



(11) **EP 3 771 750 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
27.03.2024 Bulletin 2024/13

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
C23C 24/08 (2006.01) **C23C 26/00** (2006.01)
G02B 6/00 (2006.01) **H01P 11/00** (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **20188644.7**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
C23C 26/00; C23C 24/08; H01P 11/002

(22) Date de dépôt: **30.07.2020**

(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**

VERFAHREN ZUR AUFBRINGUNG EINES ELEKTRISCH LEITENDEN METALLS AUF
MINDESTENS EINEN TEIL EINER INNENFLÄCHE EINES INTERNEN HOHLRAUMS EINES
WELLENLEITERS

METHOD FOR DEPOSITING AN ELECTRIC CONDUCTOR METAL ON AT LEAST ONE PORTION
OF THE INNER SURFACE OF AN INTERNAL CAVITY OF A WAVEGUIDE

(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**

(30) Priorité: **02.08.2019 FR 1908910**

(43) Date de publication de la demande:
03.02.2021 Bulletin 2021/05

(73) Titulaires:
• **AML Finances**
57280 Feves (FR)
• **Université de Lorraine**
54000 Nancy (FR)

(72) Inventeurs:
• **MILOJEVIC, Jean-Yes**
57420 CUVRY (FR)

- **LIMBACH, Régis**
57530 MIRECOURT (FR)
- **PORTEBOIS, Léo**
88500 MIRECOURT (FR)
- **RAMENATTE, Nicolas**
54300 LUNEVILLE (FR)
- **MAZET, Thierry**
54000 NANCY (FR)

(74) Mandataire: **Cabinet Bleger-Rhein-Poupon**
4a rue de l'Industrie
67450 Mundolsheim (FR)

(56) Documents cités:
EP-A1- 0 691 554 EP-A2- 0 344 478
WO-A1-2013/030064 US-A1- 2005 265 677
US-A1- 2006 222 762

EP 3 771 750 B1

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

[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 connaît, 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 connaît, 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 oeuvre 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 oeuvre 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 oeuvre 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] Les documents de l'art antérieur EP 0 691 554 A1 et EP 0 344 478 A2 divulguent des guides d'ondes métallisés comportant une cavité interne.

[0016] La présente invention se veut de remédier aux inconvénients des dispositifs de conditionnement de l'état de la technique.

[0017] 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. L'invention est définie par les revendications.

[0018] 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.

[0019] 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.

[0020] 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.

[0021] 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.

[0022] 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.

[0023] Finalement, ce procédé de dépôt est aisément industrialisable et son nombre d'étapes est limité.

[0024] 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.

[0025] La compréhension de cette description sera facilitée en se référant aux dessins joints en annexe et dans lesquels :

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

[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 figure 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.

[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 oeuvre d'un procédé conforme à l'état de la technique.

[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 oeuvre du procédé conforme à l'invention.

[0026] La présente invention concerne le domaine de la fabrication des guides d'ondes, plus particulièrement des guides d'ondes métallisés.

[0027] Un tel guide d'ondes métallisé G comporte un guide d'ondes 1 (illustré figure 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 déposée sur au moins une partie de cette surface interne 3.

[0028] Il a été illustré figure 3 une vue schématisée, partielle et en coupe d'un tel guide d'ondes métallisé G obtenu par la mise en oeuvre 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 figure 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.

[0029] 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.

[0030] Ce procédé consiste en ce que :

- 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 ;
- 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 ;
- 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).

[0031] 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.

[0032] Selon l'invention, on observera que, dans ladite suspension S, ledit au moins un liquide représente entre 6 et 12% en masse de la suspension S (de préférence de l'ordre de 9,4% en masse de la suspension S), ceci en sorte que ledit au moins un liquide et ledit au moins un précurseur représentent 100% en masse de cette suspension S.

