



(11) **EP 3 453 071 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
07.07.2021 Bulletin 2021/27

(51) Int Cl.:
H01P 3/16 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **17725326.7**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2017/051050

(22) Date de dépôt: **02.05.2017**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2017/191409 (09.11.2017 Gazette 2017/45)

(54) **GUIDE D'ONDES PLASTIQUE POUR LA PROPAGATION D'ONDES DANS LA GAMME DE FREQUENCES COMPRISES ENTRE 1 GHZ ET 10 THZ**

KUNSTSTOFFWELLENLEITER ZUR WELLENAUSBREITUNG IM FREQUENZBEREICH
ZWISCHEN 1 GHZ 10 THZ

PLASTIC WAVEGUIDE FOR THE PROPAGATION OF WAVES IN THE FREQUENCY RANGE
COMPRISED BETWEEN 1 GHZ AND 10 THZ

(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 MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

- **GHIOTTO, Anthony**
33400 Talence (FR)
- **KERHERVE, Eric**
33600 Pessac (FR)

(30) Priorité: **03.05.2016 FR 1654003**

(74) Mandataire: **Plasseraud IP**
5 Cours de Verdun
33000 Bordeaux (FR)

(43) Date de publication de la demande:
13.03.2019 Bulletin 2019/11

(73) Titulaires:

- **Université de Bordeaux**
33000 Bordeaux (FR)
- **Institut Polytechnique de Bordeaux**
33400 Talence (FR)
- **Centre National de la Recherche Scientifique**
75016 Paris (FR)

(56) Documents cités:
EP-A1- 2 958 187 FR-A- 1 075 899
FR-A- 1 190 178 US-A- 3 703 690
US-A- 4 216 449

(72) Inventeurs:

- **VOINEAU, Florian**
79000 Niort (FR)

- **DEVORE R ET AL: "Dielectric coaxial waveguide", JOURNAL OF APPLIED PHYSICS,, vol. 44, no. 10, 1 octobre 1973 (1973-10-01), pages 4488-4500, XP001369420,**
- **DEVORE R: "Coaxial dielectric waveguides. II", JOURNAL OF APPLIED PHYSICS,, vol. 45, no. 7, 1 juillet 1974 (1974-07-01), pages 2874-2880, XP001369419,**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

ARRIERE-PLAN DE L'INVENTION

5 Domaine de l'invention

[0001] La présente invention concerne le domaine des guides d'ondes plastiques pour la propagation d'ondes de fréquences comprises entre 1 GHz et 10 THz, et vise plus particulièrement un ensemble amélioré pour la propagation d'ondes comportant un tel guide d'ondes plastique.

10 **[0002]** Elle concerne encore une liaison de communication filaire ou sans fil pour la transmission de signaux à haut débit, laquelle comporte un tel ensemble.

Arrière-plan technologique

15 **[0003]** Les ondes ayant des fréquences comprises entre 1 GHz et 10 THz sont des rayonnements non-ionisants qui peuvent pénétrer une large gamme de matériaux non conducteurs tels que le bois, le plastique, les céramiques ou encore le papier.

[0004] Aussi, ces dernières offrent de nouvelles et vastes opportunités dans des domaines techniques aussi variés que la spectroscopie, la physique, les communications, l'imagerie, le médical et la biologie, pour ne citer que ces domaines.

20 **[0005]** D'intenses recherches sont ainsi menées depuis plusieurs années pour assurer la propagation de telles ondes car les guides d'ondes disponibles pour guider des ondes électromagnétiques dans d'autres domaines de fréquences ne sont pas adaptés. En particulier, les guides d'ondes existants ne sont pas adaptés pour guider les ondes térahertz dont la fréquence est comprise entre 0,1 THz et 10 THz.

25 **[0006]** Il a ainsi été rapporté des guides d'ondes en matière plastique pour la propagation d'ondes térahertz.

[0007] Bien que constituant une avancée notable par rapport aux autres dispositifs développés à base de métal pour guider des ondes térahertz, lesquels sont complexes et rigides, ces guides d'ondes en matière plastique présentent des inconvénients.

30 **[0008]** En effet, on observe que si une partie des ondes se propage bien dans le guide d'ondes plastique, une autre partie des ondes térahertz se propage à l'extérieur de celui-ci.

[0009] Ces guides d'ondes plastiques pour la propagation d'ondes térahertz de l'art antérieur sont, en conséquence, extrêmement sensibles aux contacts extérieurs, lesquels peuvent entraîner des pertes significatives d'intensité du signal.

[0010] A titre illustratif, il n'est alors pas possible de faire reposer de tels guides d'ondes plastiques sur une table, ni de les manipuler.

35 **[0011]** Pour remédier à ces inconvénients, on a donc cherché à recouvrir ces guides d'onde plastiques d'un matériau diélectrique à faible permittivité ou à placer ceux-ci dans une mousse.

[0012] Des matériaux à faibles pertes sont également mis en œuvre pour ne pas accroître les pertes par des affaiblissements dus à la propagation.

40 **[0013]** Toutefois, il en résulte un coût de fabrication accru de ces guides d'ondes plastiques pour la propagation d'ondes térahertz, lesquels sont également plus complexes à réaliser.

[0014] De plus, l'utilisation de mousse est une source de risques pour la stabilité mécanique et la fiabilité de tels guides d'ondes térahertz.

[0015] L'encombrement des guides d'ondes térahertz ainsi protégés s'en trouve également accru.

45 **[0016]** Il existe donc un besoin pressant pour un ensemble pour la propagation d'ondes térahertz, et de manière plus générale pour la propagation d'ondes dans la gamme de fréquences comprises entre 1 GHz et 10 THz, dont la conception originale remédie aux inconvénients de l'art antérieur rappelés ci-dessus

50 **[0017]** "Dielectric coaxial waveguide", Devorer et al., JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, vol. 44, no. 10, 1 octobre 1973 (1973-10-01), pages 4488-4500 et US3703690A divulguent des guides d'ondes diélectriques en plastique comprenant un noyau central et une enveloppe séparée du noyau, ou le noyau et l'enveloppe ont des permittivités différentes. EP2958187A1 divulgue un guide d'ondes diélectrique comprenant un noyau central et un tube connecté au noyau avec des supports diélectriques en plastique, qui peuvent être réalisés d'une seule pièce avec le tube.

