



(11)

**EP 4 557 505 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**21.05.2025 Bulletin 2025/21**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):  
**H01P 5/12 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **24213168.8**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):  
**H01P 5/12**

(22) Date de dépôt: **15.11.2024**

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

(71) Demandeur: **Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives**  
**75015 Paris (FR)**

(72) Inventeur: **GONZALEZ JIMENEZ, José Luis**  
**38054 Grenoble Cedex 09 (FR)**

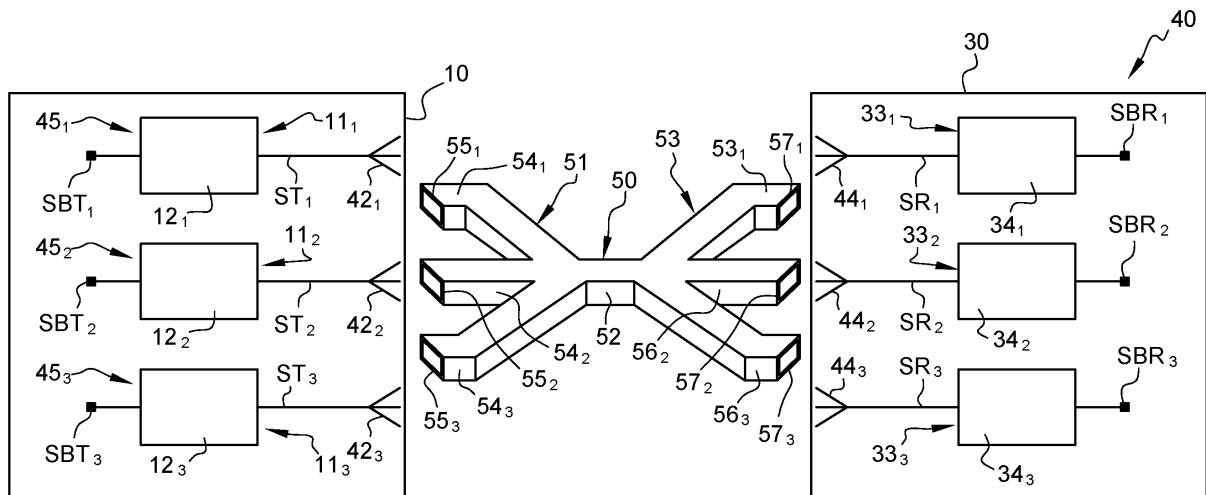
(74) Mandataire: **Cabinet Beaumont**  
**4, Place Robert Schuman**  
**B.P. 1529**  
**38025 Grenoble Cedex 1 (FR)**

(30) Priorité: **17.11.2023 FR 2312646**

(54) **GUIDE D'ONDES MILLIMÉTRIQUES ET SYSTÈME DE TRANSMISSION COMPRENANT UN TEL GUIDE D'ONDES**

(57) La présente description concerne un guide d'ondes millimétriques (50) comprenant une première partie (51) reliée à une deuxième partie (52), la première partie (51) comprenant des premiers guides d'ondes (54<sub>1</sub>, 54<sub>2</sub>, 54<sub>3</sub>) chacun étant configuré pour recevoir une première onde millimétrique, et la deuxième partie correspondant

à un deuxième guide d'onde, chaque premier guide d'onde (54<sub>1</sub>, 54<sub>2</sub>, 54<sub>3</sub>) comprenant une première extrémité libre (55<sub>1</sub>, 55<sub>2</sub>, 55<sub>3</sub>) et une deuxième extrémité jointive avec le deuxième guide d'ondes (52), chaque premier et deuxième guide d'ondes étant en un matériau diélectrique.



**Fig. 2**

**EP 4 557 505 A1**

## Description

### Domaine technique

**[0001]** La présente demande concerne un guide d'ondes millimétriques en un matériau diélectrique et un système de transmission d'ondes millimétriques comprenant un tel guide d'ondes.

### Technique antérieure

**[0002]** Il est connu de transmettre des ondes millimétriques par un guide d'ondes en matière plastique diélectrique. Pour certaines applications, il est souhaitable de pouvoir transmettre des ondes millimétriques correspondant à l'agrégation de plusieurs ondes millimétriques dans des bandes de fréquences différentes correspondant chacune à un signal à transmettre.

**[0003]** La figure 1 est un schéma représentant un exemple d'un système 5 de transmission d'ondes millimétriques. Le système 5 de transmission d'ondes millimétriques comprend un dispositif d'émission 10 d'ondes millimétriques, un dispositif de réception 30 d'ondes millimétriques, et un guide d'ondes 20 en matériau plastique diélectrique transmettant les ondes électromagnétiques millimétriques entre le dispositif d'émission 10 et le dispositif de réception 30.

**[0004]** Le dispositif d'émission 10 d'ondes millimétriques comprend N blocs d'émission  $11_1$  à  $11_N$ , N étant un nombre entier compris entre 2 et 8 typiquement, mais pouvant être un nombre entier plus élevé, N étant égal à 3 à titre d'exemple en figure 1. Chaque bloc d'émission  $11_i$ , i variant de 1 à N, comprend un circuit de modulation  $12_i$  recevant au moins un signal numérique  $SBT_i$  et fournissant un signal analogique  $ST_i$  dans une bande de fréquences qui peut dépendre du bloc  $11_i$ . Le dispositif d'émission 10 comprend en outre un circuit de combinaison 14 recevant les signaux analogiques  $ST_1$  à  $ST_N$  fournis par les blocs d'émission  $11_1$  à  $11_N$  et fournissant un signal analogique global STG dans une bande de fréquences de transmission  $\Delta B$  correspondant sensiblement à la somme des signaux  $ST_1$  à  $ST_N$  pour commander une antenne 15 d'émission d'ondes électromagnétiques millimétriques. Le circuit de combinaison 14 peut être réalisé par des pistes conductrices d'un circuit imprimé. Les ondes électromagnétiques millimétriques fournies par l'antenne 15 sont guidées par le guide d'ondes 20 jusqu'au dispositif de réception 30.

**[0005]** Le dispositif de réception 30 d'ondes millimétriques comprend une antenne 31 de réception des ondes millimétriques captant les ondes électromagnétiques millimétriques fournis par le guide d'ondes 20 et fournissant un signal de réception SRG dans la bande de transmission  $\Delta B$ . Le dispositif de réception 30 comprend en outre un circuit de répartition 32 recevant le signal analogique de réception SRG et fournissant M signaux analogiques de réception  $SR_1$  à  $SR_M$  à M blocs de réception  $33_1$  à  $33_M$ , M étant un nombre entier compris

entre 1 et 8 typiquement, mais pouvant être un nombre entier plus élevé, M étant égal à 3 à titre d'exemple en figure 1. Chaque bloc de réception  $33_j$ , j variant de 1 à M, comprend un circuit de démodulation  $34_j$  recevant le signal de réception  $SR_j$  et fournissant un signal  $SBR_j$  dans la bande de fréquences finale.

**[0006]** Un inconvénient du système 5 de transmission d'ondes millimétriques de la figure 1 est que la génération du signal analogique global STG peut présenter des pertes importantes. Un inconvénient du système 5 de transmission d'ondes millimétriques de la figure 1 est qu'un bon couplage entre le guide d'ondes 20 et chaque antenne 31 et 35 peut être difficile à mettre en oeuvre sur la totalité de la bande de fréquences de transmission  $\Delta B$  qui peut être supérieure à plusieurs dizaines de GHz.

### Résumé de l'invention

**[0007]** Un mode de réalisation pallie tout ou partie des inconvénients des guide d'ondes millimétriques en un matériau diélectrique et des systèmes de transmission d'ondes millimétriques comprenant un tel guide d'ondes connus.

**[0008]** Un mode de réalisation prévoit un guide d'ondes millimétriques comprenant une première partie reliée à une deuxième partie, la première partie comprenant des premiers guides d'ondes, chacun étant configuré pour recevoir une première onde millimétrique, et la deuxième partie correspondant à un deuxième guide d'onde, chaque premier guide d'onde comprenant une première extrémité libre et une deuxième extrémité jointive avec le deuxième guide d'ondes, chaque premier et deuxième guide d'ondes étant en totalité en un matériau diélectrique.

**[0009]** Selon un mode de réalisation, le guide d'ondes millimétriques comprend en outre une troisième partie comprenant des troisièmes guides d'ondes, chaque troisième guide d'ondes comprenant une première extrémité libre et une deuxième extrémité jointive avec le deuxième guide d'ondes.

**[0010]** Selon un mode de réalisation, les premiers et deuxième guides d'ondes comprennent chacun un tube délimitant un volume interne rempli d'un gaz, d'un mélange de gaz, d'un fluide ou d'un solide dont la constante diélectrique est inférieure à celle du matériau diélectrique.

