(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** ***3 099 491***

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **19 08910**

(51) Int Cl[8] : ***C 23 C 26/00*** *(2019.12), H 01 P 11/00, H 01 P 3/12*

(12) BREVET D'INVENTION B1

(54) Procédé de dépôt d'un métal conducteur électrique sur au moins une partie de la surface interne d'une cavité interne d'un guide d'ondes.

(22) **Date de dépôt :** 02.08.19.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 05.02.21 Bulletin 21/05.

(45) **Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention :** 14.01.22 Bulletin 22/02.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche :**

Se reporter à la fin du présent fascicule

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

◯ **Demande(s) d'extension :**

(71) **Demandeur(s) :** *AML FINANCES Société par actions simplifiée* —FR et *UNIVERSITE DE LORRAINE Etablissement public national à caractère scientifique culturel et professionnel* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** MILOJEVIC Jean-Yves, LIMBACH Régis, PORTEBOIS Léo, RAMENATTE Nicolas et MAZET Thierry.

(73) **Titulaire(s) :** AML FINANCES Société par actions simplifiée, UNIVERSITE DE LORRAINE Etablissement public national à caractère scientifique culturel et professionnel.

(74) **Mandataire(s) :** CABINET BLEGER-RHEIN-POUPON.

FR 3 099 491 - B1

Description

Titre de l'invention : Procédé de dépôt d'un métal conducteur électrique sur au moins une partie de la surface interne d'une cavité interne d'un guide d'ondes

[0001] La présente invention concerne un procédé de dépôt d'un métal conducteur électrique sur au moins une partie de la surface interne d'une cavité interne d'un guide d'ondes.

[0002] La présente invention concerne le domaine de la fabrication des guides d'ondes. Sans y être aucunement limitée, cette invention trouvera une application particulièrement appropriée lorsqu'il s'agit de fabriquer un guide d'ondes qui présente une cavité interne de faible diamètre et/ou une forme complexe, notamment tortueuse.

[0003] L'on connait, d'ores et déjà, des guides d'ondes, qui sont destinés à transmettre des signaux électromagnétiques, et qui trouvent, plus particulièrement, une application dans le domaine de l'aéronautique ou de l'aérospatiale, notamment dans le cadre de la réalisation de radars.

[0004] De tels guides d'ondes peuvent être réalisés en un matériau métallique ou en un matériau polymère. Ces guides d'ondes peuvent présenter des formes variées, notamment des formes complexes, par exemple des formes tortueuses avec une pluralité de coudes. De plus, ces guides d'ondes présentent une cavité interne dont la section transversale peut adopter différentes formes (rectangulaire, carrée, circulaire, elliptique ou autre) et différentes dimensions (qui peuvent aller de quelques dixièmes de millimètre à plusieurs centimètres).

[0005] Pour pouvoir transmettre des signaux électromagnétiques de manière appropriée, la cavité interne de ces guides d'ondes doit présenter une surface interne dont les propriétés de conductivité électrique sont très élevées et dont l'état est peu accidenté. En particulier, cette surface interne doit présenter une faible rugosité.

[0006] L'on connait, en particulier, des guides d'ondes réalisés en un alliage de titane. Ces guides d'ondes comportent une cavité interne dont la surface interne présente des propriétés de conductivité électrique qui s'avèrent insuffisantes pour certaines applications. Pour remédier à cet inconvénient, il a été imaginé de déposer un métal conducteur électrique sur cette surface interne.

[0007] Le dépôt, sur cette surface interne, d'un tel métal conducteur électrique peut être réalisé selon un premier procédé qui consiste à déposer de l'argent par voie électrolytique.

[0008] Ce premier procédé consiste, tout d'abord, à décaper la surface interne et, ensuite, à déposer, sur la surface interne décapée, un dépôt de nickel par voie chimique. Par la

suite, on positionne une anode à l'intérieur du guide d'ondes et on raccorde ce guide d'ondes à une cathode. Ensuite, on procède à une série de trempes de ce guide d'ondes dans plusieurs bains successifs contenant de l'argent. Au cours de ces trempes successives, on fait passer un courant électrique entre l'anode et la cathode, ceci au travers du bain contenant l'argent. Il en résulte un dépôt d'argent sur la surface interne du guide d'ondes par électrolyse.

[0009] Ce premier procédé présente, cependant, un certain nombre d'inconvénients. En particulier, ce premier procédé permet de déposer, sur la surface interne de la cavité interne d'un guide d'ondes, une couche d'argent qui n'est que de faible épaisseur (de quelques microns à 15 microns). De plus, ce premier procédé ne permet pas de déposer une épaisseur d'argent constante sur toute la surface interne de la cavité interne. En outre, à chaque rupture de forme, des effets de bord apparaissent. Finalement et tel que mentionné ci-dessus, ce premier procédé consiste à positionner une anode à l'intérieur de la cavité interne du guide d'ondes ce qui limite fortement la taille de la cavité interne et la complexité de la forme des guides d'ondes susceptibles d'être traités par ce premier procédé, ceci alors que la tendance actuelle est d'aller vers des guides d'ondes dont la section est de plus en plus petite et dont les formes sont de plus en plus complexes.

[0010] Une solution à certains de ces inconvénients a été apportée par un deuxième procédé qui consiste à déposer de l'argent par voie chimique.

[0011] Ce deuxième procédé présente des similitudes avec le premier procédé décrit ci-dessus mais diffère par rapport à ce premier procédé dans le sens où le dépôt d'argent s'effectue sans intervention de courant.

[0012] Bien que ce deuxième procédé permette de déposer de l'argent sur la surface interne d'une cavité interne d'un guide d'onde qui présente une forme complexe et/ou une cavité interne de faible section, ce deuxième procédé présente, cependant, d'autres inconvénients.