[0033] De plus, ledit au moins un liquide est au moins en partie constitué par au moins un solvant (notamment qui est au moins en partie constitué par de l'alcool) et/ou par au moins un liant (notamment qui est au moins en partie constitué par de l'eau).

[0034] Selon un premier type préféré de réalisation, ledit au moins un liquide est au moins en partie constitué par au moins un liant qui 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.

[0035] Selon un deuxième type préféré de réalisation, ledit au moins un liquide est au moins en partie constitué par au moins un solvant qui est au moins en partie constitué par de l'alcool. Selon un mode préféré de réalisation de ce deuxième type de réalisation, ledit au moins un liquide est intégralement constitué par de l'alcool.

[0036] Selon un troisième type préféré de réalisation, ledit au moins un liquide est au moins en partie constitué, d'une part, par au moins un solvant, notamment qui est au moins en partie constitué 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.

[0037] Selon un mode de réalisation préféré de ce troisième type de réalisation, ledit au moins un liquide est au moins en partie (voire intégralement) constitué par un solvant constitué par de l'alcool et par un liant constitué par de l'eau.

[0038] De manière additionnelle, ledit au moins un liquide peut, encore, être au moins en partie constitué par au moins un adjuvant.

[0039] 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).

[0040] Selon l'invention, 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 ledit au moins un liquide (à savoir au moins ledit au moins un solvant et/ou ledit au moins un liant, voire encore ledit au moins un adjuvant) et le précurseur représentent 100% en masse de cette suspension S.

[0041] A ce propos, on observera que de bons résultats sont obtenus pour une suspension S qui contient :

- 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 ;
- un précurseur du métal conducteur électrique 4 qui représente de l'ordre de 90,6% en masse de la suspension S.

[0042] 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, intégralement) constituée par au moins un alliage du métal conducteur électrique 4 et d'un autre métal.

[0043] 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.

[0044] De manière additionnelle, ledit au moins un alliage mentionné ci-dessus est, alors, constitué par un alliage d'argent et de cuivre.

[0045] 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.

[0046] 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.

[0047] 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.

[0048] 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.

[0049] 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 figure 2 et/ou à l'aide d'une pompe, d'une seringue ou analogue.

[0050] 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.

[0051] 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 de préférence entre 60 et 100 microns, de préférence de l'ordre de 80 microns.

[0052] 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.

[0053] 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.

[0054] 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.

[0055] 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.

[0056] A ce propos, on observera qu'un tel dégraissage est réalisé à l'aide d'un solvant, notamment de l'acétone.

[0057] 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.

[0058] 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.

[0059] A ce propos, on observera que, de préférence, 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.

[0060] Plus particulièrement, de préférence, 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.

[0061] De manière alternative préférée, 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.

[0062] De manière alternative préférée et 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.

[0063] De plus, selon l'invention, 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.

[0064] A ce propos, on observera qu'on assure, de préférence, ce chauffage sous atmosphère inerte ou sous atmosphère réductrice ou (et de préférence) sous vide, plus particulièrement sous vide secondaire.

[0065] Un mode particulier préféré de réalisation consiste, alors, à assurer ce chauffage en observant un palier (notamment un palier d'une durée d'environ une heure) à cette température (à savoir à une température supérieure ou égale à la température de fusion dudit au moins un précurseur du métal conducteur électrique 4) et/ou à assurer ce chauffage à une température d'environ 820°C et/ou sous vide (plus particulièrement sous vide secondaire).

[0066] Un mode préféré de réalisation consiste à assurer ce chauffage en observant un palier (notamment un palier d'une durée d'environ une heure) à cette température (à savoir à une température supérieure ou égale à la température de fusion dudit au moins un précurseur du métal conducteur électrique 4), à une température d'environ 820°C, et sous vide (plus particulièrement sous vide secondaire).

[0067] 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.

[0068] Tel que mentionné ci-dessus, ledit au moins un liquide est au moins en partie constitué par au moins un liant.

[0069] A ce propos, on observera que, de préférence, 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.