**[0011]** Selon un mode de réalisation, les dimensions des sections droites des premiers guides d'ondes sont différentes.

**[0012]** Selon un mode de réalisation, la section droite du tube d'au moins l'un des premiers guides d'ondes est rectangulaire et la section droite du tube du deuxième guide d'ondes est circulaire.

**[0013]** Selon un mode de réalisation, les premiers et deuxième guides d'ondes sont chacun en une matière plastique, notamment du polytétrafluoroéthylène, du polypropylène ou du polystyrène.

**[0014]** Un mode de réalisation prévoit également un

système de transmission de premières ondes millimétriques comprenant un guide d'ondes millimétriques tel que défini précédemment, un dispositif d'émission d'ondes millimétriques et un dispositif de réception d'ondes millimétriques, le dispositif d'émission d'ondes millimétriques comprenant, pour chaque premier guide d'onde, une antenne configurée pour l'émission d'ondes millimétriques et couplée avec ledit premier guide d'onde.

**[0015]** Selon un mode de réalisation, chaque première onde millimétrique a une bande de fréquences comprises entre 30 GHz et 300 GHz.

**[0016]** Selon un mode de réalisation, les bandes de fréquences des premières ondes millimétriques sont distinctes.

#### Brève description des dessins

**[0017]** Ces caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres, seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

la figure 1, décrite précédemment, est un schéma représentant un exemple d'un système de transmission d'ondes millimétriques ;

la figure 2 est un schéma représentant un mode de réalisation d'un système de transmission d'ondes millimétriques ;

la figure 3 est un schéma représentant un autre mode de réalisation d'un système de transmission d'ondes millimétriques ;

la figure 4 est une vue en coupe droite, partielle et schématique, d'un mode de réalisation d'une branche d'un guide d'ondes du système de transmission d'ondes millimétriques de la figure 2 ;

la figure 5 est une vue en perspective, partielle et schématique, d'un mode de réalisation du guide d'ondes du système de transmission d'ondes millimétriques de la figure 2 ;

la figure 6 est une vue en perspective, partielle et schématique, d'un autre mode de réalisation du guide d'ondes du système de transmission d'ondes millimétriques de la figure 2 ;

la figure 7 et la figure 8 sont respectivement une vue de dessus et une vue de côté, partielles et schématiques, d'un mode de réalisation d'assemblage entre le guide d'ondes et un dispositif d'émission du système de transmission d'ondes millimétriques de la figure 2 ;

la figure 9 et la figure 10 sont respectivement une vue

de dessus et une vue de côté, partielles et schématiques, d'un autre mode de réalisation d'assemblage entre le guide d'ondes et le dispositif d'émission du système de transmission d'ondes millimétriques de la figure 2 ;

la figure 11 est un schéma par blocs d'un mode de réalisation d'un bloc d'émission du système de transmission d'ondes millimétriques de la figure 2 ;

la figure 12 est un schéma par blocs d'un autre mode de réalisation du bloc d'émission du système de transmission d'ondes millimétriques de la figure 2 ; et

la figure 13 est une vue en perspective, partielle et schématique, du volume interne d'un mode de réalisation du guide d'ondes du système de transmission d'ondes millimétriques de la figure 2 intégrant une fonction de filtrage.

#### Description des modes de réalisation

**[0018]** De mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références dans les différentes figures. En particulier, les éléments structurels et/ou fonctionnels communs aux différents modes de réalisation peuvent présenter les mêmes références et peuvent disposer de propriétés structurelles, dimensionnelles et matérielles identiques.

**[0019]** Par souci de clarté, seuls les étapes et éléments utiles à la compréhension des modes de réalisation décrits ont été représentés et sont détaillés. En particulier, les circuits d'émission et de réception d'ondes millimétriques sont bien connus de l'homme du métier et ne sont pas décrits en détail.

**[0020]** Sauf précision contraire, lorsque l'on fait référence à deux éléments connectés entre eux, cela signifie directement connectés sans éléments intermédiaires autres que des conducteurs, et lorsque l'on fait référence à deux éléments reliés (en anglais "coupled") entre eux, cela signifie que ces deux éléments peuvent être connectés ou être reliés par l'intermédiaire d'un ou plusieurs autres éléments.

**[0021]** Dans la description qui suit, lorsque l'on fait référence à des qualificatifs de position absolue, tels que les termes "avant", "arrière", "haut", "bas", "gauche", "droite", etc., ou relative, tels que les termes "dessus", "dessous", "supérieur", "inférieur", etc., ou à des qualificatifs d'orientation, tels que les termes "horizontal", "vertical", etc., il est fait référence sauf précision contraire à l'orientation des figures.

**[0022]** Sauf précision contraire, les expressions "environ", "approximativement", "sensiblement", et "de l'ordre de" signifient à 10 % près, de préférence à 5 % près. Dans la suite de la description, on appelle onde millimétrique une onde électromagnétique dont la longueur d'onde peut varier entre 1 mm et 10 mm, ce qui correspond à une fréquence pouvant varier entre 30 GHz et 300 GHz.

**[0023]** La figure 2 est un schéma représentant un mode de réalisation d'un système 40 de transmission d'ondes millimétriques. Le système de transmission d'ondes millimétriques 40 comprend l'ensemble des éléments du système 5 de transmission d'ondes millimétriques représenté en figure 1 à la différence que le circuit de combinaison 14, l'antenne 15, l'antenne 31, et le circuit de répartition 32 ne sont pas présents, que le dispositif d'émission 10 comprend une antenne 42<sub>i</sub> pour chaque bloc d'émission 11<sub>i</sub>, i variant de 1 à N, que le dispositif de réception 30 comprend une antenne 44<sub>j</sub> pour chaque bloc de réception 33<sub>j</sub>, j variant de 1 à M, et que le guide d'ondes 20 est remplacé par un guide d'ondes 50. Chaque bloc d'émission 11<sub>i</sub>, i variant de 1 à N, et l'antenne correspondante 42<sub>i</sub> forme alors un circuit d'émission 45<sub>i</sub> d'ondes millimétriques dans une bande de fréquences de transmission  $\Delta B_i$ .

**[0024]** Selon un mode de réalisation, le guide d'ondes 50 comprend une première partie également appelée partie de collecte 51, une deuxième partie 52, et une troisième partie également appelée partie de distribution 53. Le guide d'ondes central 52 relie la partie de collecte 51 à la partie de distribution 53.

**[0025]** La partie de collecte 51 comprend N branches 54<sub>1</sub> à 54<sub>N</sub> (trois branches 54<sub>1</sub>, 54<sub>2</sub>, et 54<sub>3</sub> étant représentées à titre d'exemple en figure 2). Chaque branche 54<sub>2</sub>, i variant de 1 à N, correspond à un premier guide d'ondes. La deuxième partie 52 correspond à un deuxième guide d'ondes et appelée guide d'ondes central par la suite. Chaque branche 54<sub>i</sub>, i variant de 1 à N, comprend une extrémité libre 55<sub>i</sub> et est connecté, du côté opposé à l'extrémité libre 55<sub>i</sub>, au guide d'ondes central 52. La partie de distribution 53 comprend M branches 56<sub>1</sub> à 56<sub>M</sub> (trois branches 56<sub>1</sub>, 56<sub>2</sub>, et 56<sub>3</sub> étant représentées en figure 2). Selon l'application envisagée, le nombre M peut être égal à N ou différent de N. Chaque branche 56<sub>j</sub>, j variant de 1 à M, correspond à un troisième guide d'ondes qui comprend une extrémité libre 57<sub>j</sub> et qui est connecté, du côté opposé à l'extrémité libre 57<sub>j</sub>, au guide d'ondes central 52.

**[0026]** Selon un mode de réalisation, le guide d'ondes 50 est en totalité en un matériau diélectrique. En particulier, le guide d'ondes 50 ne comprend pas d'éléments conducteurs électriquement, notamment d'éléments métalliques. Ceci permet notamment de façon avantageuse de pouvoir réaliser un guide d'ondes 50 souple, en particulier présentant des déformations élastiques.

**[0027]** Chaque antenne 42<sub>i</sub>, i variant de 1 à N, est disposée à proximité, de préférence, au contact de l'extrémité axiale 55<sub>2</sub> de la branche 54<sub>i</sub>. Chaque antenne 42<sub>i</sub> est par exemple adaptée à émettre des ondes millimétriques qui se propagent dans la branche 54<sub>i</sub> correspondante. Chaque antenne 42<sub>i</sub> est adaptée à émettre une onde millimétrique dans la bande de fréquences de transmission  $\Delta B_i$ . Par couplage entre l'antenne 42<sub>i</sub> et la branche 54<sub>i</sub> correspondante, l'onde millimétrique dans la bande de fréquences de transmission  $\Delta B_i$  se propage dans la branche 54<sub>i</sub> jusqu'au guide d'ondes central 52.