[0013] A ce propos, on observera que la mise en œuvre de ce deuxième procédé s'avère particulièrement longue ce qui en limite l'utilisation à l'échelle industrielle. De plus, les résultats obtenus par la mise en œuvre de ce deuxième procédé n'ont pas encore permis d'obtenir la qualification de ce procédé pour la fabrication des guides d'ondes dans certains domaines spécifiques, notamment l'aérospatiale.

[0014] De plus, pour la mise en œuvre de ce deuxième procédé, il est nécessaire de recourir à des composés qui confèrent aux bains des propriétés auto-catalytiques comme le phosphore. Ces composés engendrent la formation de phases intermétalliques fragiles lorsque le guide d'ondes subit une élévation de température.

[0015] La présente invention se veut de remédier aux inconvénients des dispositifs de conditionnement de l'état de la technique.

[0016] A cet effet, l'invention concerne un procédé de dépôt d'un métal conducteur électrique sur au moins une partie de la surface interne d'une cavité interne d'un guide d'ondes. Ce procédé consiste en ce que :

[0017] - on prépare une suspension qui contient au moins un liquide et au moins un précurseur du métal conducteur électrique en suspension dans ledit au moins un liquide ;

[0018] - on enduit au moins une partie de la surface interne de la cavité interne du guide d'ondes avec la suspension ;

[0019] - on traite thermiquement au moins ladite partie de la surface interne de la cavité interne du guide d'ondes enduite avec la suspension.

[0020] Une autre caractéristique concerne le fait que ledit au moins un liquide est, soit au moins en partie constitué par de l'eau, soit au moins en partie constitué par de l'alcool et par au moins un liant, notamment au moins en partie constitué par de l'eau.

[0021] Une autre caractéristique concerne le fait que ledit au moins un précurseur du métal conducteur électrique est au moins en partie constitué par au moins une poudre, qui est fusible, et qui est au moins en partie constituée par au moins un alliage du métal conducteur électrique et d'un autre métal.

[0022] Encore une autre caractéristique concerne le fait que ledit métal conducteur électrique est au moins en partie constitué par de l'argent et/ou ledit le guide d'ondes est au moins en partie constitué par un alliage de titane.

[0023] Une autre caractéristique concerne le fait que lorsqu'on traite thermiquement au moins ladite partie de la surface interne de la cavité interne du guide d'ondes enduite avec la suspension, on traite thermiquement au moins cette partie de la surface interne sous atmosphère inerte ou sous atmosphère réductrice et/ou on traite thermiquement au moins cette partie de la surface interne sous vide, notamment sous vide secondaire.

[0024] L'invention concerne, également, un procédé de fabrication d'un guide d'ondes métallisé comportant, d'une part, un guide d'ondes qui comporte une cavité interne présentant une surface interne et, d'autre part, une couche d'un métal conducteur électrique déposée sur au moins une partie de cette surface interne. Ce procédé est caractérisé en ce qu'on dépose la couche du métal conducteur électrique sur ladite au moins une partie de la surface interne de la cavité interne du guide d'ondes en mettant en œuvre le procédé décrit ci-dessus.

[0025] L'invention concerne, alors, également, un guide d'ondes métallisé comportant, d'une part, un guide d'ondes qui comporte une cavité interne présentant une surface interne et, d'autre part, une couche d'un métal conducteur électrique déposée sur au moins une partie de cette surface interne. Ce guide d'ondes est caractérisé en ce qu'il est obtenu par la mise en œuvre du procédé décrit ci-dessus.

[0026] Ainsi, le procédé de dépôt selon l'invention consiste, en particulier, en ce que, d'une

part, l'on prépare une suspension qui contient au moins un liquide et au moins un précurseur du métal conducteur électrique en suspension dans ledit au moins un liquide, d'autre part, on enduit au moins une partie de la surface interne de la cavité interne du guide d'ondes avec la suspension et, d'autre part encore, on traite thermiquement au moins ladite partie de la surface interne de la cavité interne du guide d'ondes enduite avec la suspension.

[0027] Ce procédé de dépôt permet, avantageusement et de manière appropriée, à la suspension de pénétrer à l'intérieur de la cavité interne d'un guide d'ondes et de recouvrir la surface interne d'une telle cavité interne, ceci quelles que soient la forme (même complexe et/ou tortueuse) de ce guide d'ondes et la section (même très faible, notamment inférieure au millimètre) de cette cavité interne.

[0028] Ce procédé de dépôt permet, également et avantageusement, d'éviter, comme dans l'état de la technique, d'introduire une anode à l'intérieur de la cavité interne d'un guide d'ondes. Ce procédé de dépôt permet, alors et par conséquent, d'une part, de déposer un métal conducteur électrique sur la surface interne d'une cavité interne d'un guide d'ondes de forme complexe et, d'autre part, de diminuer la taille de la section de la cavité interne des guides d'ondes sur la surface interne de laquelle il est possible de déposer un tel métal conducteur électrique.

[0029] Ce procédé de dépôt permet, également et avantageusement, de réduire les défauts et les phases fragiles dans la couche de métal conducteur électrique déposée sur la surface interne d'une cavité interne d'un guide d'ondes, ceci par rapport aux couches de métal conducteur électrique déposées par les procédés de l'état de la technique.

[0030] Encore un autre avantage consiste en ce que le procédé de dépôt permet d'atteindre un taux de recouvrement de la surface interne d'une cavité interne d'un guide d'ondes de 100% et permet d'obtenir un effet lissant sur une telle surface interne.

[0031] Ce procédé de dépôt permet, également, d'obtenir une continuité métallurgique entre le guide d'ondes et la couche de métal conducteur électrique déposée sur la surface interne de la cavité interne de ce guide d'ondes.