[0070] A ce propos, on observera qu'on assure, de préférence, ce chauffage sous atmosphère inerte ou sous atmosphère réductrice ou (et de préférence) sous vide, plus particulièrement sous vide secondaire.

[0071] Un mode particulier préféré de réalisation consiste, alors, à assurer ce chauffage en observant un palier (notamment un palier d'une durée d'environ une heure) à cette température (à savoir à une température supérieure ou égale à la température de déliantage du liant) et/ou à assurer ce chauffage à une température d'environ

500°C et/ou sous vide (plus particulièrement sous vide secondaire).

[0072] Un mode préféré de réalisation consiste à assurer ce chauffage en observant un palier (notamment un palier d'une durée d'environ une heure) à cette température (à savoir à une température supérieure ou égale à la température de déliantage du liant), à une température d'environ 500°C, et sous vide (plus particulièrement sous vide secondaire).

[0073] A ce propos, selon l'invention, 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 fusion dudit au moins un précurseur du métal conducteur électrique 4.

[0074] En fait le chauffage est assuré à l'intérieur d'un four.

[0075] Une autre étape préférée 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.

[0076] Une autre caractéristique préférée de l'invention consiste en ce que le guide d'ondes 1 est au moins en partie constitué par un alliage de titane.

[0077] Un mode préféré 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).

[0078] 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 oeuvre le procédé de dépôt décrit ci-dessus.

[0079] Finalement, un mode préféré 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 oeuvre du procédé de fabrication décrit ci-dessus.

[0080] Tel que visible sur la figure 4, ce guide d'ondes métallisé G (obtenu par la mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention) est dépourvu 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

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 au moins un liquide et au moins un précurseur du métal conducteur électrique (4) en suspension dans ledit au moins un liquide, ceci en sorte que, dans ladite suspension (S), d'une part, ledit au moins un liquide représente entre 6 et 12% en masse de la suspension (S), d'autre part, le précurseur du métal conducteur électrique (4) représente entre 88 et 94% en masse de la suspension (S) et, d'autre part encore, ledit au moins un liquide et ledit précurseur du métal conducteur électrique (4) représentent 100% en masse de cette suspension (S) ;
 - 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), ceci en chauffant 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).
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit au moins un liquide est au moins en partie constitué par au moins un solvant, notamment qui est au moins en partie constitué par de l'alcool, et/ou par au moins un liant, notamment qui est au moins en partie constitué par de l'eau.
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, notamment qui est au moins en partie constitué 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.
4. 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).
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit au moins un précurseur du métal conducteur électrique (4) 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.
6. 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.
7. Procédé selon la revendication 5, **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.
8. 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).
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 traite thermiquement au moins cette partie de la surface interne (3) sous atmosphère inerte ou sous atmosphère réductrice.
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'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.
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, **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.
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le guide d'on-

des (1) est au moins en partie constitué par un alliage de titane.

13. 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 oeuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes.**

Patentansprüche

1. Abscheidungsverfahren eines elektrisch leitenden Metalls (4) auf mindestens einen Teil der inneren Oberfläche (3) eines inneren Hohlraums (2) eines Wellenleiters (1), wobei das Verfahren darin besteht, dass:

- eine Suspension (S) hergestellt wird, die mindestens eine Flüssigkeit und mindestens einen Vorläufer des elektrisch leitenden Metalls (4) in Suspension in der mindestens einen Flüssigkeit enthält, so dass in der Suspension (S) einerseits die mindestens eine Flüssigkeit zwischen 6 und 12 Gew.-% der Suspension (S) darstellt, andererseits der Vorläufer des elektrisch leitenden Metalls (4) zwischen 88 und 94 Gew.-% der Suspension (S) darstellt, und andererseits noch die mindestens eine Flüssigkeit und der Vorläufer des elektrisch leitenden Metalls (4) 100 Gew.-% dieser Suspension (S) darstellen;
- mindestens ein Teil der inneren Oberfläche (3) des inneren Hohlraums (2) des Wellenleiters (1) mit der Suspension (S) beschichtet wird;
- mindestens der Teil der inneren Oberfläche (3) des inneren Hohlraums (2) des mit der Suspension (S) beschichteten Wellenleiters (1) wärmebehandelt wird, indem mindestens dieser Teil der inneren Oberfläche (3) und/oder diese Suspension (S) auf eine Temperatur erhitzt wird, die größer als oder gleich der Schmelztemperatur des mindestens einen Vorläufers des elektrisch leitenden Metalls (4) ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Flüssigkeit mindestens teilweise aus mindestens einem Lösungsmittel, das insbesondere mindestens teilweise aus Alkohol gebildet ist, und/oder aus mindestens einem Bindemittel, das insbesondere mindestens teilweise aus Wasser gebildet ist, gebildet ist.

3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Flüssigkeit mindestens teilweise einerseits aus mindestens einem Lösungsmittel, das insbesondere mindestens teilweise aus Alkohol gebildet ist, und andererseits aus mindestens einem Bindemittel, das insbesondere mindestens teilweise aus Wasser gebildet ist, gebildet ist.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Flüssigkeit mindestens teilweise einerseits aus mindestens einem Lösungsmittel, das mindestens teilweise aus Alkohol gebildet ist und zwischen 2 und 5 Gew.-% der Suspension (S) darstellt, und andererseits aus mindestens einem Bindemittel, das mindestens teilweise aus Wasser gebildet ist und zwischen 4 und 7 Gew.-% der Suspension (S) darstellt, gebildet ist.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens eine Vorläufer des elektrisch leitenden Metalls (4) mindestens teilweise aus mindestens einem Pulver, das schmelzbar ist, und das mindestens teilweise aus mindestens einer Legierung des elektrisch leitenden Metalls (4) und eines anderen Metalls gebildet ist, gebildet ist.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das elektrisch leitende Metall (4) mindestens teilweise aus Silber gebildet ist.

7. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das elektrisch leitende Metall (4) mindestens teilweise aus Silber gebildet ist, während die mindestens eine Legierung aus einer Legierung aus Silber und Kupfer gebildet ist.

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**, wenn mindestens ein Teil der inneren Oberfläche (3) des inneren Hohlraums (2) des Wellenleiters (1) mit der Suspension (S) beschichtet wird, diese Suspension (S) in das Innere des inneren Hohlraums (2) des Wellenleiters (1) injiziert wird oder mindestens der mindestens eine Teil der inneren Oberfläche (3) des inneren Hohlraums (2) des Wellenleiters (1) in die Suspension (S) eingetaucht wird oder eine Folie der Suspension (S) mindestens auf dem mindestens einen Teil der inneren Oberfläche (3) abgeschieden wird.

9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenn mindestens der Teil der inneren Oberfläche (3) des inneren Hohlraums (2) des mit der Suspension (S) beschichteten Wellenleiters (1) wärmebehandelt wird, mindestens

dieser Teil der inneren Oberfläche (3) unter inerter Atmosphäre oder unter reduzierender Atmosphäre wärmebehandelt wird.