Objet de l'invention

55 **[0018]** La présente invention concerne un ensemble pour la propagation d'ondes de fréquences comprises entre 1 GHz et 10 THz, simple dans sa conception et dans son mode opératoire, fiable et économique tout en autorisant un transfert de données à haut débit.

[0019] Un autre objet de la présente invention est une liaison de communication filaire ou sans fil comportant un tel

ensemble pour la propagation d'ondes de fréquences comprises entre 1 GHz et 10 THz, ladite liaison étant peu onéreuse, offrant une large bande passante et un haut degré de fiabilité mécanique.

[0020] Encore un objet de la présente invention est un dispositif de réception/émission d'ondes électromagnétiques dans la bande de fréquences comprises entre 1 GHz et 10 THz comportant un tel ensemble pour la propagation d'ondes.

BREVE DESCRIPTION DE L'INVENTION

[0021] A cet effet, l'invention concerne un ensemble pour la propagation d'ondes de fréquences comprises entre 1 GHz et 10 THz.

[0022] Selon l'invention, cet ensemble comprend :

(a) un guide d'ondes pour guider lesdites ondes, ce guide d'ondes étant réalisé dans une matière plastique, une partie desdites ondes se propageant à l'intérieur de ce guide d'ondes et une autre partie desdites ondes se propageant à l'extérieur de ce guide d'ondes, et

(b) une enveloppe protectrice qui entoure le guide d'ondes en délimitant un ou plusieurs espaces entre ce guide d'ondes et cette enveloppe, dans lequel ou lesquels les ondes se propagent à l'extérieur de ce guide d'ondes sont contenues, ladite enveloppe protectrice formant ainsi une barrière pour protéger ces dernières des perturbations externes à l'ensemble,

(c) ladite enveloppe protectrice étant en plastique et réalisée dans la même matière plastique que ledit guide d'ondes, et en ce que ledit ensemble est d'une seule pièce.

[0023] Avantageusement, on constate ainsi que cette enveloppe protectrice isole véritablement de l'extérieur, les ondes se propageant à l'intérieur du guide d'ondes et hors du guide d'ondes, et permet, en conséquence, de minimiser l'impact de perturbations extérieures sur celles-ci. En formant une barrière, cette enveloppe protectrice empêche également d'accéder à l'espace ou aux espaces dans lesquels évoluent les ondes se propageant hors du guide d'onde. Il est dès lors possible d'avoir une ou plusieurs zones de contact de l'ensemble avec l'extérieur sans perte significative d'intensité de signal.

[0024] De préférence, cette enveloppe protectrice, ou gaine, est disposée concentriquement à ce guide d'ondes.

[0025] Dans différents modes de réalisation particuliers de cet ensemble pour la propagation d'ondes, chacun ayant ses avantages particuliers et susceptibles de nombreuses combinaisons techniques possibles:

- ledit espace est rempli, ou lesdits espaces sont remplis, d'un fluide gazeux tel que de l'air.

[0026] Alternativement, cet espace ou ces espaces sont sous vide.

[0027] Encore de manière alternative, cet espace ou ces espaces peuvent être remplis d'un matériau diélectrique ayant une permittivité inférieure à la permittivité dudit guide d'ondes.

[0028] A titre purement illustratif, le matériau diélectrique ayant une permittivité inférieure à la permittivité dudit guide d'ondes est une mousse.

- cette enveloppe protectrice étant un élément tubulaire allongé, au moins l'épaisseur W dudit élément tubulaire est déterminée de manière à minimiser l'influence de ladite enveloppe protectrice sur les modes de propagation.

[0029] De préférence, cette enveloppe protectrice est ainsi configurée non seulement pour faciliter l'obtention de l'ensemble pour la propagation d'ondes, mais également pour éviter que celle-ci ne vienne perturber les modes de propagation des ondes à l'intérieur du guide d'ondes.

[0030] A titre d'exemple, cet élément tubulaire allongé peut présenter une section carrée, rectangulaire, elliptique, ...

- cette enveloppe protectrice présente une section transversale droite circulaire ou sensiblement circulaire.

[0031] De manière avantageuse, une telle configuration de l'enveloppe protectrice permet de limiter les contacts de l'ensemble avec une surface plane et, par conséquent, limite les perturbations externes.

[0032] Cependant, la forme de cette section transversale peut également être choisie dans le groupe comprenant carrée, rectangulaire, elliptique, ...

[0033] De manière plus générale, l'enveloppe protectrice pourrait présenter un relief de surface participant à l'éloignement des perturbations extérieures. Par exemple, le pourtour de l'enveloppe protectrice pourrait présenter des nervures ou saillies.

- ledit guide d'ondes présente une section transversale carrée, rectangulaire ou en forme de croix.

[0034] Ledit guide d'ondes présentant une section transversale en forme de croix, cette dernière peut être pleine ou comporter un ou plusieurs trous.

[0035] La mise en œuvre d'un guide d'ondes à section transversale en forme de croix permet de doubler le nombre de modes de propagation possibles par rapport à un guide d'onde à section rectangulaire, tout en réduisant les phénomènes d'interférence, ou cross-talk, à un minimum. Ceci est obtenu grâce à l'orthogonalité de champs oscillant à une même fréquence.

[0036] Une telle configuration est particulièrement avantageuse dans le cadre d'une communication en duplex intégral, c'est-à-dire une communication sans interférences.

[0037] Elle est également très utile pour l'amélioration du débit dans les modes de communication unidirectionnel, semi-duplex et duplex intégral.

[0038] De manière avantageuse, une telle configuration permet d'améliorer la compacité d'un système de communication intégrant un tel dispositif par rapport à des dispositifs de communication entièrement multimodes.