[0032] Finalement, ce procédé de dépôt est aisément industrialisable et son nombre d'étapes est limité.

[0033] D'autres buts et avantages de la présente invention apparaîtront au cours de la description qui va suivre se rapportant à des modes de réalisation qui ne sont donnés qu'à titre d'exemples indicatifs et non limitatifs.

[0034] La compréhension de cette description sera facilitée en se référant aux dessins joints en annexe et dans lesquels :

[0035] [Fig.1] représente une vue schématisée et de côté d'un guide d'ondes.

[0036] [Fig.2] représente une étape du procédé de dépôt d'un métal conducteur électrique sur au moins une partie de la surface interne d'une cavité interne du guide d'ondes

illustré [Fig.1], cette étape consistant à enduire ladite au moins une partie de la surface interne de la cavité interne d'un tel guide d'ondes avec une suspension qui contient au moins un liquide et au moins un précurseur du métal conducteur électrique en suspension dans ledit au moins un liquide.

[0037] [Fig.3] représente une vue schématisée, partielle et en coupe d'un guide d'ondes métallisé qui comporte, d'une part, un guide d'ondes comportant une cavité interne présentant une surface interne et, d'autre part, une couche d'un métal conducteur électrique déposée sur cette surface interne, ce guide d'ondes métallisé étant obtenu par la mise en œuvre d'un procédé conforme à l'état de la technique.

[0038] [Fig.4] représente une vue schématisée, partielle et en coupe d'un guide d'ondes métallisé qui comporte, d'une part, un guide d'ondes comportant une cavité interne présentant une surface interne et, d'autre part, une couche d'un métal conducteur électrique déposée sur cette surface interne, ceci par la mise en œuvre du procédé conforme à l'invention.

[0039] La présente invention concerne le domaine de la fabrication des guides d'ondes, plus particulièrement des guides d'ondes métallisés.

[0040] Un tel guide d'ondes métallisé G comporte un guide d'ondes 1 (illustré [Fig.1]) qui comporte une cavité interne 2 présentant une surface interne 3. Un tel guide d'ondes métallisé G comporte, également, une couche C d'un métal conducteur électrique 4 déposé sur au moins une partie de cette surface interne 3.

[0041] Il a été illustré [Fig.3] une vue schématisée, partielle et en coupe d'un tel guide d'ondes métallisé G obtenu par la mise en œuvre d'un procédé de dépôt d'un métal conducteur électrique 4 sur la surface interne 3 d'une cavité interne 2 d'un guide d'ondes 1, ce procédé de dépôt étant conforme à l'état de la technique. Tel que visible sur cette [Fig.3], ce guide d'ondes métallisé G présente des défauts métallurgiques D ou de zones fragiles Z, ceci au niveau de la surface interne 3 de la cavité interne 2 du guide d'ondes 1.

[0042] Afin de remédier au moins à ces inconvénients, il a été imaginé un nouveau procédé de dépôt d'un métal conducteur électrique 4 sur au moins une partie de la surface interne 3 d'une cavité interne 2 d'un tel guide d'ondes 1.

[0043] Ce procédé consiste en ce que :

[0044] - on prépare une suspension S qui contient au moins un liquide et au moins un précurseur du métal conducteur électrique 4 en suspension dans ledit au moins un liquide ;

[0045] - on enduit au moins une partie de la surface interne 3 de la cavité interne 2 du guide d'ondes 1 (voire l'intégralité de la surface interne 3 de la cavité interne 2 du guide d'ondes 1, voire encore l'intégralité de ce guide d'ondes 1) avec la suspension S ;

[0046] - on traite thermiquement au moins ladite partie de la surface interne 3 de la cavité

interne 2 du guide d'ondes 1 enduite avec la suspension S (voire l'intégralité de la surface interne 3 de la cavité interne 2 du guide d'ondes 1 enduite avec la suspension S, voire encore l'intégralité de ce guide d'ondes 1 enduit avec la suspension S).

[0047] Tel que mentionné ci-dessus, une étape de ce procédé consiste en ce qu'on prépare une suspension S qui contient au moins un liquide et au moins un précurseur du métal conducteur électrique 4 en suspension dans ledit au moins un liquide ;

[0048] Selon un premier type de réalisation, ledit au moins un liquide est au moins en partie constitué par de l'eau. Selon un mode préféré de réalisation de ce premier type de réalisation, ledit au moins un liquide est intégralement constitué par de l'eau.

[0049] Selon un deuxième type de réalisation, ledit au moins un liquide est au moins en partie constitué, d'une part, par de l'alcool et, d'autre part, par au moins un liant, notamment qui est au moins en partie constitué par de l'eau.

[0050] Selon un mode de réalisation préféré de ce deuxième type de réalisation, ledit au moins un liquide est intégralement constitué par de l'alcool et par un liant constitué par de l'eau.

[0051] Selon un mode préféré de réalisation de l'invention, ledit au moins un liquide est au moins en partie (voire, et de préférence, intégralement) constitué, d'une part, par au moins un solvant, qui est au moins en partie (voire, et de préférence, intégralement) constitué par de l'alcool, et qui représente entre 2 et 5% en masse de la suspension S (de préférence de l'ordre de 3,7% en masse de cette suspension S), et, d'autre part, par au moins un liant, qui est au moins en partie (voire, et de préférence, intégralement) constitué par de l'eau, et qui représente entre 4 et 7% en masse de la suspension S (de préférence de l'ordre de 5,7% en masse de cette suspension S).

[0052] Dans ladite suspension S, le précurseur du métal conducteur électrique 4 représente, alors, entre 88 et 94% en masse de la suspension S (de préférence de l'ordre de 90,6% en masse de la suspension S), ceci en sorte que le solvant, le liant et le précurseur représentent 100% en masse de cette suspension S.