10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenn mindestens der Teil der inneren Oberfläche (3) des inneren Hohlraums (2) des mit der Suspension (S) beschichteten Wellenleiters (1) wärmebehandelt wird, mindestens dieser Teil der inneren Oberfläche (3) unter Vakuum, insbesondere unter Sekundärvakuum, wärmebehandelt wird. 5 10
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenn mindestens der Teil der inneren Oberfläche (3) des inneren Hohlraums (2) des mit der Suspension (S) beschichteten Wellenleiters (1) wärmebehandelt wird, mindestens dieser Teil der inneren Oberfläche (3) und/oder diese Suspension (S) auf eine Temperatur erhitzt wird, die höher als oder gleich der Entbindungstemperatur des Bindemittels ist. 15 20
12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wellenleiter (1) mindestens teilweise aus einer Titanlegierung gebildet ist. 25
13. Verfahren für die Herstellung eines metallisierten Wellenleiters (G), umfassend einerseits einen Wellenleiter (1), der einen inneren Hohlraum (2) umfasst, der eine inneren Oberfläche (3) aufweist, und andererseits eine Schicht (G) aus einem elektrisch leitenden Metall (4), die auf mindestens einem Teil dieser inneren Oberfläche (3) abgeschieden ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schicht (C) des elektrisch leitenden Metalls (4) auf dem mindestens einem Teil der inneren Oberfläche (3) des inneren Hohlraums (2) des Wellenleiters (1) durch Ausführen des Verfahrens nach einem der vorstehenden Ansprüche abgeschieden wird. 30 35 40

Claims

1. Method for depositing an electrically conductive metal (4) on at least part of the inner surface (3) of an inner cavity (2) of a waveguide (1), this method consisting in: 45 50
 - preparing a suspension (S) which contains at least one liquid and at least one precursor of the electrically conductive metal (4) in suspension in the at least one liquid so that, in the suspension (S), the at least one liquid represents between 6 and 12% by mass of the suspension (S) and the precursor of the electrically conductive metal (4) represents between 88 and 94% by 55

mass of the suspension (S), and so the at least one liquid and the precursor of the electrically conductive metal (4) represent 100% by mass of this suspension (S);

- coating at least part of the inner surface (3) of the inner cavity (2) of the waveguide (1) with the suspension (S);
 - heat treating at least the part of the inner surface (3) of the inner cavity (2) of the waveguide (1) coated with the suspension (S) by heating at least this part of the inner surface (3) and/or this suspension (S) to a temperature greater than or equal to the melting temperature of the at least one precursor of the electrically conductive metal (4).
2. Method according to claim 1, **characterized in that** the at least one liquid at least partly consists of at least one solvent, in particular which at least partly consists of alcohol, and/or at least one binder, in particular which at least partly consists of water.
 3. Method according to either of the preceding claims, **characterized in that** the at least one liquid at least partly consists of at least one solvent, in particular which at least partly consists of alcohol, and at least one binder, in particular which at least partly consists of water.
 4. Method according to any of the preceding claims, **characterized in that** the at least one liquid at least partly consists of at least one solvent, which at least partly consists of alcohol and which represents between 2 and 5% by mass of the suspension (S), and at least one binder, which at least partly consists of water and which represents between 4 and 7% by mass of the suspension (S).
 5. Method according to any of the preceding claims, **characterized in that** the at least one precursor of the electrically conductive metal (4) at least partly consists of at least one powder, which is fusible and which at least partly consists of at least one alloy of the electrically conductive metal (4) and another metal. 45
 6. Method according to any of the preceding claims, **characterized in that** the electrically conductive metal (4) at least partly consists of silver. 50
 7. Method according to claim 5, **characterized in that** the electrically conductive metal (4) at least partly consists of silver, while the at least one alloy consists of a silver and copper alloy.
 8. Method according to any of the preceding claims, **characterized in that**, when the at least one part of the inner surface (3) of the inner cavity (2) of the

waveguide (1) is coated with the suspension (S), this suspension (S) is injected inside the inner cavity (2) of the waveguide (1) or at least the at least one part of the inner surface (3) of the inner cavity (2) of the waveguide (1) is immersed in the suspension (S) or a film of the suspension (S) is deposited at least on the at least one part of the inner surface (3). 5

9. Method according to any of the preceding claims, **characterized in that**, when at least the part of the inner surface (3) of the inner cavity (2) of the waveguide (1) coated with the suspension (S) is heat treated, at least this part of the inner surface (3) is heat treated under an inert atmosphere or under a reducing atmosphere. 10 15

