice.

Revendications

1. Antenne-réseau pour ondes hyperfréquences, composée d'une kyrielle de sources élémentaires analogues ($Co, C1d, C1g, C2d, C2g, C3d, C3g, \dots$), caractérisée en ce que ces sources élémentaires sont d'une largeur ($lo, \dots, l3, l_{n-1}, l_n, \dots$) qui globalement va en augmentant progressivement du centre (2) du réseau vers ses extrémités, et sont disposées (3) les unes par rapport aux autres de façon qu'il n'y ait pratiquement pas création de trous d'illumination dans ce réseau.
2. Antenne-réseau selon la revendication 1, caractérisée en ce que cet élargissement progressif en dimensions des sources suit une loi de variation en progression géométrique.
3. Antenne-réseau selon la revendication 2, caractérisée en ce que la largeur (l_n) de la source de rang (n) est liée à la largeur (l_{n-1}) de la source de rang ($n-1$) par une relation de la forme : $l_n/l_{n-1} = (1 + k)$, où k est un facteur d'accroissement constant.
4. Antenne-réseau selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que cet accroissement progressif en largeur est réalisé sur des groupes successifs de sources identiques.
5. Antenne-réseau selon l'une des revendications 1 à 4, cette antenne comportant un déphaseur commandable ($Do, \dots, D3d, D3g, \dots$) derrière chaque source ($Co, \dots, C3d, C3g, \dots$) pour assurer le balayage électronique du faisceau, ainsi qu'un amplificateur de puissance hyperfréquences ($HPAo, \dots, HPA3d, HPA3g, \dots$) également derrière chacune de ces sources, caractérisée en ce que ces amplificateurs sont tous identiques et délivrent tous la même puissance correspondant à leur puissance optimale commune de fonctionnement.
6. Antenne-réseau selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que, lesdites sources élémentaires étant des cornets rayonnants ($Co, \dots, C3d, C3g, \dots$), chaque cornet est séparé du cornet adjacent par une paroi commune (3).
7. Antenne-réseau selon l'une des revendications

- 1 à 5, caractérisée en ce que, lesdites sources élémentaires étant des pavés rayonnants ou "patches" ($P_0, \dots, P_{2d}, P_{2g}, \dots$) chaque patch est séparé du patch adjacent par une distance (d) sensiblement égale à la demi-longueur d'ondes guidée. 5
8. Antenne-réseau selon la revendication 7, caractérisée en ce que chacun de ces patches (G_{1d}, G_{1g}) est lui-même composé d'un groupe de patches identiques, reliés électriquement (7,8), et séparés l'un de l'autre par une distance (d) sensiblement égale à la demilongueur d'ondes guidée. 10
9. Antenne-réseau plan selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que l'accroissement progressif de la dimension des sources s'effectue, selon les deux axes de coordonnées, du centre de ce réseau vers ses bords. 15 20
10. Antenne-réseau plane de révolution selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que l'accroissement progressif de la dimension des sources s'effectue du centre vers la périphérie de cette structure plane de révolution. 25
11. Antenne-réseau selon l'une des revendications 1 à 8, conformée sur une surface de révolution de profil quelconque et comportant plusieurs génératrices d'éléments rayonnants, caractérisée en ce que chacune de ces génératrices comporte une série d'éléments rayonnants comprenant un élément central encadré, de part et d'autre, par des éléments rayonnants semblables, mais de largeur croissant progressivement et disposés de façon à ne pas créer de trous d'illumination sur cette génératrice. 30 35 40
12. Antenne réseau active en réception selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'elle comporte un amplificateur à faible bruit pour chaque source élémentaire ($C_0, \dots, C_{3d}, C_{3g}, \dots$) ainsi qu'un déphaseur commandable ($D_0, \dots, D_{3d}, D_{3g}, \dots$) derrière chaque amplificateur à faible bruit. 45
13. Antenne réseau active en émission selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'elle comporte un déphaseur commandable ($D_0, \dots, D_{3d}, D_{3g}, \dots$) derrière chaque source élémentaire ($C_0, \dots, C_{3d}, C_{3g}, \dots$) ainsi qu'un amplificateur de puissance hyperfréquences ($HHPA_0, \dots, HPA_{3d}, HPA_{3g}, \dots$) également derrière chacune de ces sources. 50 55
14. Antenne réseau active selon les revendications 12 et 13, pour des applications radar, caractérisé en ce qu'elle comporte une voie émission et un voie réception, commutées alternativement, chacune comprenant un amplificateur hyperfréquence spécifique.
15. Antenne réseau selon l'une quelconque des revendications 13 ou 14, caractérisée en ce que tous les amplificateurs fonctionnant en émission délivrent tous la même puissance correspondant à leur puissance optimale commune de fonctionnement.
16. Antenne réseau selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, placée suivant la ligne focale d'un réflecteur cylindro-parabolique assurant ainsi une antenne à grand gain balayant électroniquement dans le plan formé par le réseau linéaire et la ligne des sommets des sections paraboliques.

FIG.1

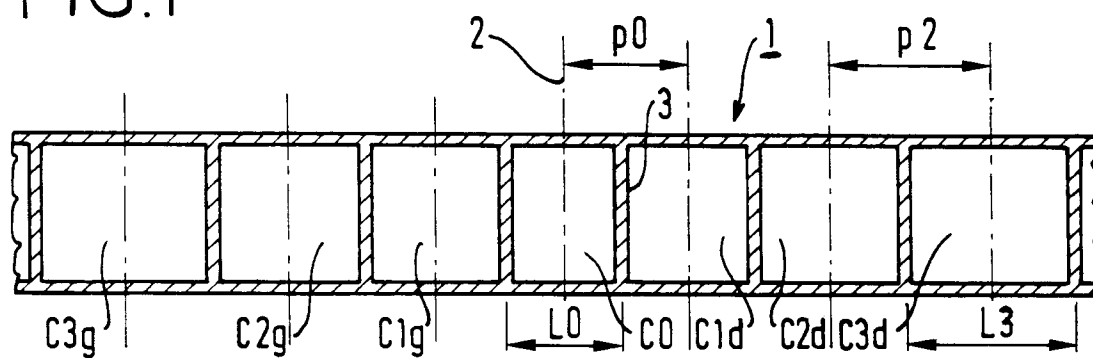


FIG.2

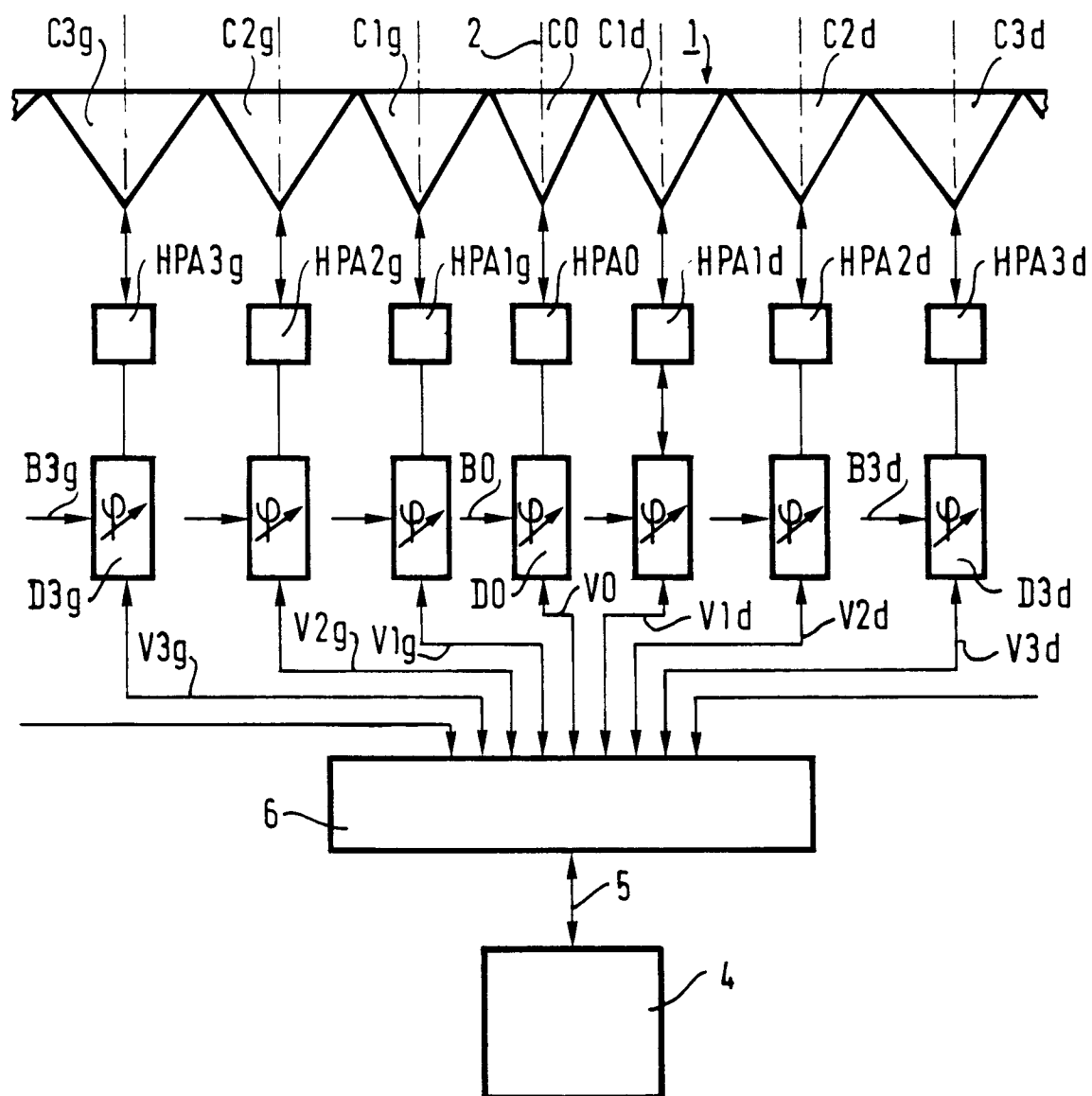


FIG.3

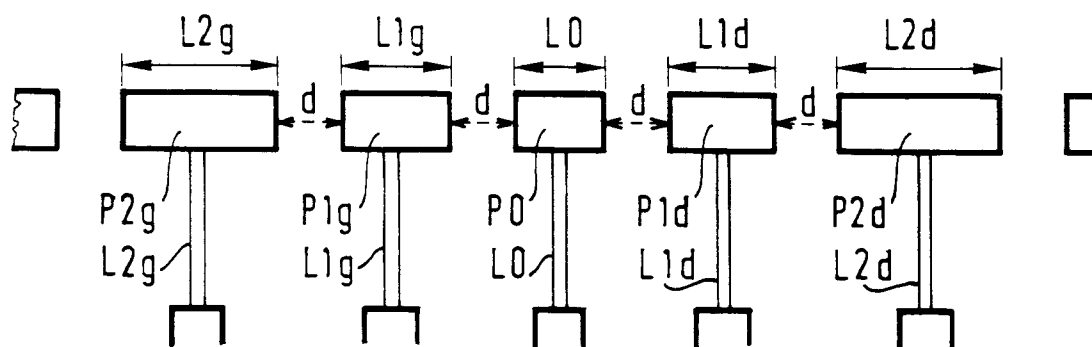
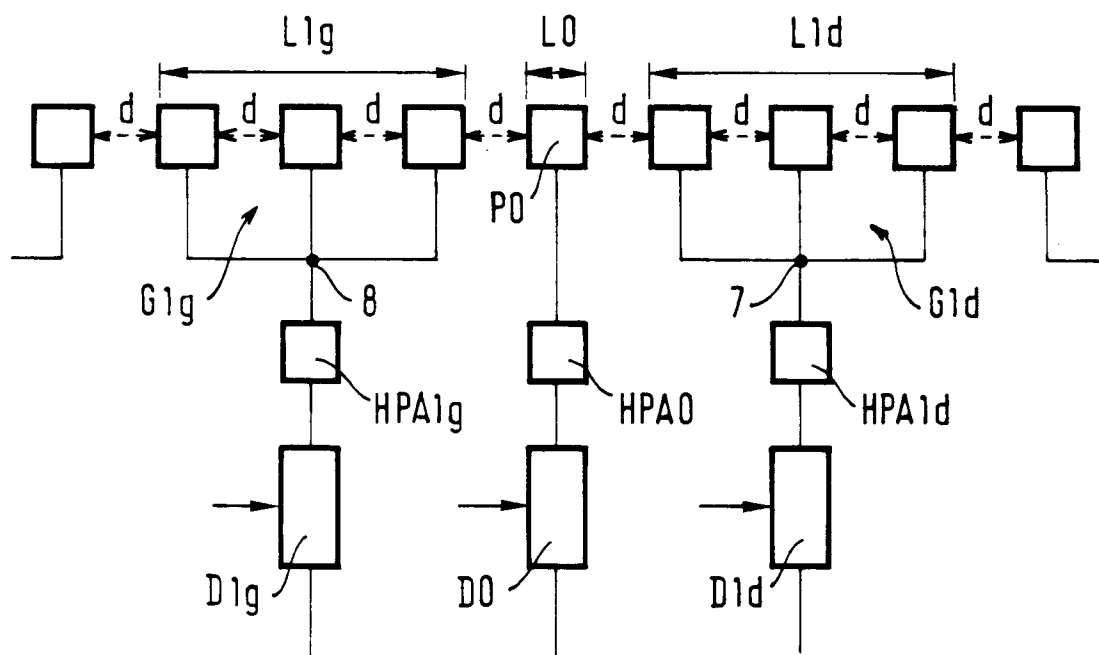


FIG.4





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 92 11 2576

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
A	DE-A-3 839 945 (TELEFUNKEN SYSTEMTECHNIK) * colonne 1, ligne 47 - ligne 60; revendications 1-12; figures 12,13 * ---	1-5,9-16	H01Q21/08 H01Q21/22
A	US-A-4 980 692 (RUDISH ET AL.) * abrégé; figures 1,3 * ---	1,5,7, 12-16	
A	US-A-4 364 052 (OHM) * abrégé; figures 3,5 * ---	1,11	
A	US-A-3 438 040 (RADFORD) * le document en entier * -----	1,6	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			H01Q
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 28 OCTOBRE 1992	Examineur ANGRABEIT F.F.K.
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 01.82 (P0402)