[0053] A ce propos, on observera que de bons résultats sont obtenus pour une suspension S qui contient :

[0054] - un liquide intégralement constitué, d'une part, par un solvant, qui est intégralement constitué par de l'alcool, et qui représente de l'ordre de 3,7% en masse de la suspension S, et, d'autre part, par un liant, qui est intégralement constitué par de l'eau, et qui représente de l'ordre de 5,7% en masse de la suspension S ;

[0055] – un précurseur du métal conducteur électrique 4 qui représente de l'ordre de 90,6% en masse de la suspension S.

[0056] En ce qui concerne le précurseur du métal conducteur électrique 4, celui-ci est au moins en partie (voire, et de préférence, intégralement) constitué par au moins une poudre, qui est fusible, et qui est au moins en partie (voire, et de préférence, inté-

gralement) constituée par au moins un alliage du métal conducteur électrique 4 et d'un autre métal.

[0057] Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, ledit métal conducteur électrique 4 est au moins en partie (voire, et de préférence, intégralement) constitué par de l'argent.

[0058] De manière additionnelle, ledit au moins un alliage mentionné ci-dessus est, alors, constitué par un alliage d'argent et de cuivre.

[0059] Tel que mentionné ci-dessus, une étape du procédé selon l'invention consiste en ce qu'on prépare une suspension S qui contient au moins un liquide et au moins un précurseur du métal conducteur électrique 4 en suspension dans ledit au moins un liquide.

[0060] A ce propos, on observera que, lorsqu'on prépare une telle suspension S, on introduit le précurseur du métal conducteur électrique 4 dans un récipient, ceci avant d'introduire, dans ce récipient et de manière progressive, ledit au moins un liquide. La suspension S est homogénéisée, notamment sous agitation, plus particulièrement à l'aide d'un agitateur magnétique. Cette suspension S est maintenue sous agitation au moins jusqu'à enduction de ladite au moins une surface interne 3 de la cavité interne 2 du guide d'ondes 1 avec la suspension S.

[0061] Tel que mentionné ci-dessus, une étape du procédé consiste en ce qu'on enduit ladite au moins une partie de la surface interne 3 de la cavité interne 2 du guide d'ondes 1 avec la suspension S.

[0062] A ce propos, on observera que, lorsqu'on enduit ladite au moins une partie d'une telle surface interne 3, on immerge au moins ladite au moins une partie de la surface interne 3 de la cavité interne 2 du guide d'ondes 1 dans la suspension S ou on dépose (plus particulièrement à l'aide d'un pinceau ou analogue) un film de la suspension S au moins sur ladite au moins une partie de la surface interne 3.

[0063] Cependant, de manière alternative et selon un mode de réalisation préféré de l'invention, lorsqu'on enduit ladite au moins une partie d'une telle surface interne 3, on injecte ladite suspension S à l'intérieur de la cavité interne 2 du guide d'ondes 1, ceci tel que visible [Fig.2] et/ou à l'aide d'une pompe, d'une seringue ou analogue.

[0064] A ce propos, on observera qu'une autre étape du procédé consiste, après avoir enduit ladite au moins une partie de la surface interne 3 de la cavité interne 2 du guide d'ondes 1 avec ladite suspension S (notamment par injection de ladite suspension S à l'intérieur de la cavité interne 2 du guide d'ondes 1), en ce qu'on procède au retrait de cette suspension S hors de cette cavité interne 2, plus particulièrement sous l'effet de la gravité.

[0065] Encore une autre caractéristique de l'invention consiste en ce que, après avoir enduit ladite au moins une partie de la surface interne 3 de la cavité interne 2 du guide

d'ondes 1 avec ladite suspension S, l'épaisseur du précurseur de métal conducteur électrique 4 sur cette surface interne 3 est comprise entre 60 et 100 microns, de préférence de l'ordre de 80 microns.

[0066] Tel que mentionné ci-dessus, une étape du procédé consiste en ce qu'on enduit au moins une partie la surface interne 3 de la cavité interne 2 du guide d'ondes 1 avec la suspension S.

[0067] A ce propos, on observera que, selon un premier mode de réalisation, on enduit l'intégralité de la surface interne 3 de la cavité interne 2 du guide d'ondes 1 avec la suspension S.

[0068] Cependant et selon un autre mode de réalisation, on enduit uniquement une partie de la surface interne 3 de la cavité interne 2 du guide d'ondes 1 avec la suspension S. Pour ce faire, préalablement à l'étape d'enduction, on traite la ou les parties de la surface interne 3 de la cavité interne 2 du guide d'ondes 1 qui ne doivent pas être enduites, ceci à l'aide d'un agent anti-mouillant ou analogue.

[0069] Une autre caractéristique du procédé selon l'invention consiste en ce que, avant d'enduire au moins une partie de la surface interne 3 de la cavité interne 2 du guide d'ondes 1 avec la suspension S, on dégraisse au moins ladite au moins une partie de la surface interne 3 de la cavité interne 2 du guide d'ondes 1, voire l'intégralité de cette surface interne 2, voire encore l'intégralité du guide d'ondes 1.

[0070] A ce propos, on observera qu'un tel dégraissage est réalisé à l'aide d'un solvant, notamment de l'acétone.

[0071] De manière additionnelle, un tel dégraissage est réalisé par immersion du guide d'ondes 1 dans au moins un bain (de préférence dans plusieurs bains successifs) contenant un tel solvant. Un tel dégraissage peut être amélioré lorsqu'il est effectué sous ultrasons, notamment dans une cuve à ultrasons contenant un bain tel que susmentionné.