Les ondes millimétriques s'additionnent à la jonction entre chaque branche 54<sub>i</sub> et le guide d'ondes central 52 pour former une onde millimétrique dans la bande de fréquences de transmission  $\Delta B$ . Chaque antenne 44<sub>j</sub>, j variant de 1 à M, est disposée à proximité, de préférence, au contact de l'extrémité axiale 57<sub>j</sub> de la branche 56<sub>j</sub>. Chaque antenne 44<sub>j</sub> est par exemple adaptée à capter des ondes millimétriques qui se propagent dans la branche 56<sub>j</sub> correspondante.

**[0028]** Pour le système 40 de la figure 2, l'agrégation des ondes millimétriques dans les bandes de fréquences de transmission  $\Delta B_i$  est réalisée par le guide d'ondes 50 tandis que pour le système 5 de la figure 2, cette agrégation est réalisée sur les signaux ST<sub>i</sub> par le circuit de combinaison 14 du dispositif d'émission 10. L'agrégation des ondes millimétriques dans les bandes de fréquences de transmission  $\Delta B_i$  peut, de façon avantageuse, être réalisée avec moins de pertes, notamment de pertes d'insertion, par le guide d'ondes 50 que lorsqu'elle est réalisée le circuit de combinaison 14. De même, pour le système 40 de la figure 2, la répartition des ondes millimétriques dans les bandes de fréquences de transmission  $\Delta B_i$  est réalisée par le guide d'ondes 50 tandis que pour le système 5 de la figure 2, cette répartition est réalisée sur les signaux ST<sub>i</sub> par le circuit de répartition 32 du dispositif de réception 30. La répartition des ondes millimétriques dans les bandes de fréquences de transmission  $\Delta B_i$  peut, de façon avantageuse, être réalisée avec moins de pertes, notamment de pertes d'insertion, par le guide d'ondes 50 que lorsqu'elle est réalisée le circuit de répartition 32.

**[0029]** Selon une application, les signaux ST<sub>i</sub>, i variant de 1 à N, correspondent à des signaux différents. Les bandes de fréquences de transmission  $\Delta B_i$  peuvent alors être distinctes et la bande de fréquences de transmission  $\Delta B$  peut correspondre à la somme des bande de fréquences de transmission  $\Delta B_i$ . La largeur de la bande de fréquences de transmission  $\Delta B$  est alors supérieure à la largeur de chaque bande de fréquences de transmission  $\Delta B_i$ . Selon un mode de réalisation, la largeur de chaque bandes de fréquences de transmission  $\Delta B_i$  peut être inférieure à 10 GHz. A titre d'exemple, le dispositif d'émission 10 peut fournir des signaux ST<sub>1</sub>, ST<sub>2</sub>, ST<sub>3</sub>, et ST<sub>4</sub>, le signal ST<sub>1</sub> étant dans la bande de fréquences  $\Delta B_1$  de 122 GHz à 131 GHz, le signal ST<sub>2</sub> étant dans la bande de fréquences  $\Delta B_2$  de 131 GHz à 140 GHz, le signal ST<sub>3</sub> étant dans la bande de fréquences  $\Delta B_3$  de 140 GHz à 149 GHz, et le signal ST<sub>4</sub> étant dans la bande de fréquences  $\Delta B_4$  de 149 GHz à 157 GHz. La largeur de chaque bande de fréquences  $\Delta B_1$ ,  $\Delta B_2$ ,  $\Delta B_3$ , et  $\Delta B_4$  est égale à 9 GHz. Les ondes millimétriques transportées dans le guide d'ondes central 52 sont alors dans la bande de fréquences  $\Delta B$  de 122 GHz à 157 GHz. La largeur de la bande de fréquences  $\Delta B$  est égale à 35 GHz. L'efficacité du couplage entre un guide d'ondes millimétriques et une antenne dépend notamment de la largeur de la bande de fréquences de l'ondes millimétriques à transmettre au guide d'ondes. De ce fait, le couplage entre chaque

antenne  $42_i$  et le branche  $54_i$  pour le système 40 de la figure 2, qui est à réaliser sur la bande de fréquences  $\Delta B_i$ , peut, de façon avantageuse, être plus efficace que le couplage entre l'antenne 15 et le guide d'ondes 20 pour le système 5 de la figure 2 qui est à réaliser sur la bande de fréquences  $\Delta B$  plus large.

**[0030]** Selon une application, les signaux  $ST_i$  sont identiques. Les bandes de fréquences de transmission  $\Delta B_i$  peuvent alors être sensiblement identiques et la bande de fréquences de transmission  $\Delta B$  peut être sensiblement égale à la bande de fréquences de transmission  $\Delta B_i$ . Une telle application permet de générer une onde millimétrique de forte puissance transportée par le guide d'ondes central 52 à partir d'ondes millimétriques de puissance réduite émis par chaque antenne  $42_i$ ,  $i$  variant de 1 à N.

**[0031]** Selon un mode de réalisation, le mode de propagation des ondes électromagnétiques dans le guide d'ondes 50 est différent du mode transverse électromagnétique, également appelé mode TEM.

**[0032]** La figure 3 est un schéma représentant un mode de réalisation d'un système 60 de transmission d'ondes millimétriques. Le système 60 de transmission d'ondes millimétriques comprend l'ensemble des éléments du système 40 de transmission d'ondes millimétriques représentés en figure 2 à la différence que le dispositif de réception 30 comprend un seul bloc de réception  $33_1$ , et que le guide d'ondes 50 ne comprend pas la partie de distribution 53, le guide central 52 comprenant une extrémité 58 située en vis-à-vis de l'antenne  $44_1$  du bloc de réception  $33_1$ . Ce mode de réalisation peut notamment être mis en oeuvre dans le cas où les bandes de fréquences de transmission  $\Delta B_i$  sont sensiblement identiques et la bande de fréquences de transmission  $\Delta B$ .

**[0033]** La figure 4 est une vue en coupe droite d'un mode de réalisation de la branche  $54_1$  du guide d'ondes 50 du système de transmission d'ondes millimétriques 40 de la figure 2. La branche  $54_1$  comprend un tube 62 en un matériau plastique diélectrique délimitant un volume interne 64. Le volume interne 64 peut être rempli d'un gaz ou d'un mélange gazeux, par exemple de l'air, ou d'un matériau diélectrique liquide ou solide dont la constante diélectrique peut être inférieure à celle du matériau diélectrique composant le tube 62. De préférence, le volume interne 64 est rempli d'air. Selon un mode de réalisation, le tube 62 est entouré d'une gaine, non représentée en figure 4, en un matériau diélectrique dont la constante diélectrique est inférieure à celle du matériau diélectrique composant le tube 62. Selon un autre mode de réalisation, la branche  $54_1$  comprend une tige pleine du matériau plastique diélectrique.

**[0034]** Selon un mode de réalisation, le tube 62 ou la tige pleine a une section droite sensiblement rectangulaire ou circulaire, d'autres formes de sections étant néanmoins envisageables (par exemple, une section elliptique). De préférence, le tube 62 ou la tige pleine a une section droite sensiblement rectangulaire qui favo-

rise la propagation d'ondes millimétriques dans le mode TE<sub>10</sub>. Dans le mode de réalisation illustré en figure 4, le tube 62 ou la tige a une section droite sensiblement rectangulaire ayant une largeur L et une hauteur H. Selon un mode de réalisation, la largeur L est comprise entre 0,5 mm et 10 mm. Selon un mode de réalisation, la hauteur H est comprise entre 0,25 mm et 5 mm. Selon un mode de réalisation, l'épaisseur E de la paroi du tube 62 est comprise entre 0,5 mm et 10 mm.

**[0035]** La constante diélectrique du matériau diélectrique formant le tube 62 ou la tige de la branche  $54_1$  est par exemple comprise entre 1 et 4, de préférence comprise entre 2 et 4. L'angle de perte ou tangente delta du matériau diélectrique formant le tube 62 ou la tige de la branche  $54_1$  est par exemple inférieure à  $10^{-3}$  pour assurer des pertes minimales du signal dans la branche  $54_1$ . Ce matériau peut être une matière plastique diélectrique telle que par exemple du polytétrafluoroéthylène, du polypropylène ou du polystyrène. A titre d'exemple, pour un matériau de constante diélectrique égale à 2 et pour une fréquence comprise entre 30 GHz et 300 GHz, la longueur d'onde des ondes électromagnétiques se propageant dans la branche  $54_1$  est comprise entre 7 mm et 0,7 mm. On peut par exemple utiliser des ondes à une fréquence de l'ordre de 60 GHz, pour laquelle, pour un matériau de constante diélectrique égale à 2, la longueur d'onde est égale à 3,5 mm.

**[0036]** Chaque branche  $54_2$  à  $54_N$  peut avoir les mêmes caractéristiques que celles décrites précédemment pour la branche  $54_1$ . Chaque branche  $56_1$  à  $56_M$  peut avoir les mêmes caractéristiques que celles décrites précédemment pour la branche  $54_1$ . Le guide d'ondes central 52 peut avoir les mêmes caractéristiques que celles décrites précédemment pour la branche  $54_1$ .

**[0037]** Selon un mode de réalisation, les dimensions des sections droites des branches  $54_1$  à  $54_N$  sont différentes. En particulier, les dimensions de la section droite de la branche  $54_i$  sont adaptées à la bande de fréquences  $\Delta B_i$  des ondes millimétriques transportées par la branche  $54_i$ . Selon un autre mode de réalisation, les dimensions des sections droites des branches  $54_1$  à  $54_N$  sont identiques. Selon un mode de réalisation, les dimensions des sections droites des branches  $56_i$  à  $56_M$  sont différentes. En particulier, les dimensions des sections droites de la branche  $56_j$  sont adaptées à la bande de fréquences des ondes millimétriques devant être traitées par le bloc de réception 33j associé avec la branche  $56_j$ . Selon un autre mode de réalisation, les dimensions des sections droites des branches  $56_i$  à  $56_M$  sont identiques.

**[0038]** Selon un mode de réalisation, la forme (par exemple forme circulaire, forme rectangulaire, etc.) de la section droite du guide d'ondes central 52 est différente de la forme de la section droite des branches  $54_1$  à  $54_N$ .

**[0039]** La figure 5 est une vue en perspective, partielle et schématique, d'un mode de réalisation du guide d'ondes 50 dont la partie de collecte 51 comprend deux branches  $54_1$  et  $54_2$ , le nombre de branche  $54_i$  pouvant toutefois être supérieur à 2, ayant chacune une section

droite de forme rectangulaire et dont le guide d'ondes central 52 a une section droite de forme circulaire.

**[0040]** Ceci peut être avantageux dans la mesure où le guide d'ondes 52 peut avoir une longueur supérieure à la longueur de chaque branche 54<sub>1</sub> et 54<sub>2</sub> et la fabrication à une échelle industrielle d'un guide d'ondes ayant une section droite de forme circulaire est plus simple que la fabrication d'un guide d'ondes ayant une section droite de forme rectangulaire. Chaque branche 54<sub>1</sub>, 54<sub>2</sub> ayant une section droite de forme rectangulaire qui reçoit une onde millimétrique fournie par l'antenne 42<sub>1</sub>, 42<sub>2</sub> associée permet de réduire les pertes lors de la captation par la branche 54<sub>1</sub>, 54<sub>2</sub> de l'onde millimétrique émise par l'antenne 42<sub>1</sub>, 42<sub>2</sub> associée.

**[0041]** Ceci peut en outre permettre la transmission sur le guide d'ondes central 52 de section circulaire d'une première onde millimétrique issue de la branche 54<sub>1</sub> et d'une deuxième onde millimétrique issue de la branche 54<sub>2</sub>, les première et deuxième ondes millimétriques étant polarisées de façon orthogonale, les bandes de fréquences  $\Delta B_1$  et  $\Delta B_2$  pouvant être identiques. Ceci permet avantageusement de doubler le débit de transmission de données sur la bande de fréquences  $\Delta B_1$ .

**[0042]** Le guide d'ondes 50 peut correspondre à une pièce monobloc ou être obtenu par assemblage de plusieurs pièces.

**[0043]** La figure 6 est une vue en perspective, partielle et schématique, d'un mode de réalisation du guide d'ondes 50 dont la partie de collecte 51 comprend deux branches 54<sub>1</sub> et 54<sub>2</sub>, le nombre de branche 54<sub>i</sub> pouvant toutefois être supérieur à 2, et qui correspond à une pièce distincte du guide d'ondes central 52. Les procédés de fabrication du guide d'ondes central 52 et de la partie de collecte 51 peuvent alors être différents. A titre d'exemple, le guide d'ondes central 52 peut être fabriqué par extrusion et la partie de collecte 51 peut être fabriquée par moulage.

**[0044]** La figure 7 et la figure 8 sont respectivement une vue de dessus et une vue de côté, partielles et schématiques, illustrant la connexion entre le guide d'ondes 50 et le dispositif d'émission 10 selon un mode de réalisation. La figure 9 et la figure 10 sont des figures analogues respectivement à la figure 7 et à la figure 8 illustrant la connexion entre le guide d'ondes 50 et le dispositif d'émission 10 selon un autre mode de réalisation.

**[0045]** Sur les figures 7 à 10, la partie de collecte 51 du guide d'ondes 50 comprend deux branches 54<sub>1</sub> et 54<sub>2</sub>, le nombre de branche 54<sub>i</sub> pouvant toutefois être supérieur à 2. Sur les figures 7 à 10, le dispositif d'émission 10 comprend à titre d'exemple un circuit imprimé 70 et au moins un microprocesseur 72 monté sur le circuit imprimé 70. Les antennes 42<sub>1</sub> et 42<sub>2</sub> sont formées par des pistes conductrices 74 du circuit imprimé 70, les antennes 42<sub>1</sub> et 42<sub>2</sub> étant représentées en traits pointillés en figure 9.

**[0046]** Sur les figures 7 et 8, le guide d'ondes 50 est monté selon un couplage dit sur le bord (en anglais edge

coupling) . Les antennes 42<sub>1</sub> et 42<sub>2</sub> sont formées le long d'un bord 76 du circuit imprimé 70 et les branches 54<sub>1</sub> et 54<sub>2</sub> du guide d'ondes 50 sont disposées le long du bord 76 de façon que l'axe de chaque branche 54<sub>1</sub>, 54<sub>2</sub> à l'extrémité 55<sub>1</sub>, 55<sub>2</sub> soit sensiblement parallèle au plan du circuit imprimé 70. Chaque antenne 42<sub>1</sub>, 42<sub>2</sub> peut être au contact de l'extrémité 55<sub>1</sub>, 55<sub>2</sub> de la branche 54<sub>1</sub>, 54<sub>2</sub> correspondante.

**[0047]** Sur les figures 9 et 10, le guide d'ondes 50 est monté selon un couplage dit vertical. Les branches 54<sub>1</sub> et 54<sub>2</sub> du guide d'ondes 50 sont disposées de façon que l'axe de chaque branche 54<sub>1</sub>, 54<sub>2</sub> à l'extrémité 55<sub>1</sub>, 55<sub>2</sub> soit sensiblement perpendiculaire au plan du circuit imprimé 70. Chaque antenne 42<sub>1</sub>, 42<sub>2</sub> peut être recouverte par la branche 54<sub>1</sub>, 54<sub>2</sub> correspondante.

**[0048]** La figure 11 est un schéma par blocs d'un mode de réalisation d'un bloc d'émission 11<sub>i</sub>, i variant de 1 à N, dans lequel le bloc d'émission 11<sub>i</sub> reçoit un seul signal numérique SBT<sub>i</sub>, et effectue une modulation pour fournir le signal SMT dans la bande de fréquences de transmission  $\Delta B_i$ .

**[0049]** Le bloc 11<sub>i</sub> d'émission comprend :

- un convertisseur numérique/analogique 80 (DAC) recevant le signal SBT<sub>i</sub> et fournissant un signal analogique dans une bande de fréquences de base ;
- un amplificateur à gain ajustable 81 (VGA) recevant le signal analogique fourni par le convertisseur numérique/analogique 80 et fournissant un signal analogique amplifié ;
- un filtre 82 recevant le signal analogique amplifié fourni par l'amplificateur à gain ajustable 81 et fournissant un signal filtré ;
- un mélangeur 83 recevant le signal filtré fourni par le filtre 82 et recevant en outre un signal oscillant LO<sub>i</sub> et fournissant un signal dans la bande de fréquences de transmission  $\Delta B_i$  correspondant au signal filtré fourni par le filtre 82 mélangé au signal oscillant LO<sub>i</sub> ;
- un amplificateur 84 (IFA) recevant le signal fourni par le mélangeur 83 et fournissant le signal ST<sub>i</sub> qui correspond au signal fourni par le mélangeur 83 qui est amplifié.

**[0050]** La figure 12 est un schéma par blocs d'un autre mode de réalisation d'un bloc d'émission 11<sub>i</sub>, i variant de 1 à N. Dans ce mode de réalisation, le bloc d'émission 11<sub>i</sub> reçoit plusieurs signaux numériques SBT<sub>i</sub> et effectue une première modulation pour fournir un signal analogique STI<sub>i</sub> dans une bande de fréquences intermédiaire. Les bloc d'émission 11<sub>i</sub> fournit alors un signal analogique STGI<sub>i</sub> égal à la somme des signaux analogique STI<sub>i</sub> et effectue ensuite une deuxième modulation à partir du signal STGI<sub>i</sub> pour fournir le signal ST<sub>i</sub> dans la bande de fréquences de transmission  $\Delta B_i$ .

**[0051]** Selon un mode de réalisation, le bloc d'émission 11<sub>i</sub> comprend :

- pour chaque signal numérique SBT<sub>i</sub> reçu, un sous-

bloc 85<sub>i</sub> qui comprend l'ensemble des éléments décrits précédemment en relation avec la figure 11 et qui fournit le signal analogique STI<sub>i</sub> dans une bande de fréquences intermédiaire ;

- un circuit de combinaison 86 recevant les signaux STI<sub>i</sub> fournis par les sous-blocs 85<sub>i</sub> et fournissant le signal global STG<sub>i</sub> correspondant sensiblement à la somme des signal ST<sub>i</sub> ;
- un mélangeur 87 recevant le signal global STG<sub>i</sub> et recevant en outre un signal oscillant LO2<sub>i</sub> et fournissant un signal dans la bande de fréquences de transmission ΔB<sub>i</sub> correspondant au signal global STG<sub>i</sub> mélangé par le signal oscillant LO2<sub>i</sub> ; et
- un amplificateur 88 (PA) recevant le signal fourni par le mélangeur 87 et fournissant le signal ST<sub>i</sub> qui correspond au signal fourni par le mélangeur 87 qui est amplifié.

**[0052]** Pour certaines applications, il peut être souhaitable de filtrer le signal ST<sub>i</sub>, i variant de 1 à N, et/ou de filtrer le signal SR<sub>j</sub>, j variant de 1 à M. Selon un mode de réalisation, ceci est réalisé en ajoutant, pour chaque bloc d'émission 11<sub>i</sub>, un filtre recevant le signal ST<sub>i</sub> et fournissant un signal filtré à l'antenne 42<sub>i</sub> et/ou en ajoutant, pour chaque bloc de réception 33<sub>j</sub>, un filtre recevant le signal SR<sub>j</sub> de l'antenne 44<sub>j</sub> et fournissant un signal filtré au bloc de réception 33<sub>j</sub>.

**[0053]** Selon un autre mode de réalisation, cette fonction de filtrage est réalisée directement par le guide d'ondes 50. Selon un mode de réalisation, la fonction de filtrage peut être mise en oeuvre sur chaque branche 54<sub>i</sub>, sur le guide d'ondes central 52, et/ou sur chaque branche 56<sub>j</sub>. Selon un mode de réalisation, la fonction de filtrage est mise en oeuvre en prévoyant la branche 54<sub>i</sub>, le guide d'ondes central 52, et/ou la branche 56<sub>j</sub> avec une section droite qui varie le long de la branche 54<sub>i</sub>, le guide d'ondes central 52, et/ou la branche 56<sub>j</sub>.

**[0054]** La figure 13 est une vue en perspective, partielle et schématique du volume interne 64 de la branche 54<sub>1</sub> illustrant la réalisation d'une fonction de filtrage par la branche 54<sub>1</sub>. A titre d'exemple, la section droite de la branche 54<sub>1</sub> comprend des variations brusques, par exemple une ou des zones d'étranglement 90 dans laquelle la section droite de la branche 54<sub>1</sub> est réduite, une ou des zones d'expansion 92 dans laquelle section droite de la branche 54<sub>1</sub> est augmentée, et/ou un ou des obstacles 94 sur le parcours des ondes millimétriques.

**[0055]** Divers modes de réalisation et variantes ont été décrits. La personne du métier comprendra que certaines caractéristiques de ces divers modes de réalisation et variantes pourraient être combinées, et d'autres variantes apparaîtront à la personne du métier. Le système 40 de la figure 2 peut être utilisé en mode duplex intégral, le dispositif d'émission 10 comprenant alors en outre un dispositif de réception d'ondes millimétriques, par exemple analogue au dispositif de réception 30, et le dispositif de réception 30 comprenant en outre un dispositif d'émission d'ondes millimétriques, par exemple analogue

au dispositif de réception 10, de sorte que des ondes millimétriques peuvent être transportées par le guide d'ondes 50 dans les deux directions.

**[0056]** Enfin, la mise en oeuvre pratique des modes de réalisation et variantes décrits est à la portée de la personne du métier à partir des indications fonctionnelles données ci-dessus.

## 10 Revendications

1. Guide d'ondes millimétriques (50) comprenant une première partie (51) reliée à une deuxième partie (52), la première partie (51) comprenant des premiers guides d'ondes (54<sub>1</sub>, 54<sub>2</sub>, 54<sub>3</sub>), chacun étant configuré pour recevoir une première onde millimétrique, et la deuxième partie correspondant à un deuxième guide d'onde, chaque premier guide d'onde (54<sub>1</sub>, 54<sub>2</sub>, 54<sub>3</sub>) comprenant une première extrémité libre (55<sub>1</sub>, 55<sub>2</sub>, 55<sub>3</sub>) et une deuxième extrémité jointive avec le deuxième guide d'ondes (52), chaque premier et deuxième guide d'ondes étant en totalité en un matériau diélectrique.
2. Guide d'ondes millimétriques selon la revendication 1, comprenant en outre une troisième partie (53) comprenant des troisièmes guides d'ondes (56<sub>1</sub>, 56<sub>2</sub>, 56<sub>3</sub>), chaque troisième guide d'ondes (56<sub>1</sub>, 56<sub>2</sub>, 56<sub>3</sub>) comprenant une première extrémité libre (57<sub>1</sub>, 57<sub>2</sub>, 57<sub>3</sub>) et une deuxième extrémité jointive avec le deuxième guide d'ondes (52).
3. Guide d'ondes millimétriques selon la revendication 1 ou 2, dans lequel les premiers et deuxième guides d'ondes comprennent chacun un tube (62) délimitant un volume interne (64) rempli d'un gaz, d'un mélange de gaz, d'un fluide ou d'un solide dont la constante diélectrique est inférieure à celle du matériau diélectrique.
4. Guide d'ondes millimétriques selon la revendication 3, dans lequel les dimensions des sections droites des premiers guides d'ondes (54<sub>1</sub>, 54<sub>2</sub>, 54<sub>3</sub>) sont différentes.
5. Guide d'ondes millimétriques selon la revendication 3 ou 4, dans lequel la section droite du tube (62) d'au moins l'un des premiers guides d'ondes (54<sub>1</sub>, 54<sub>2</sub>, 54<sub>3</sub>) est rectangulaire et dans lequel la section droite du tube (62) du deuxième guide d'ondes (52) est circulaire.
6. Guide d'ondes millimétriques selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel les premiers et deuxième guides d'ondes sont chacun en une matière plastique, notamment du polytétrafluoroéthylène, du polypropylène ou du polystyrène.

7. Système (40 ; 60) de transmission de premières ondes millimétriques comprenant un guide d'ondes millimétriques (50) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, un dispositif (10) d'émission d'ondes millimétriques et un dispositif (30) de réception d'ondes millimétriques, le dispositif (10) d'émission d'ondes millimétriques comprenant, pour chaque premier guide d'onde ( $54_1$ ,  $54_2$ ,  $54_3$ ), une antenne ( $42_1$ ,  $42_2$ ,  $42_3$ ) configurée pour l'émission d'ondes millimétriques et couplée avec ledit premier guide d'onde. 5 10
8. Système selon la revendication 7, dans lequel chaque première onde millimétrique a une bande de fréquences comprises entre 30 GHz et 300 GHz. 15
9. Système selon la revendication 8, dans lequel les bandes de fréquences des premières ondes millimétriques sont distinctes. 20