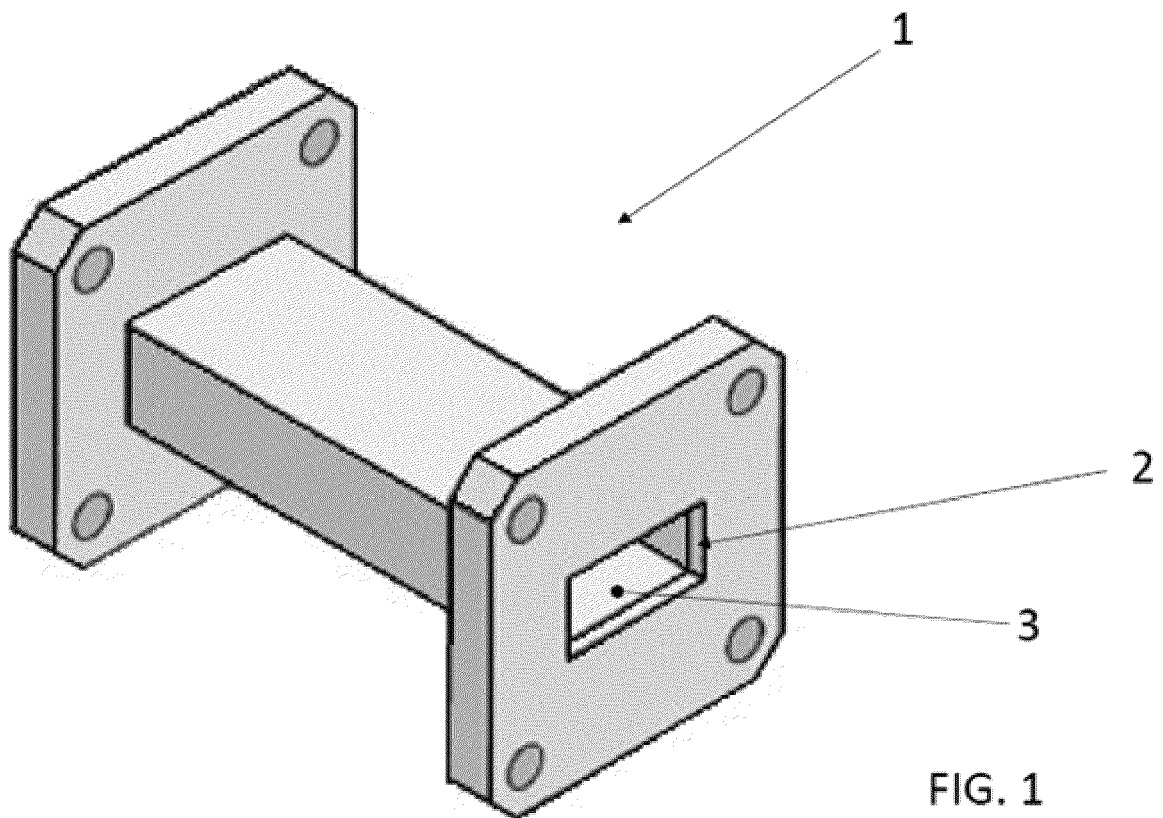
10. Method according to any of the preceding claims, **characterized in that**, when at least the part of the inner surface (3) of the inner cavity (2) of the waveguide (1) coated with the suspension (S) is heat treated, at least this part of the inner surface (3) is heat treated under vacuum, in particular under a secondary vacuum. 20 25

11. Method according to any of claims 2 to 4, **characterized in that**, when at least the part of the inner surface (3) of the inner cavity (2) of the waveguide (1) coated with the suspension (S) is heat treated, at least this part of the inner surface (3) and/or this suspension (S) is heated at a temperature greater than or equal to the debinding temperature of the binder. 30

12. Method according to any of the preceding claims, **characterized in that** the waveguide (1) at least partly consists of a titanium alloy. 35

13. Method for manufacturing a metalized waveguide (g) comprising a waveguide (1) which comprises an inner cavity (2) having an inner surface (3), and a layer (C) of an electrically conductive metal (4) which is deposited on at least one part of this inner surface (3), **characterized in that** depositing the layer (C) of the electrically conductive metal (4) on the at least one part of the inner surface (3) of the inner cavity (2) of the waveguide (1) by carrying out the method according to any of the preceding claims. 40 45 50

55



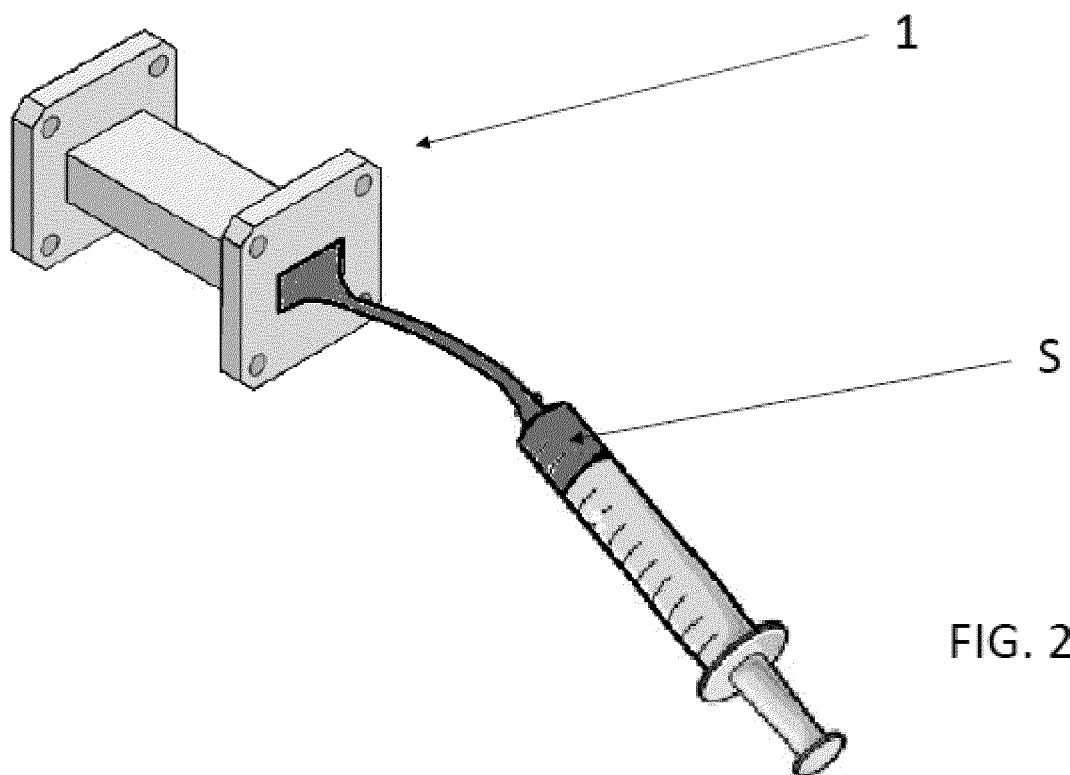


FIG. 2

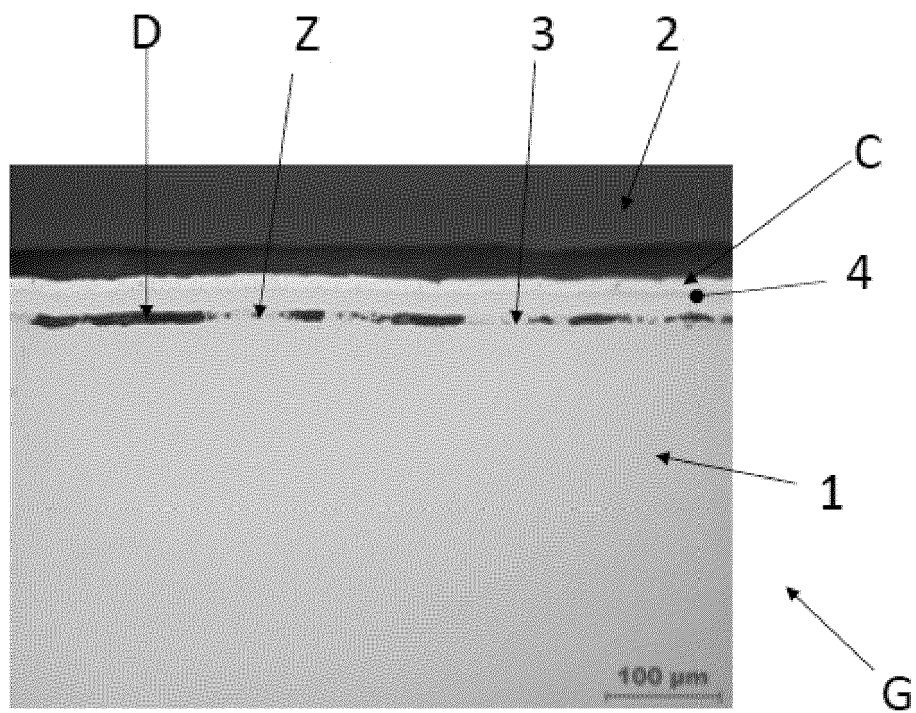


FIG. 3

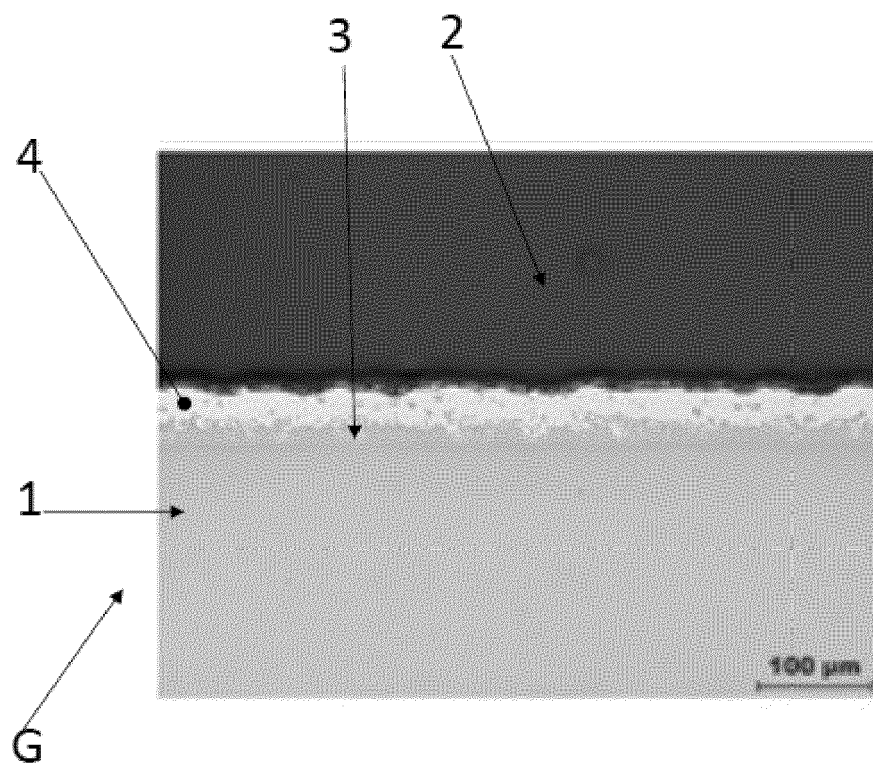


FIG. 4

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

- EP 0691554 A1 **[0015]**
- EP 0344478 A2 **[0015]**