[0072] Tel que mentionné ci-dessus, le procédé consiste en ce qu'on traite thermiquement au moins ladite partie de la surface interne 3 de la cavité interne 2 du guide d'ondes 1 enduite avec la suspension S.

[0073] A ce propos, on observera que, lorsqu'on traite thermiquement au moins ladite partie de la surface interne 3 de la cavité interne 2 du guide d'ondes 1 enduite avec la suspension S (voire l'intégralité de cette surface interne 2 enduite avec cette suspension S, voire encore l'intégralité du guide d'ondes 1 enduit avec cette suspension S), on traite thermiquement au moins cette partie de la surface interne 3 (voire l'intégralité de cette surface interne 2 enduite avec cette suspension S, voire encore l'intégralité du guide d'ondes 1 enduit avec cette suspension S) sous atmosphère inerte ou sous atmosphère réductrice.

[0074] Plus particulièrement, lorsqu'on traite thermiquement au moins cette partie de la

surface interne 3 (voire l'intégralité de cette surface interne 2 enduite avec cette suspension S, voire encore l'intégralité du guide d'ondes 1 enduit avec cette suspension S) sous atmosphère inerte, on traite au moins cette partie de la surface interne 3 (voire l'intégralité de cette surface interne 2 enduite avec cette suspension S, voire encore l'intégralité du guide d'ondes 1 enduit avec cette suspension S) sous un gaz inerte, notamment de l'argon.

[0075] De manière alternative, lorsqu'on traite thermiquement au moins cette partie de la surface interne 3 (voire l'intégralité de cette surface interne 2 enduite avec cette suspension S, voire encore l'intégralité du guide d'ondes 1 enduit avec cette suspension S) sous atmosphère réductrice, on traite au moins cette partie de la surface interne 3 (voire l'intégralité de cette surface interne 2 enduite avec cette suspension S, voire encore l'intégralité du guide d'ondes 1 enduit avec cette suspension S) sous un gaz réducteur, notamment de l'hydrogène.

[0076] De manière alternative ou (et de préférence) additionnelle, lorsqu'on traite thermiquement au moins ladite partie de la surface interne 3 de la cavité interne 2 du guide d'ondes 1 enduite avec la suspension S (voire l'intégralité de cette surface interne 2 enduite avec cette suspension S, voire encore l'intégralité du guide d'ondes 1 enduit avec cette suspension S), on traite thermiquement au moins cette partie de la surface interne 3 (voire l'intégralité de cette surface interne 2 enduite avec cette suspension S, voire encore l'intégralité du guide d'ondes 1 enduit avec cette suspension S) sous vide, notamment sous vide secondaire.

[0077] De plus, lorsqu'on traite thermiquement au moins ladite partie de la surface interne 3 de la cavité interne 2 du guide d'ondes 1 enduite avec la suspension S (voire l'intégralité de cette surface interne 2 enduite avec cette suspension S, voire encore l'intégralité du guide d'ondes 1 enduit avec cette suspension S), on chauffe au moins cette partie de la surface interne 3 (voire l'intégralité de cette surface interne 2 enduite avec cette suspension S, voire encore l'intégralité du guide d'ondes 1 enduit avec cette suspension S) et/ou cette suspension S à une température supérieure ou égale à la température de fusion dudit au moins un précurseur du métal conducteur électrique 4.

[0078] Un mode préféré de réalisation consiste, alors, à assurer ce chauffage en observant un palier à cette température (notamment un palier d'une durée d'environ une heure) et/ou à assurer ce chauffage à une température d'environ 820°C. Un tel chauffage permet, avantageusement, au précurseur du métal conducteur électrique 4 de fondre et d'interagir avec le matériau du guide d'ondes 1, plus particulièrement par un phénomène de dissolution et/ou de diffusion.

[0079] Tel que mentionné ci-dessus, ledit au moins un liquide est au moins en partie constitué par au moins un liant.

[0080] A ce propos, on observera que, lorsqu'on traite thermiquement au moins ladite partie

de la surface interne 3 de la cavité interne 2 du guide d'onde 1 enduite avec la suspension S (voire l'intégralité de cette surface interne 2 enduite avec cette suspension S, voire encore l'intégralité du guide d'ondes 1 enduit avec cette suspension S), on chauffe au moins cette partie de la surface interne 3 (voire l'intégralité de cette surface interne 2 enduite avec cette suspension S, voire encore l'intégralité du guide d'ondes 1 enduit avec cette suspension S) et/ou cette suspension S à une température supérieure ou égale à la température de déliantage du liant.

[0081] Un mode préféré de réalisation consiste, alors, à assurer ce chauffage en observant un palier à cette température (notamment un palier d'une durée d'environ une heure) et/ou à assurer ce chauffage à une température d'environ 500°C.

[0082] A ce propos, on observera qu'on chauffe au moins cette partie de la surface interne 3 (voire l'intégralité de cette surface interne 2 enduite avec cette suspension S, voire encore l'intégralité du guide d'ondes 1 enduit avec cette suspension S) et/ou cette suspension S à une température supérieure ou égale à la température de déliantage du liant, ceci avant qu'on chauffe au moins cette partie de la surface interne 3 (voire l'intégralité de cette surface interne 2 enduite avec cette suspension S, voire encore l'intégralité du guide d'ondes 1 enduit avec cette suspension S) et/ou cette suspension S à une température supérieure ou égale à la température de fusion dudit au moins un précurseur du métal conducteur électrique 4.

[0083] En fait le chauffage est assuré à l'intérieur d'un four.

[0084] Une autre étape du procédé consiste en ce que, après le chauffage, on assure le refroidissement d'au moins le guide d'ondes 1, ceci avec l'inertie du four.

[0085] Une autre caractéristique de l'invention consiste en ce que le guide d'ondes 1 est au moins en partie constitué par un alliage de titane.