25

30

35

40

45

50

55

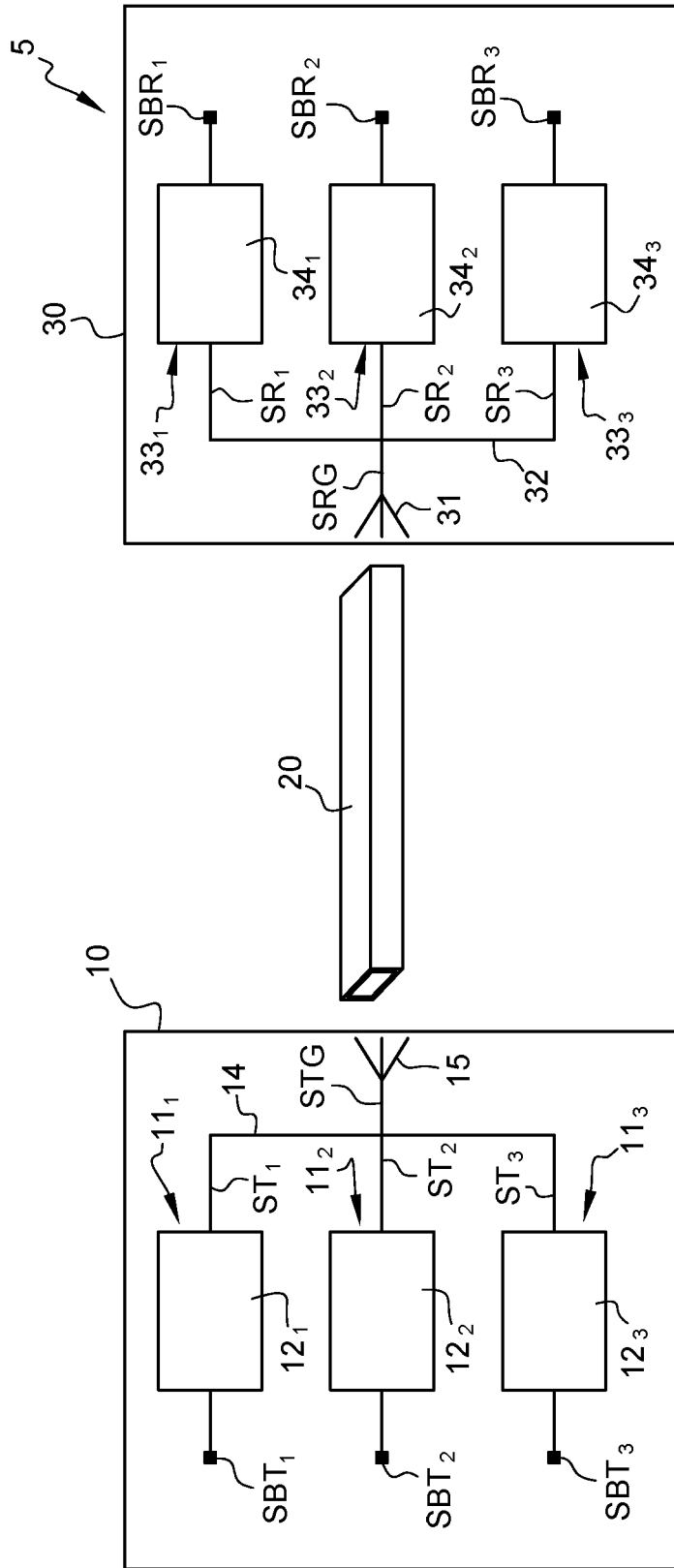


Fig. 1

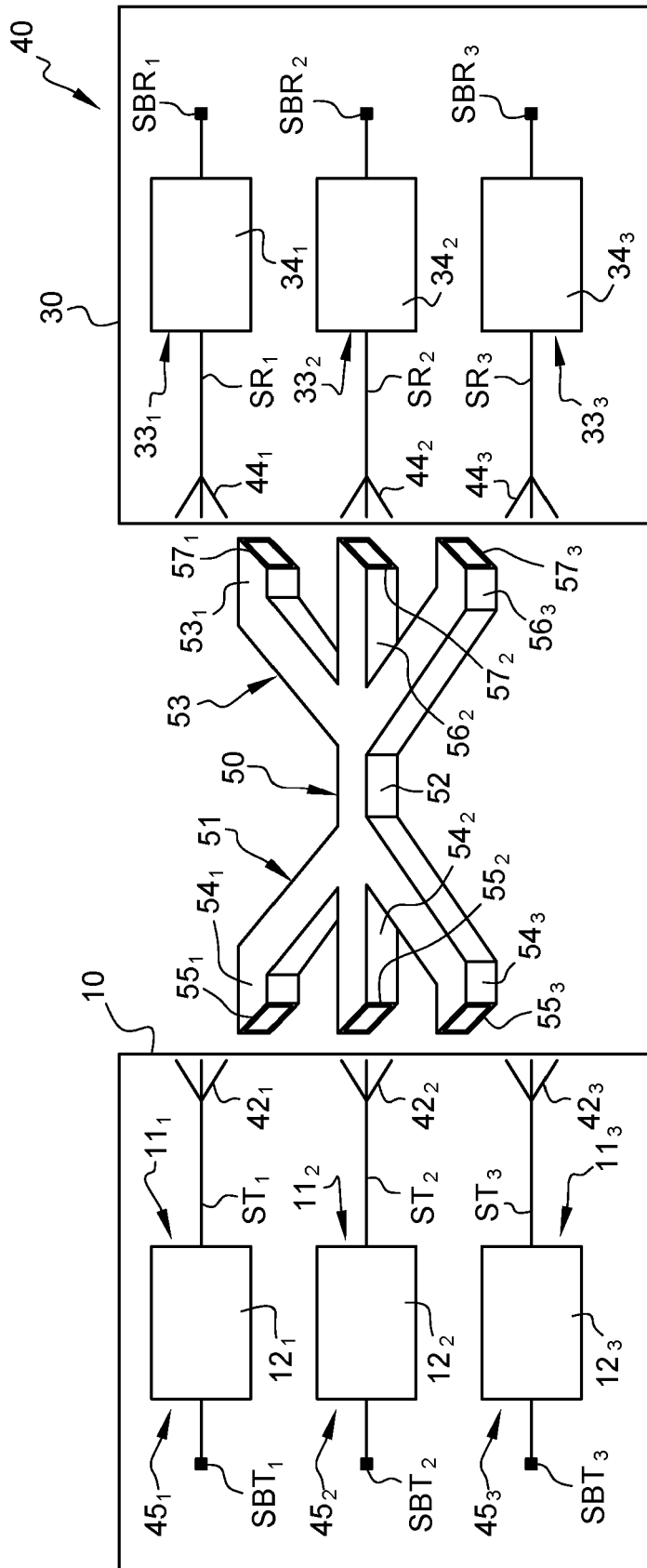
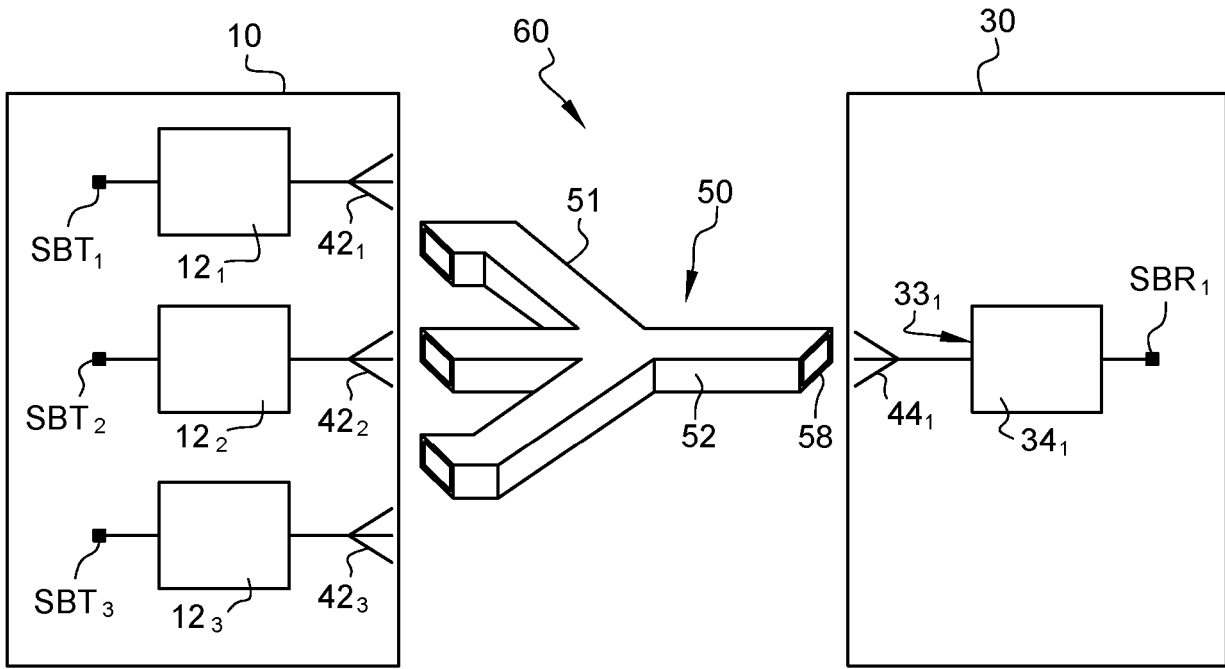
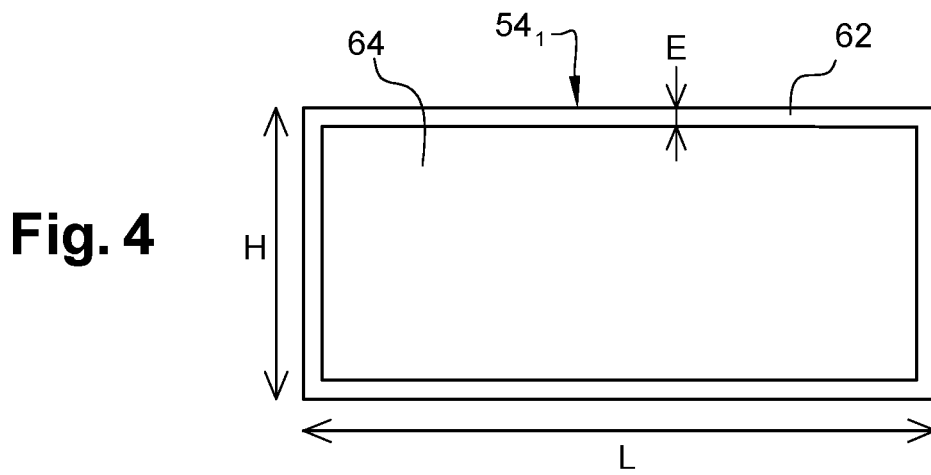


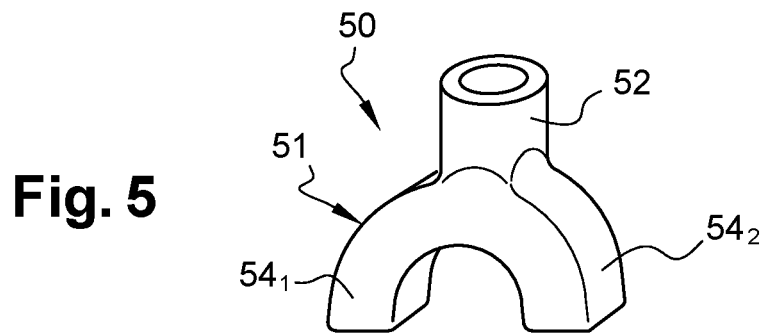
Fig. 2



**Fig. 3**

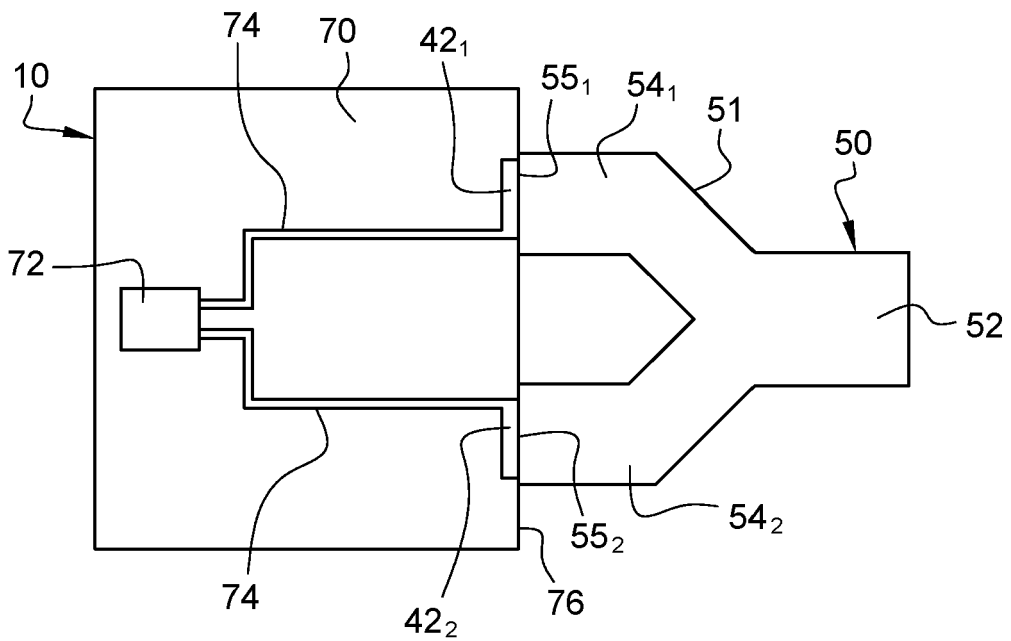
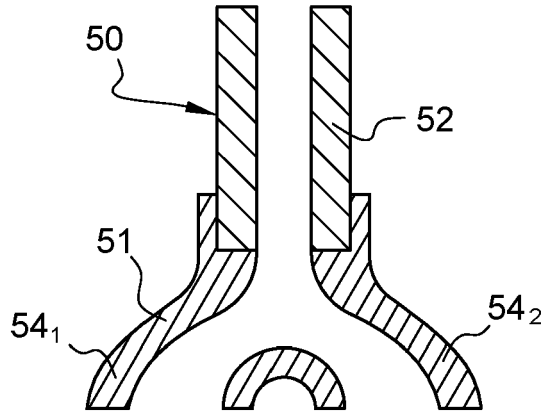


**Fig. 4**

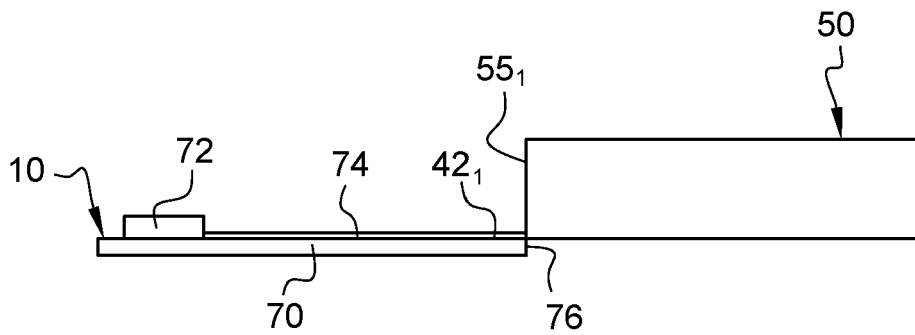


**Fig. 5**

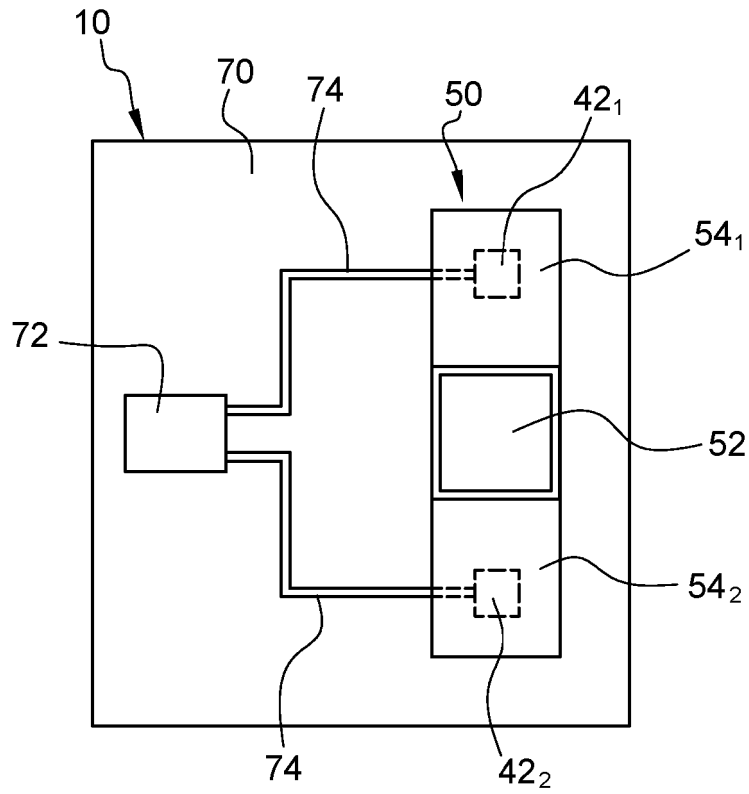
**Fig. 6**



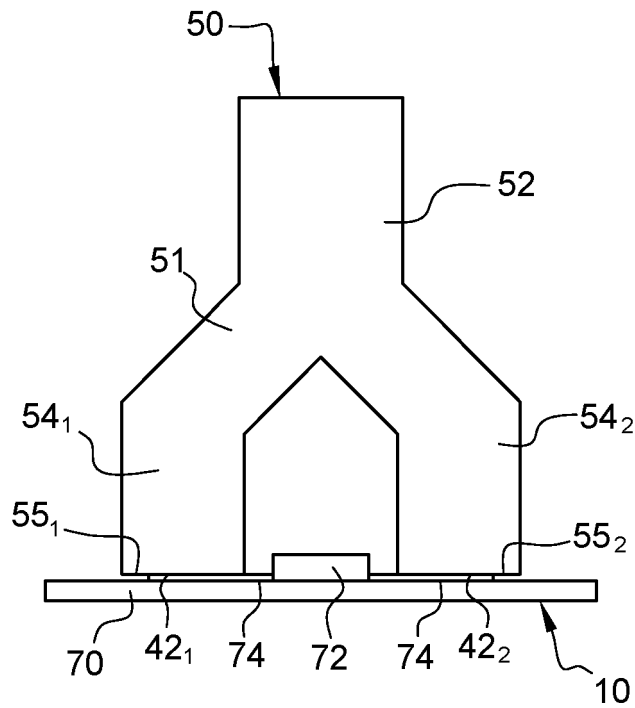
**Fig. 7**



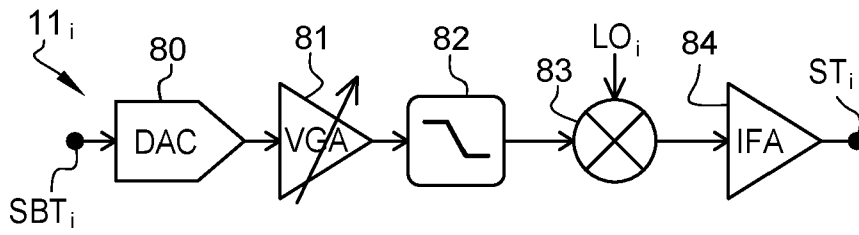
**Fig. 8**



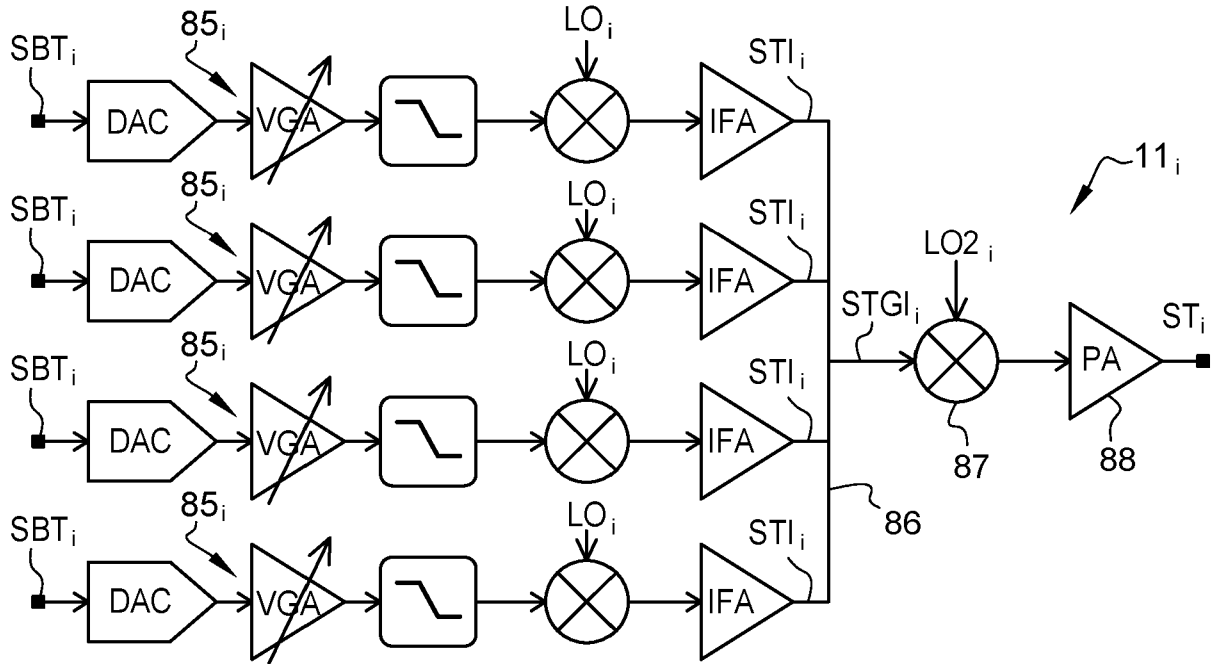
**Fig. 9**



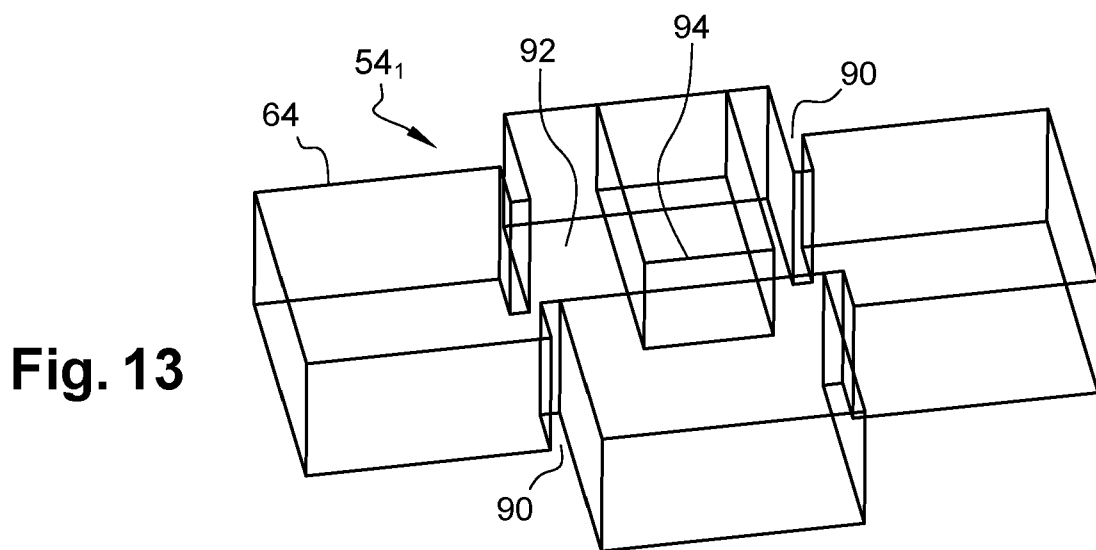
**Fig. 10**



**Fig. 11**



**Fig. 12**



**Fig. 13**



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 24 21 3168

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM 1503 03.82 (F04C02)

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	US 2023/344106 A1 (CROUCH DAVID D [US] ET AL) 26 octobre 2023 (2023-10-26)	1-3,6-9	INV. H01P5/12
A	* alinéa [0043] - alinéa [0045]; figures 1,2 *	4,5	
A	* alinéa [0052] - alinéa [0054]; figures 4,5 *		
A	US 2020/076042 A1 (SHERRER DAVID [US] ET AL) 5 mars 2020 (2020-03-05)	1-9	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)  H01P
	* alinéa [0055] - alinéa [0062]; figures 1-4 *		
A	* alinéa [0157] - alinéa [0162]; figures 20,21 *		
A	US 2006/035585 A1 (WASHIRO TAKANORI [JP]) 16 février 2006 (2006-02-16)	1-9	
	* alinéa [0036] - alinéa [0039]; figure 2 *		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche <b>La Haye</b>		Date d'achèvement de la recherche <b>1 avril 2025</b>	Examineur <b>Pastor Jiménez, J</b>
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 24 21 3168

5 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.

01 - 04 - 2025

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2023344106 A1	26-10-2023	AUCUN	
US 2020076042 A1	05-03-2020	EP 2589105 A2 KR 20130041925 A KR 20170118234 A KR 20180043852 A US 2012062335 A1 US 2014218131 A1 US 2015380795 A1 US 2016336639 A1 US 2018069287 A1 US 2020076042 A1 WO 2012003506 A2	08-05-2013 25-04-2013 24-10-2017 30-04-2018 15-03-2012 07-08-2014 31-12-2015 17-11-2016 08-03-2018 05-03-2020 05-01-2012
US 2006035585 A1	16-02-2006	CN 1744378 A CN 102097671 A JP 4379254 B2 JP 2006054812 A KR 20060050416 A US 2006035585 A1	08-03-2006 15-06-2011 09-12-2009 23-02-2006 19-05-2006 16-02-2006

EPO FORM P0460

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