[0039] La présence d'un ou plusieurs trous permet d'alléger l'ensemble et de diminuer les pertes. Ce ou ces trous peuvent être remplis d'un matériau diélectrique ayant une permittivité inférieure à la permittivité dudit guide d'ondes, lequel participe alors à la rigidité de l'ensemble pour la propagation des ondes.

[0040] A titre purement illustratif, ce matériau diélectrique ayant une permittivité inférieure à la permittivité dudit guide d'ondes est une mousse.

- cette enveloppe protectrice étant en plastique, elle est réalisée dans la même matière plastique que ledit guide d'ondes.

[0041] De manière avantageuse, l'enveloppe protectrice et le guide d'ondes sont réalisés en polytétrafluoroéthène (PTFE - Téflon®).

[0042] De manière plus générale, l'enveloppe protectrice et le guide d'ondes sont réalisées dans au moins un matériau choisi dans le groupe comprenant le polyuréthane (PU), le polytétrafluoroéthène, polyéthylène (PE), polypropylène (PP), polystyrène (PS), polycarbonate (PC), Mylar (PET), plexiglas (PMMA), polyvinyle (PVC), polychlorures, polyvinyles, Nylon (PA), acrylonitrile butadiène styrène (ABS), l'acide polylactique (PLA) et des combinaisons de ces éléments.

[0043] Cet ensemble pour la propagation d'ondes est d'une seule pièce. Ne résultant pas de l'assemblage d'éléments initialement distincts, cet ensemble présente avantageusement une résistance mécanique et une stabilité accrues pour assurer le guidage des ondes dans la bande de fréquences comprises entre 1 GHz et 10 THz.

[0044] De manière avantageuse, un tel ensemble peut également être obtenu par tout procédé conventionnel de fabrication de pièces plastiques tel que par extrusion ou par moulage par injection, et est donc de fabrication aisée. Son coût de fabrication est également peu élevé.

[0045] De plus, comme les ondes se propageant hors du guide d'ondes ne sont pas transportées par l'enveloppe protectrice, puisque cette dernière entoure l'espace dans lequel elles se propagent, aucune tolérance critique de fabrication n'est requise pour son obtention.

- ledit guide d'ondes est un guide d'ondes de fuite dans lequel le guide d'ondes comporte une ou plusieurs irrégularités pour générer des ondes électromagnétiques.

[0046] La nature et le positionnement de ces irrégularités sont contrôlés. Ces irrégularités peuvent ainsi être périodiques ou aperiodiques.

[0047] De préférence, ladite enveloppe protectrice comporte également une ou plusieurs irrégularités pour générer des ondes électromagnétiques.

[0048] A titre purement d'exemple, une telle irrégularité peut consister en une modification locale de section de l'enveloppe protectrice.

[0049] De manière avantageuse, l'ensemble pour la propagation d'ondes peut ainsi former une antenne orientée pour des communications sans fil.

[0050] La présente invention concerne également une liaison de communication. Selon l'invention, cette liaison de communication comporte un ensemble pour la propagation d'ondes tel que décrit précédemment.

[0051] De préférence, chaque extrémité dudit ensemble est couplée à un connecteur de liaison, en sorte de permettre de relier deux équipements avec ledit ensemble.

[0052] Cette liaison de communication destinée à transmettre des signaux peut être filaire ou sans fil.

[0053] Par exemple, cet ensemble pour la propagation d'ondes comportant une première et une seconde extrémités, il est couplé à chacune de ses extrémités à un connecteur de liaison choisi dans le groupe comprenant un connecteur USB, un connecteur HDMI, un connecteur DisplayPort (DP) et un connecteur Thunderbolt. A titre alternatif, et encore pour exemple, il peut encore s'agir d'un connecteur permettant la connexion à des systèmes embarqués.

[0054] Ce connecteur de liaison peut être de type mâle ou femelle.

[0055] Dans le cas d'une liaison de communication sans fil, les extrémités de l'ensemble pour la propagation d'ondes peuvent être couplées à des dispositifs émetteur/récepteur sans fil pour émettre ou recevoir des signaux sans fil.

[0056] La présente invention concerne encore un dispositif de réception/émission d'ondes électromagnétiques dans la bande de fréquences comprises entre 1 GHz et 10 THz.

5 **[0057]** Selon l'invention, ce dispositif comporte un ensemble pour la propagation d'ondes tel que décrit précédemment.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

10 **[0058]** D'autres avantages, buts et caractéristiques particulières de la présente invention ressortiront de la description qui va suivre, faite, dans un but explicatif et nullement limitatif, en regard des dessins annexés, dans lesquels :

- la Figure 1 montre de manière schématique un ensemble pour la propagation d'ondes selon un premier mode de réalisation de la présente invention;
- la Figure 2 est une vue en coupe transversale de l'ensemble de la Fig.1 ;
- 15 - la Figure 3 est une vue en coupe transversale d'un ensemble pour la propagation d'ondes selon un second mode de réalisation de la présente invention;
- la figure 4 montre de manière schématique les lignes de champ de l'ensemble de la Fig.1 en l'absence d'une perturbation extérieure appliquée à cet ensemble pour trois modes de propagation, respectivement notés A (1^{er} mode), B (2^e mode) et C (3^e mode) pour une fréquence de 80 GHz;
- 20 - la figure 5 illustre un test de robustesse de l'ensemble de la Fig.1 dans lequel deux blocs remplis d'une solution aqueuse viennent localement entourer la surface extérieure de l'enveloppe de protection de cet ensemble pour simuler l'effet d'une préhension manuelle de cet ensemble ;
- la Figure 6 montre la distribution spatiale calculée du champ électrique pour le premier mode de propagation pour une fréquence de 80 GHz, c'est-à-dire le premier mode de propagation dans la section rectangulaire placée le long
- 25 de l'axe des ordonnées (axe y) pour l'ensemble de la Fig. 5 ;
- la Figure 7 montre la distribution spatiale calculée du champ électrique pour le deuxième mode de propagation pour une fréquence de 80 GHz, c'est-à-dire le premier mode de propagation dans la section rectangulaire placée le long de l'axe des abscisses (axe x) pour l'ensemble de la Fig. 5 ;
- 30 - la Figure 8 montre la distribution spatiale calculée du champ électrique pour le troisième mode de propagation pour une fréquence de 80 GHz, c'est-à-dire le second mode de propagation dans la section rectangulaire placée le long de l'axe des ordonnées (axe y) pour l'ensemble de la Fig. 5 ;

DESCRIPTION DETAILLEE DE MODE DE REALISATION DE L'INVENTION

35 **[0059]** Tout d'abord, on note que les figures ne sont pas à l'échelle.

[0060] Les Figures 1 et 2 représentent schématiquement un ensemble 10 pour la propagation d'ondes selon un mode de réalisation particulier de la présente invention.

[0061] Cet ensemble 10 comprend un guide d'ondes 11 pour guider des ondes de fréquences comprises entre 1 GHz et 10 THz, lequel est réalisé dans une matière plastique telle que du polytétrafluoroéthène.

40 **[0062]** Ce guide d'ondes 11 est ici une pièce solide allongée présentant une section transversale droite en forme de croix, ce qui permet avantageusement de doubler le nombre de modes de propagation par rapport à un guide d'ondes à section rectangulaire. L'axe de propagation des ondes est l'axe longitudinal de cette pièce solide allongée.

[0063] Cet ensemble 10 comporte également une enveloppe 12 protectrice, ou gaine, qui entoure ce guide 11 d'ondes plastique en délimitant plusieurs espaces 13 - 16. Chacun de ces espaces 13-16 est ici délimité d'une part par la paroi

45 intérieure de l'enveloppe 12 protectrice et d'autre part par des surfaces externes du guide 11 d'ondes à section en forme de croix.

[0064] Ces espaces 13-16 sont remplis d'un fluide gazeux, ici de l'air.

[0065] Dans une variante de réalisation, ces espaces pourraient être remplis par un matériau présentant une permittivité inférieure à celle du guide d'ondes.

50 **[0066]** Cette enveloppe 12 protectrice est ici réalisée dans la même matière plastique que le guide 11 d'ondes plastique, l'ensemble 10 pour la propagation des ondes étant d'un seul tenant. Cet ensemble est ici obtenu par un procédé de moulage par injection.

[0067] Une partie des ondes se propagent dans ce guide 11 d'ondes plastique tandis qu'une autre partie de ces ondes se propagent à l'extérieur de ce guide 11 d'ondes dans les espaces 13-14 ainsi définis.

55 **[0068]** Les ondes se propageant à l'extérieur du guide 11 d'ondes plastique sont par conséquent contenues dans ces espaces en étant entourées par l'enveloppe 12 protectrice, laquelle forme ainsi une barrière protégeant ces dernières des perturbations externe.

[0069] Pour une fréquence de 80 GHz, cette enveloppe 12 protectrice présente ici une épaisseur W de l'ordre de 0,5

mm suffisante pour protéger efficacement des contraintes extérieures, les ondes se propageant à l'extérieur du guide 11 d'ondes.

[0070] De manière générale, cette enveloppe est définie de manière à être d'une part suffisamment épaisse pour protéger les ondes se propageant dans les espaces et les ondes se propageant à l'intérieur du guide d'onde des perturbations extérieures, et d'autre part pas trop épaisse de sorte à ne pas transformer l'enveloppe elle-même en un milieu de propagation pour les ondes qui viendraient perturber le fonctionnement du guide d'onde.

[0071] La définition de cette épaisseur résulte d'un compromis qui dépend fortement de la fréquence des ondes et du matériau utilisé.

[0072] La Figure 3 montre un ensemble 20 pour la propagation d'ondes selon un deuxième mode de réalisation de la présente invention.

[0073] Les éléments de la Fig. 3 portant les mêmes références que ceux des Figures 1 et 2 représentent les mêmes objets, lesquels ne seront pas décrits de nouveau ci-après.

[0074] Cet ensemble 20 pour la propagation d'ondes comprend un guide d'ondes 21 pour guider des ondes de fréquences comprises entre 1 GHz et 10 THz.

[0075] Ce guide d'ondes 21 est ici une pièce solide allongée présentant une section transversale droite en forme de croix munie d'un trou 22 central. Cette configuration permet, de manière avantageuse, d'augmenter le nombre de modes de propagations et de minimiser les pertes.

[0076] La figure 4 montre la distribution spatiale calculée du champ électrique pour les trois premiers modes de propagation pour une fréquence de 80 GHz et pour l'ensemble 10 pour la propagation d'ondes décrits aux Figures 1 et 2 en l'absence de perturbation extérieure appliquée sur l'ensemble.

[0077] La figure 5 illustre un test de robustesse de l'ensemble 10 pour la propagation d'ondes de la Fig. 1, dans lequel deux blocs 30, 31 remplis d'une solution aqueuse viennent localement entourer la surface extérieure de l'enveloppe 12 protectrice pour simuler l'effet d'une préhension manuelle de ce dernier.

[0078] Les éléments de la Fig. 5 portant les mêmes références que ceux des Figures 1 et 2 représentent les mêmes objets, lesquels ne seront pas décrits de nouveau ci-après.

[0079] Ces blocs 30, 31 diélectriques présentent une permittivité électrique de quatre-vingts (80), laquelle constitue une perturbation majeure pour la propagation des ondes dans ledit ensemble 10 pour la propagation d'ondes.

[0080] Les Figures 6 à 8 montrent la distribution spatiale calculée du champ électrique pour les trois premiers modes de propagation pour une fréquence de 80 GHz et pour l'ensemble 10 pour la propagation d'ondes décrits aux Figures 1 et 2, lorsqu'un contact extérieur est appliqué sur cet ensemble par l'intermédiaire des deux blocs 30, 31 de diélectriques. Ces résultats ont été obtenus à partir d'un logiciel de simulation de la société ANSYS Inc., Canonsburg, PA 15317 USA.

[0081] Elles montrent clairement l'avantage apporté par l'ensemble pour la propagation d'ondes de la présente invention. En effet, une comparaison entre les lignes de champs générées dans l'ensemble pour la propagation d'ondes de la Figure 4 et les lignes de champs générées dans l'ensemble pour la propagation d'ondes en présence d'une perturbation extérieure, tel que représenté sur les Figures 6 à 8, montre que la présence des blocs 30, 31 modifie de manière non significative les lignes de champ.

[0082] Le tableau ci-dessous permet d'illustrer de manière quantitative les performances de l'ensemble pour la propagation d'ondes de l'invention.

[0083] La transmission du signal est calculée d'une part pour un ensemble comportant un guide d'ondes de section en forme de croix de la Figure 1 pour les deux premiers modes de propagation, et d'autre part pour un guide d'ondes seul de section rectangulaire. Cette transmission est calculée en présence des blocs 30, 31 et en l'absence de ces blocs 30, 31. L'ensemble et le guide d'onde de section rectangulaire présentent une dimension longitudinale L de l'ordre de 15 mm selon l'axe Z. L'enveloppe protectrice présente une épaisseur W de 0,5 mm.

Tableau

| | Transmission en l'absence des blocs 30,31 | Transmission en présence des blocs 30,31 | Pertes additionnelles | Dimension (e) de chaque bloc selon l'axe z |
|---|---|--|-----------------------|--|
| Ensemble avec guide d'onde de section en forme de croix [1 ^{er} mode] | -0,09 dB | -0,25 dB | < 0,2 dB | 2,5 mm |
| Ensemble avec guide d'onde de section en forme de croix [2 ^{ème} mode] | -0,09 dB | -0,25 dB | < 0,2 dB | 2,5 mm |
| Guide d'ondes de section rectangulaire | -0,09 dB | -11,1 dB | 11 dB | 1,25 mm |

[0084] Ce tableau montre clairement les faibles pertes de signal obtenues pour l'ensemble pour la propagation d'ondes de l'invention, si l'on compare les résultats obtenus à ceux du guide d'ondes qui n'est pas entouré par une enveloppe protectrice.

[0085] Les pertes dues à la présence des blocs 30, 31 sont calculées comme étant seulement de l'ordre de quelques dixièmes de décibels (dB).

[0086] La présente invention permet ainsi d'obtenir un ensemble pour la propagation d'ondes résistant et fiable pour un coût particulièrement économique.

[0087] Cet ensemble peut être intégré dans les systèmes de l'électronique embarquée ou dans les centres de traitement des données pour remplacer les câbles de transmission de données existants tels que les câbles en cuivre ou fibres optiques.

Revendications

1. Ensemble pour la propagation d'ondes de fréquences comprises entre 1 GHz et 10 THz, **caractérisé en ce qu'il** comprend :
 - (a) un guide (11, 21) d'ondes configuré pour guider lesdites ondes, ledit guide (11, 21) d'ondes étant réalisé dans une matière plastique, une partie desdites ondes se propageant à l'intérieur dudit guide (11, 21) d'ondes et une autre partie desdites ondes se propageant à l'extérieur dudit guide (11, 21) d'ondes, et
 - (b) une enveloppe (12) protectrice qui entoure ledit guide (11, 21) d'ondes en délimitant un ou plusieurs espaces (13-16) entre ledit guide (11, 21) d'ondes et ladite enveloppe, dans lequel ou lesquels lesdites ondes se propageant à l'extérieur dudit guide (11, 21) d'ondes sont contenues, ladite enveloppe (12) protectrice configurée pour former ainsi une barrière pour protéger ces dernières des perturbations externes à l'ensemble,
 - (c) ladite enveloppe protectrice étant en plastique et réalisée dans la même matière plastique que ledit guide d'ondes (11, 21), et **en ce que** ledit ensemble est d'une seule pièce.
2. Ensemble selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit espace est rempli, ou lesdits espaces (13-16) sont remplis, d'un fluide gazeux.
3. Ensemble selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit espace est rempli, ou lesdits espaces (13-16) sont remplis, d'un matériau ayant une permittivité inférieure à celle dudit guide (11, 21) d'ondes.
4. Ensemble selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** ladite enveloppe (12) protectrice présente une section transversale droite circulaire ou sensiblement circulaire.
5. Ensemble selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** ledit guide (11, 21) d'ondes présente une section transversale carrée, rectangulaire ou en forme de croix, pleine ou comportant un ou plusieurs trous.
6. Ensemble selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** ladite enveloppe (12) protectrice et ledit guide (11, 21) d'ondes sont réalisées dans au moins un matériau choisi dans le groupe comprenant le polyuréthane, PU, polytétrafluoroéthène, polyéthylène, PE, polypropylène, PP, polystyrène, PS, polycarbonate, PC, polytéraphthalate d'éthylène, PET, polyméthacrylate de méthyle, PMMA, polyvinyle, PVC, polychlorures, polyvinyles, Nylon, PA, acrylonitrile butadiène styrène, ABS, l'acide polylactique, PLA, et des combinaisons de ces éléments.
7. Ensemble selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** ledit guide (11, 21) d'ondes est un guide d'ondes comportant une ou plusieurs irrégularités configurées pour générer des ondes électromagnétiques.
8. Ensemble selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** ladite enveloppe (12) protectrice comporte une ou plusieurs irrégularités configurées pour générer des ondes électromagnétiques.
9. Liaison de communication, **caractérisée en ce qu'elle** comporte un ensemble pour la propagation d'ondes selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, chacune des extrémités dudit ensemble étant couplée à un connecteur de liaison, en sorte de permettre de relier deux équipements avec ledit ensemble.
10. Dispositif de réception/émission d'ondes électromagnétiques dans la bande de fréquences comprises entre 1 GHz et 10 THz, **caractérisé en ce qu'il** comporte un ensemble pour la propagation d'ondes selon l'une quelconque des

revendications 1 à 8.

Patentansprüche

1. Anordnung für die Ausbreitung von Wellen mit Frequenzen zwischen 1 GHz und 10 THz, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie umfasst:
 - (a) einen Wellenleiter (11, 21), der dazu ausgebildet ist, Wellen zu leiten, wobei der Wellenleiter (11, 21) aus einem Kunststoffmaterial hergestellt ist, wobei sich ein Teil der Wellen innerhalb des Wellenleiters (11, 21) ausbreitet und sich ein anderer Teil der Wellen außerhalb des Wellenleiters (11, 21) ausbreitet, und
 - (b) eine Schutzumhüllung (12), die den Wellenleiter (11, 21) umgibt, indem sie einen oder mehrere Räume (13-16) zwischen dem Wellenleiter (11, 21) und der Umhüllung begrenzt, in dem oder in denen die sich außerhalb des Wellenleiters (11, 21) ausbreitenden Wellen enthalten sind, wobei die Schutzumhüllung (12) dazu ausgebildet ist, derart eine Barriere zu bilden, um letztere vor Störungen außerhalb der Anordnung zu schützen, und
 - (c) wobei die Schutzumhüllung aus Kunststoff besteht und aus dem gleichen Kunststoffmaterial wie der Wellenleiter (11, 21) hergestellt ist, und dass die Anordnung einstückig ist.
2. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Raum mit einem gasförmigen Fluid gefüllt ist oder die Räume (13-16) mit einem gasförmigen Fluid gefüllt sind.
3. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Raum mit einem Material gefüllt ist oder die Räume (13-16) mit einem Material gefüllt sind, das eine Permittivität aufweist, die kleiner als diejenige des Wellenleiters (11, 21) ist.
4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schutzumhüllung (12) einen kreisförmigen oder im Wesentlichen kreisförmigen Querschnitt aufweist.
5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wellenleiter (11, 21) einen quadratischen, rechteckigen oder kreuzförmigen Querschnitt aufweist, der massiv ist oder ein oder mehrere Löcher aufweist.
6. Anordnung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schutzumhüllung (12) und der Wellenleiter (11, 21) aus wenigstens einem Material gefertigt sind, das gewählt ist aus der Gruppe, umfassend Polyurethan, PU, Polytetrafluorethen, Polyethylen, PE, Polypropylen, PP, Polystyrol, PS, Polycarbonat, PC, Polyethylenterephthalat, PET, Polymethylmethacrylat, PMMA, Polyvinyl, PVC, Polychloride, Polyvinyl, Nylon, PA, Acrylnitril-Butadien-Styrol, ABS, Polymilchsäure, PLA, und Kombinationen davon.
7. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wellenleiter (11, 21) ein Wellenleiter, umfassend eine oder mehrere Unregelmäßigkeiten, ist, die zur Erzeugung elektromagnetischer Wellen ausgebildet sind.
8. Anordnung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schutzumhüllung (12) eine oder mehrere Unregelmäßigkeiten umfasst, die zur Erzeugung elektromagnetischer Wellen ausgebildet sind.
9. Kommunikationsverbindung, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Anordnung zur Wellenausbreitung nach einem der Ansprüche 1 bis 8 umfasst, wobei jedes der Enden der Anordnung mit einem Verbindungsanschluss gekoppelt ist, so dass zwei Geräte mit der Anordnung verbunden werden können.
10. Vorrichtung zum Empfang/Senden von elektromagnetischen Wellen im Frequenzbereich zwischen 1 GHz und 10 THz, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Anordnung zur Wellenausbreitung nach einem der Ansprüche 1 bis 8 umfasst.

Claims

1. An assembly for the propagation of waves of frequencies between 1 GHz and 10 THz, **characterized in that** it comprises:

(a) a waveguide (11, 21) configured to guide said waves, said waveguide (11, 21) being produced from a plastic material, a part of said waves propagating inside said waveguide (11, 21) and another part of said waves propagating outside said waveguide (11, 21), and

(b) a protective covering (12) which surrounds said waveguide (11, 21) delimiting one or more spaces (13-16) between said waveguide (11, 21) and said covering, in which space or spaces the waves propagating outside said waveguide (11, 21) are contained, said protective covering (12) configured to form thus a barrier to protect these waves from disturbances external to the assembly,

(c) said protective covering (12) being made of plastic and produced from the same plastic material as said waveguide (11, 21), and wherein said assembly is of a single piece.

2. The assembly as claimed in claim 1, **characterized in that** said space is filled, or said spaces (13-16) are filled, with a gaseous fluid.
3. The assembly as claimed in claim 1, **characterized in that** said space is filled, or said spaces (13-16) are filled, with a material having a permittivity lower than that of said waveguide (11, 21).
4. The assembly as claimed in any one of claims 1 to 3, **characterized in that** said protective covering (12) exhibits a circular or substantially circular transverse cross-section.
5. The assembly as claimed in any one of claims 1 to 4, **characterized in that** said waveguide (11, 21) exhibits a square, rectangular or cross-shaped transverse cross-section, which is solid or includes one or more holes.
6. The assembly as claimed in claim 5, **characterized in that** said protective covering (12) and said waveguide (11, 21) are produced from at least one material chosen from the group comprising polyurethane, PU, polytetrafluoroethylene, polyethylene, PE, polypropylene, PP, polystyrene, PS, polycarbonate, PC, Polytéréphtalate d'éthylène, PET, polyméthacrylate de méthyl, PMMA, polyvinyl, PVC, polychlorides, polyvinyls, Nylon, PA, acrylonitrile butadiène styrene, ABS, polylactide, PLA and combinations of these elements.
7. The assembly as claimed in any one of claims 1 to 6, **characterized in that** said waveguide (11, 21) is a waveguide including one or more irregularities to generate electromagnetic waves.
8. The assembly as claimed in claim 7, **characterized in that** said protective covering (12) includes one or more irregularities to generate electromagnetic waves.
9. A communication link, **characterized in that** it includes an assembly for the propagation of waves as claimed in any one of claims 1 to 8, each of the ends of said assembly being coupled to a link connector, so as to enable two items of equipment to be connected to said assembly.
10. A device for receiving/transmitting electromagnetic waves in the band of frequencies between 1 GHz and 10 THz, **characterized in that** it includes an assembly for the propagation of waves as claimed in any one of claims 1 to 8.