[0086] L'invention concerne, également, un procédé de fabrication d'un guide d'ondes métallisé G comportant (tel que mentionné ci-dessus), d'une part, un guide d'ondes 1 qui comporte une cavité interne 2 présentant une surface interne 3 et, d'autre part, une couche C d'un métal conducteur électrique 4 déposée sur au moins une partie de cette surface interne 3 (voire sur l'intégralité de cette surface interne 2, voire encore sur l'intégralité du guide d'ondes 1).

[0087] Ce procédé de fabrication est caractérisé en ce qu'on dépose la couche C du métal conducteur électrique 4 sur ladite au moins une partie de la surface interne 3 de la cavité interne 2 du guide d'ondes 1 (voire sur l'intégralité de cette surface interne 2, voire encore sur l'intégralité du guide d'ondes 1), ceci en mettant en œuvre le procédé de dépôt décrit ci-dessus.

[0088] Finalement, l'invention concerne un guide d'ondes métallisé G qui comporte (tel que décrit ci-dessus), d'une part, un guide d'ondes 1 qui comporte une cavité interne 2 présentant une surface interne 3 et, d'autre part, une couche C d'un métal conducteur

électrique 4 déposée sur au moins une partie de cette surface interne 3 (voire sur l'intégralité de cette surface interne 2, voire encore sur l'intégralité du guide d'ondes 1). Ce guide d'ondes métallisé G est obtenu par la mise en œuvre du procédé de fabrication décrit ci-dessus.

[0089] Tel que visible sur la [Fig.4], ce guide d'ondes métallisé G (obtenu par la mise en œuvre du procédé conforme à l'invention) est dépourvue de défauts métallurgiques ou de zones fragiles, ceci au niveau de la surface interne 3 de la cavité interne 2 de guide d'ondes 1.

Revendications

[Revendication 1] Procédé de dépôt d'un métal conducteur électrique (4) sur au moins une partie de la surface interne (3) d'une cavité interne (2) d'un guide d'ondes (1), ce procédé consiste en ce que :
- on prépare une suspension (S) qui contient, d'une part, au moins un liquide qui est au moins en partie constitué, soit par de l'eau, soit par de l'alcool et par au moins un liant et, d'autre part, au moins un précurseur du métal conducteur électrique (4) en suspension dans ledit au moins un liquide, ledit au moins un précurseur du métal conducteur électrique est au moins en partie constitué par au moins une poudre, qui est fusible, et qui est au moins en partie constituée par au moins un alliage du métal conducteur électrique (4) et d'un autre métal ;
- on enduit au moins une partie de la surface interne (3) de la cavité interne (2) du guide d'ondes (1) avec la suspension (S) ;
- on traite thermiquement au moins ladite partie de la surface interne (3) de la cavité interne (2) du guide d'ondes (1) enduite avec la suspension (S).

[Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit au moins un liant est au moins en partie constitué par de l'eau.

[Revendication 3] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit au moins un liquide est au moins en partie constitué, d'une part, par au moins un solvant, qui est au moins en partie constitué par de l'alcool, et qui représente entre 2 et 5% en masse de la suspension (S) et, d'autre part, par au moins un liant, qui est au moins en partie constitué par de l'eau, et qui représente entre 4 et 7% en masse de la suspension (S).

[Revendication 4] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que ledit métal conducteur électrique (4) est au moins en partie constitué par de l'argent.

[Revendication 5] Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit métal conducteur électrique (4) est au moins en partie constitué par de l'argent tandis que ledit au moins un alliage est constitué par un alliage d'argent et de cuivre.

[Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, lorsqu'on enduit ladite au moins une partie de la surface interne (3) de la cavité interne (2) du guide d'ondes (1) avec la suspension (S), on injecte cette suspension (S) à l'intérieur de la cavité

interne (2) du guide d'ondes (1) ou on immerge au moins ladite au moins une partie de la surface interne (3) de la cavité interne (2) du guide d'ondes (1) dans la suspension (S) ou on dépose un film de la suspension (S) au moins sur ladite au moins une partie de la surface interne (3).

[Revendication 7] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, lorsqu'on traite thermiquement au moins ladite partie de la surface interne (3) de la cavité interne (2) du guide d'ondes (1) enduite avec la suspension (S), on traite thermiquement au moins cette partie de la surface interne (3) sous atmosphère inerte ou sous atmosphère réductrice.

[Revendication 8] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, lorsqu'on traite thermiquement au moins ladite partie de la surface interne (3) de la cavité interne (2) du guide d'ondes (1) enduite avec la suspension (S), on traite thermiquement au moins cette partie de la surface interne (3) sous vide, notamment sous vide secondaire.

[Revendication 9] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, lorsqu'on traite thermiquement au moins ladite partie de la surface interne (3) de la cavité interne (2) du guide d'ondes (1) enduite avec la suspension (S), on chauffe au moins cette partie de la surface interne (3) et/ou cette suspension (S) à une température supérieure ou égale à la température de fusion dudit au moins un précurseur du métal conducteur électrique (4).

[Revendication 10] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, lorsqu'on traite thermiquement au moins ladite partie de la surface interne (3) de la cavité interne (2) du guide d'onde (1) enduite avec la suspension (S), on chauffe au moins cette partie de la surface interne (3) et/ou cette suspension (S) à une température supérieure ou égale à la température de déliantage du liant.

[Revendication 11] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le guide d'ondes (1) est au moins en partie constitué par un alliage de titane.

[Revendication 12] Procédé de fabrication d'un guide d'ondes métallisé (G) comportant, d'une part, un guide d'ondes (1) qui comporte une cavité interne (2) présentant une surface interne (3) et, d'autre part, une couche (C) d'un métal conducteur électrique (4) déposée sur au moins une partie de cette surface interne (3), caractérisé en ce qu'on dépose la couche (C) du

métal conducteur électrique (4) sur ladite au moins une partie de la surface interne (3) de la cavité interne (2) du guide d'ondes (1) en mettant en œuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes.

[Fig. 1]

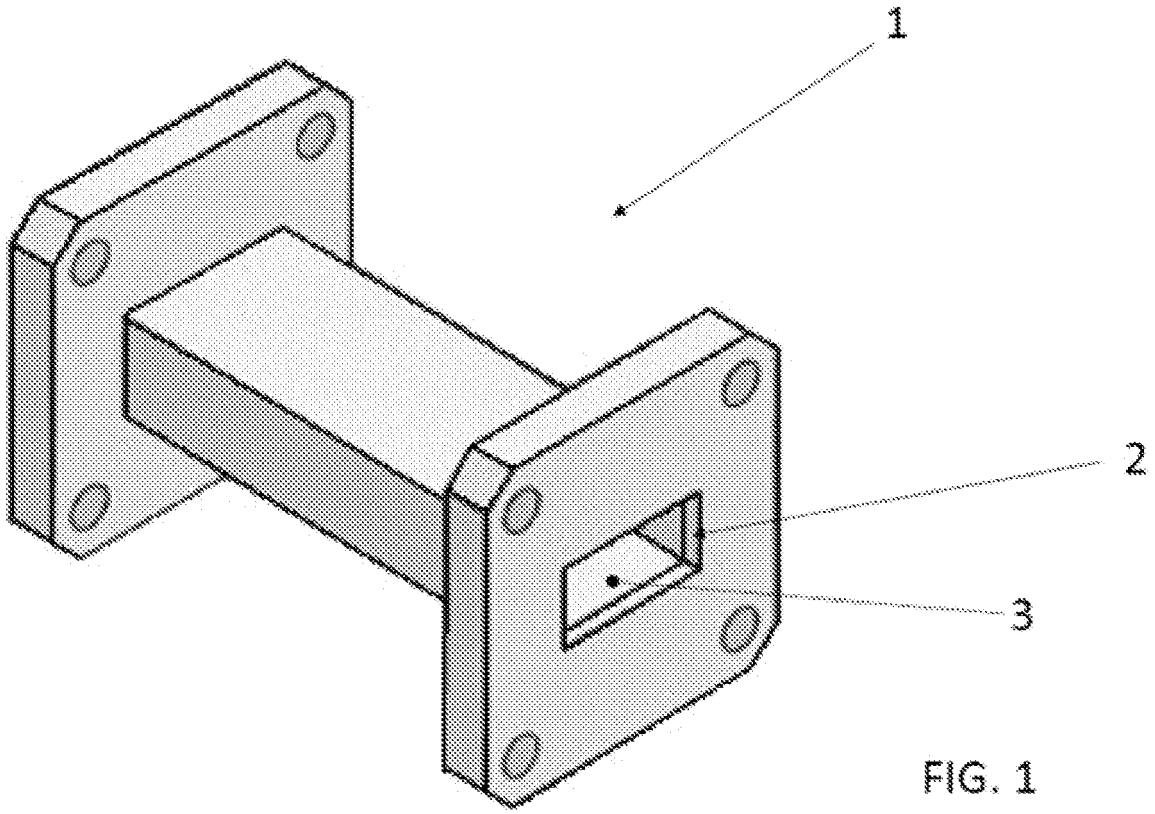


FIG. 1

[Fig. 2]

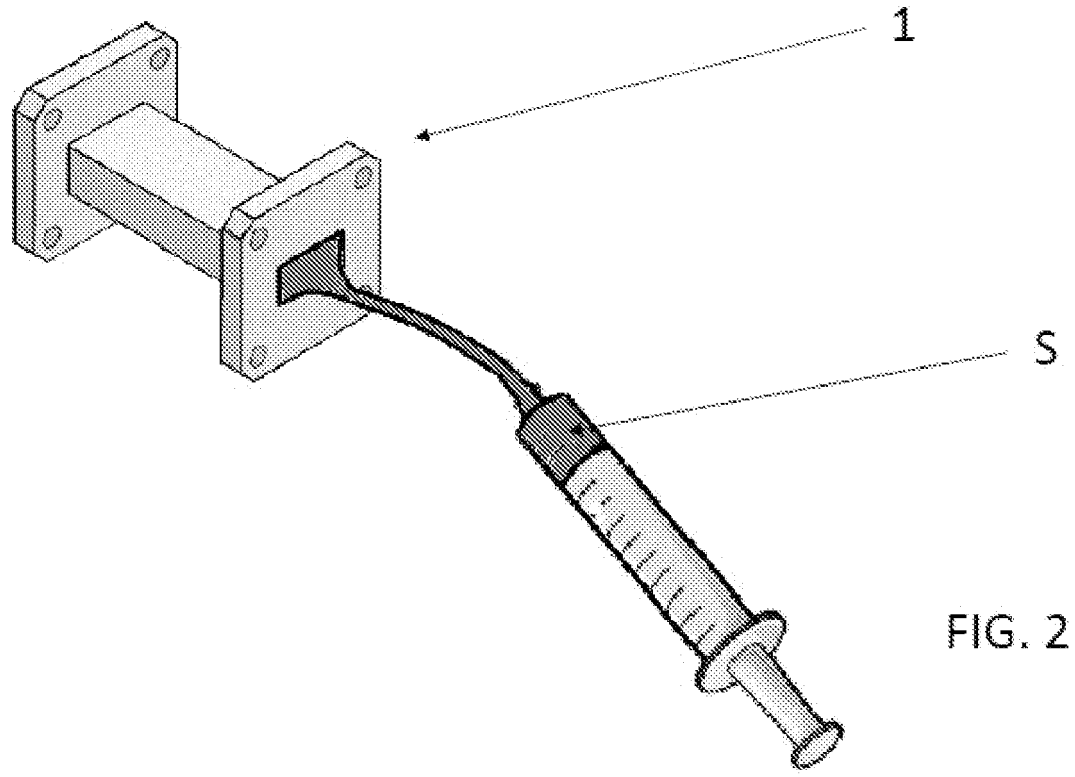


FIG. 2

[Fig. 3]