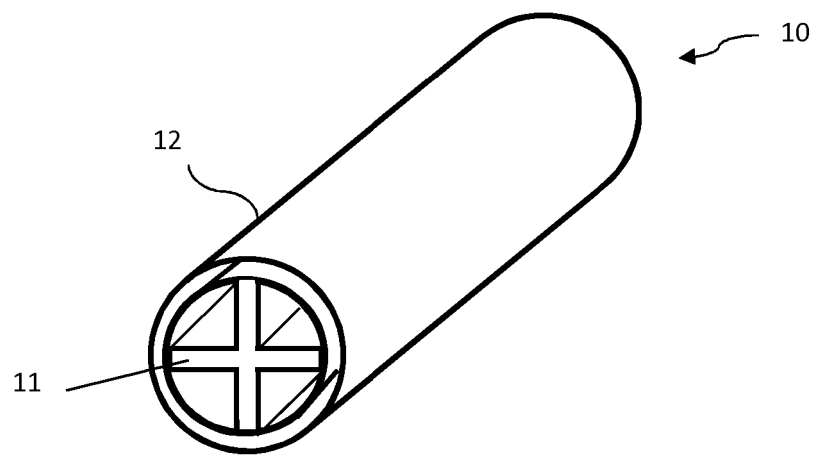


FIGURE 1

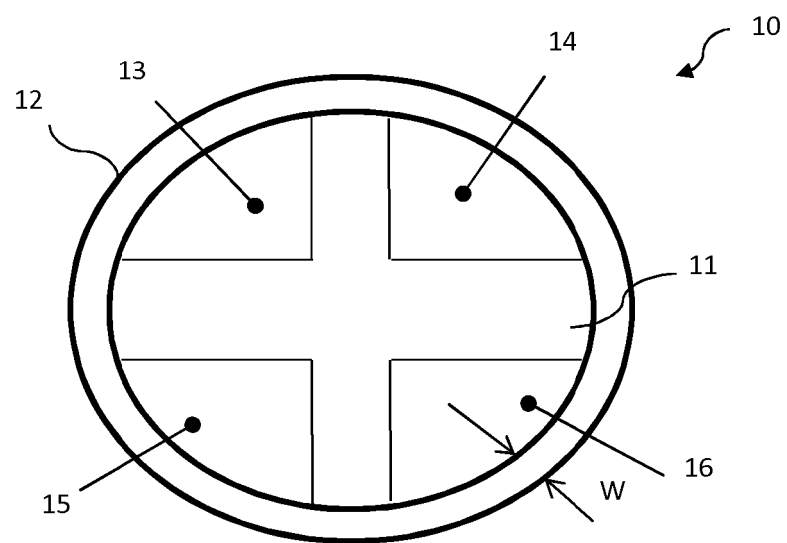


FIGURE 2

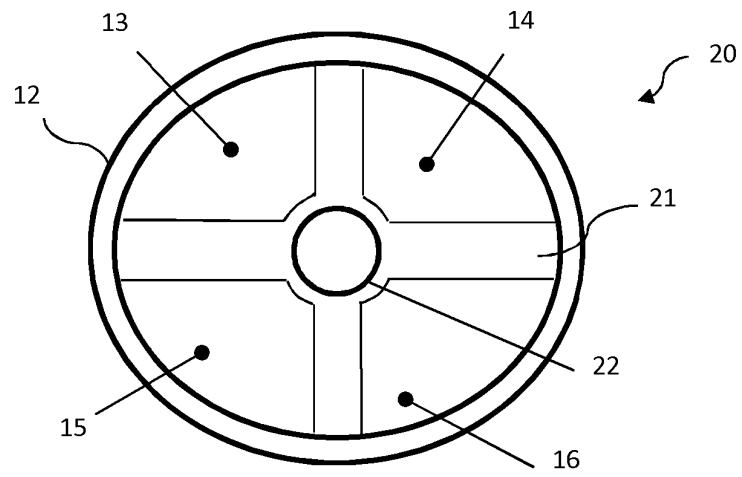


FIGURE 3

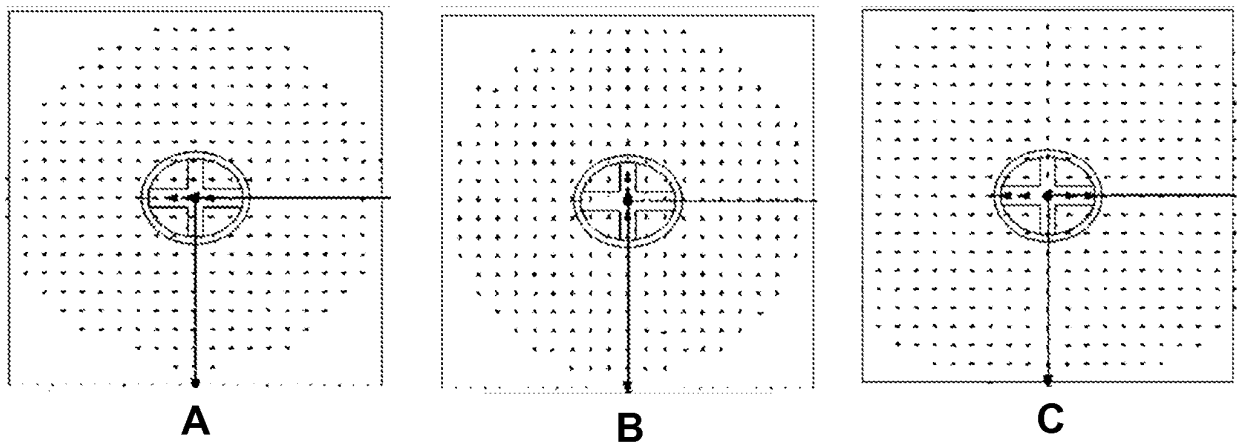


FIGURE 4

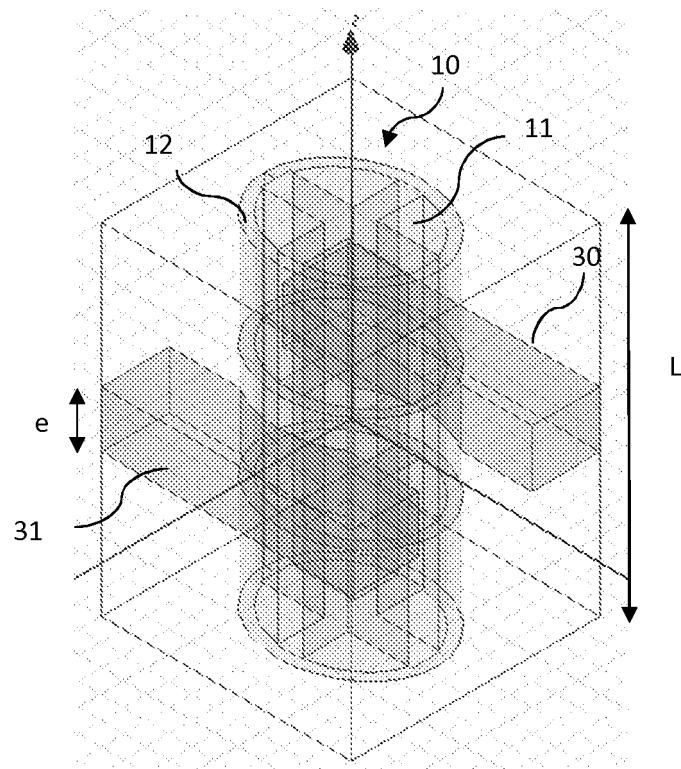


FIGURE 5

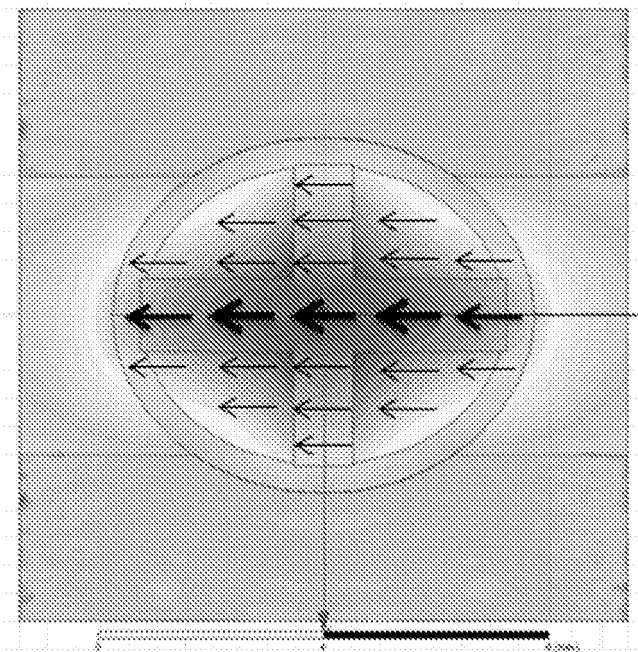


FIGURE 6

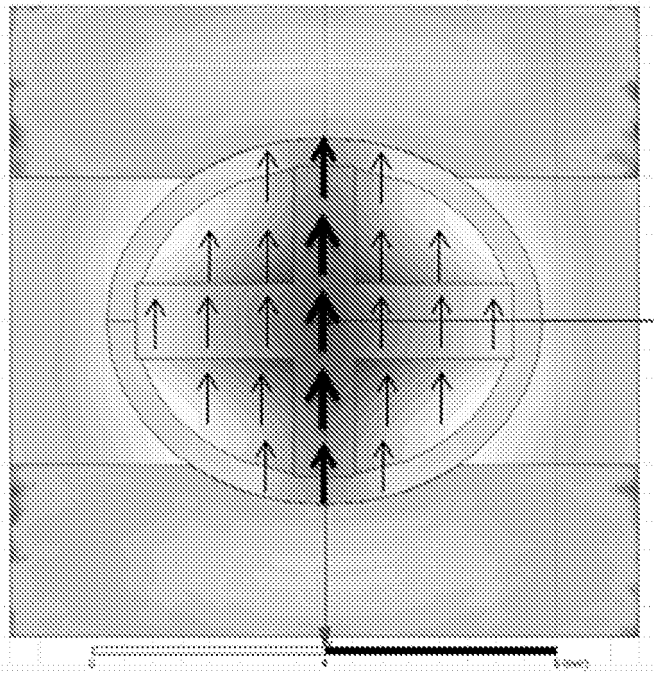


FIGURE 7

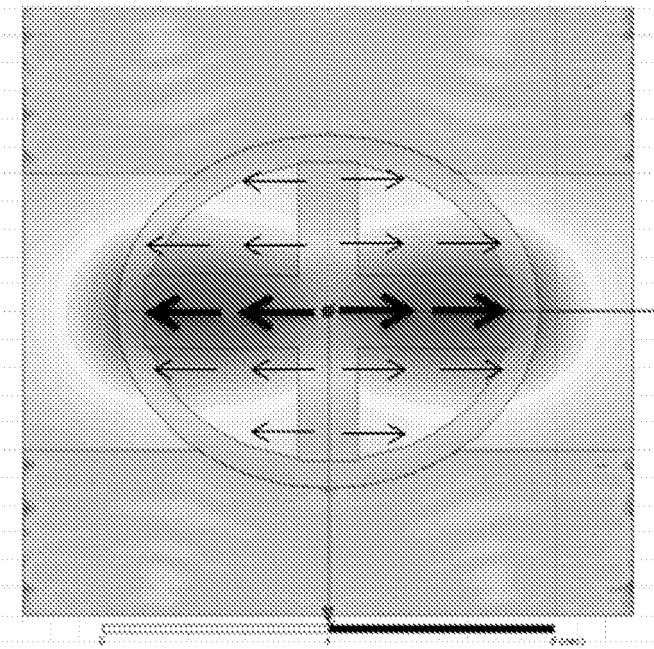


FIGURE 8

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.

Documents brevets cités dans la description

- US 3703690 A [0017]
- EP 2958187 A1 [0017]

Littérature non-brevet citée dans la description

- **DEVORER et al.** Dielectric coaxial waveguide.
JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, 01 Octobre
1973, vol. 44 (10), 4488-4500 [0017]