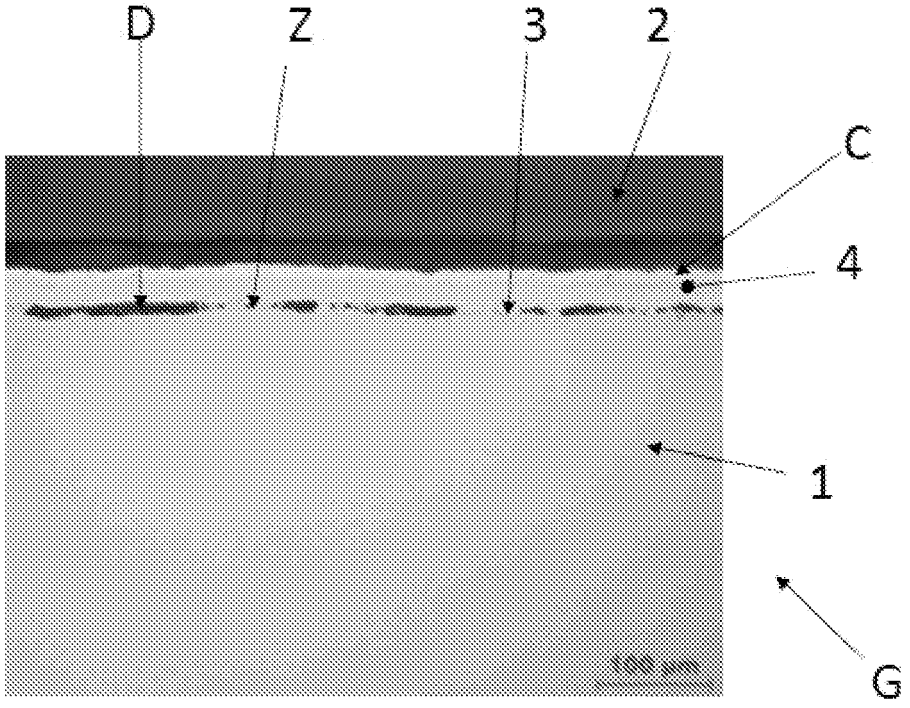


FIG. 3

[Fig. 4]

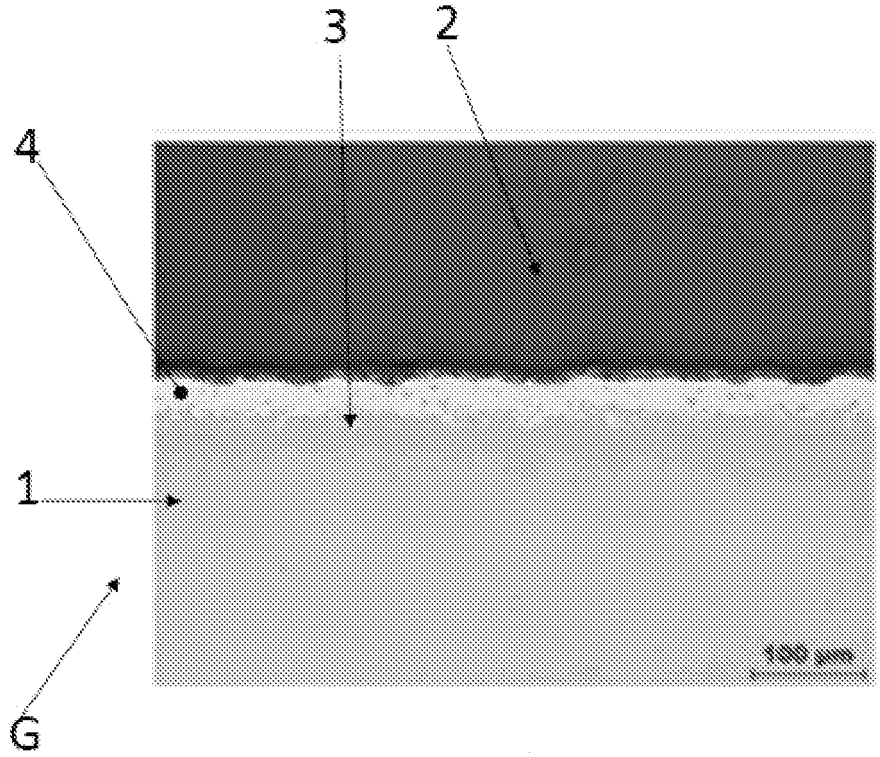


FIG. 4

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveauté) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.
Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

[x] Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☐ Le demandeur a maintenu les revendications.

[x] Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

[x] Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

[x] Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

EP 0 691 554 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR])
10 janvier 1996 (1996-01-10)

EP 0 344 478 A2 (UNIV RAMOT [IL])
6 décembre 1989 (1989-12-06)

US 2005/265677 A1 (HONGO AKIHITO [JP] ET AL) 1 décembre 2005 (2005-12-01)

US 2006/222762 A1 (MCEVOY KEVIN P [US] ET AL) 5 octobre 2006 (2006-10-05)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

WO 2013/030064 A1 (SWEREA IVF AB [SE]; AAKLINT THORBJOERN [SE] ET AL.)
7 mars 2013 (2013-03-07)

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT