(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** ***3 068 505***

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

(21) **N° d'enregistrement national :** **17 00691**

(51) Int Cl[8] : ***H 01 J 23/26*** *(2006.01), H 01 J 25/34*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 29.06.17.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 04.01.19 Bulletin 19/01.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire :** *Se reporter à la fin du présent fascicule*

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

( ) **Demande(s) d'extension :**

(71) **Demandeur(s) :** *THALES Société anonyme* — FR.

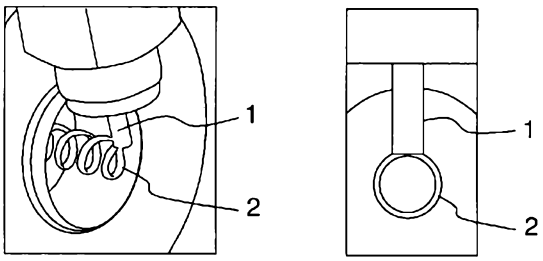
(72) **Inventeur(s) :** DENIS PHILIPPE.

(73) **Titulaire(s) :** THALES Société anonyme.

(74) **Mandataire(s) :** MARKS & CLERK FRANCE Société en nom collectif.

(54) TUBE A ONDES PROGRESSIVES ET PROCEDE DE FABRICATION ASSOCIE.

(57) Tube à ondes progressives comprenant une hélice (2) de diamètre interne inférieur ou égal à 6 mm, et un doigt de couplage (1) directement soudé à une extrémité de l'hélice (2).



FR 3 068 505 - A1

Tube à ondes progressives et procédé de fabrication associé

La présente invention concerne un tube à ondes progressives et un procédé de fabrication associé.

Le domaine de l'invention est celui des amplificateurs radiofréquences et plus spécifiquement celui des tubes à ondes progressives, d'acronyme TOP, destinés aux applications Télécom, radar et contremesures.

En général, comme illustré sur la figure 1, dans un tube à ondes progressives, le doigt de couplage 1 réalisé par exemple en cuivre ou en molybdène est soudobrasé par laser sur l'hélice 2, en une extrémité. Pour ce faire une bande de platine 3 est par exemple introduite entre l'hélice 2 et le doigt de couplage 1. On entend par soudobrasage la réalisation d'un assemblage par fusion locale d'un matériau dont le point de fusion est inférieur à la température de fusion des autres matériaux qui composent l'assemblage et ainsi l'obtention d'un assemblage métallique indémontable lors de la solidification de la bande de platine.

Dans le cas d'une hélice cuivrée, dans la zone de brasage, le cuivre doit être éliminé pour garantir la qualité du soudobrasage. Le problème principal provient de l'utilisation du laser qui provoque une vaporisation des matériaux entraînant un nuage de vapeur métallique qui a tendance à créer un dépôt de métal sur les isolants du tube à ondes progressives et cela d'autant plus que les dimensions sont réduites. Le soudobrasage laser a une pénétration réduite entre les interfaces, ainsi seulement environ 20 % des surfaces en contact sont soudobrasées, ce qui limite le transfert thermique.

Le soudobrasage par laser présente l'inconvénient de créer une fusion aléatoire donc une géométrie de l'interface brasée non maîtrisée, et donc une adaptation hyperfréquence non maîtrisable. L'adaptation

hyperfréquence doit alors être réalisée par l'introduction d'éléments de compensation supplémentaires.

De plus, l'hélice est cuivrée pour améliorer les transferts thermiques et diminuer les pertes hyperfréquence, comme nous l'avons vu précédemment à l'endroit de la brasure, il y a absence de cuivre et mise en place d'un intermédiaire, en l'occurrence du platine, qui n'est pas non plus un très bon conducteur thermique.

La présente invention consiste à proposer un design et une méthode d'assemblage permettant de transférer des puissances hyperfréquences de la partie amplification de ces produits à très hautes fréquences (30-100 GHz). L'objectif de la présente invention est de permettre d'améliorer le transfert thermique entre l'hélice et le doigt de couplage et donc de permettre une augmentation des puissances hyperfréquences transmises, y compris dans un environnement réduit.

Un but de l'invention est de pallier les problèmes précédemment cités.

Aussi, il est proposé, selon un aspect de l'invention, un tube à ondes progressives comprenant une hélice de diamètre interne inférieur ou égal à 6 mm et un doigt de couplage directement soudé à une extrémité de l'hélice.

Ainsi, l'hélice est soudée directement à une extrémité de l'hélice, sans utiliser de brasure intermédiaire, et permet notamment d'augmenter le transfert thermique par fusion directe du doigt de couplage sur l'hélice grâce à une interface dont la surface soudée est celle du doigt de couplage ou de la largeur de l'hélice en fonction de la taille respective des deux pièces (celle de la moins large).

Selon un mode de réalisation, l'hélice est en matériau réfractaire et le doigt de couplage comprend au moins un métal ou au moins un alliage métallique.

Un matériau est considéré comme réfractaire lorsqu'il résiste à une température supérieure à 1000 °C.

Le doigt de couplage peut, en outre, comprendre du graphite ou du diamant.

Dans un mode de réalisation, le doigt de couplage est en molybdène et l'hélice est en tungstène.

L'utilisation d'un doigt de couplage en molybdène associé à une hélice en tungstène non cuivrée permet de transmettre des puissances très élevées avec des pertes importantes donc des échauffements au niveau de l'interface entre le doigt de couplage et l'hélice de plus de 300°C sans détruire les matériaux ni les vaporiser.

En variante, le doigt est en cuivre sur une hélice en tungstène cuivré.

Le matériau du doigt de couplage est choisi comme très bon conducteur électrique et thermique, et pour l'hélice un matériau réfractaire et très bon conducteur électrique et thermique.

Selon un autre aspect de l'invention, il est également proposé un procédé de soudage, dans un tube à ondes progressives dont l'hélice a un diamètre interne inférieur ou égal à 6 mm, du doigt de couplage directement sur une extrémité de l'hélice, par résistance électrique, en utilisant une électrode de soudage commandée, équipée d'un ensemble capteur, le doigt de couplage faisant office de deuxième électrode.

Ainsi, le procédé de l'invention permet de souder directement le doigt de couplage et l'extrémité de l'hélice d'un tube à ondes progressives, pour une hélice de petite dimension, typiquement de diamètre interne inférieur à 6 mm.

En outre, le procédé de l'invention permet de souder des matériaux plutôt réfractaires, comme un doigt de couplage en molybdène et une hélice en tungstène.

Dans un mode de réalisation, on utilise un ensemble capteur comprenant un capteur de pression mesurant la pression appliquée par l'électrode de soudage sur la partie de l'hélice à souder sur le doigt de couplage, un capteur de mesure de déplacement mesurant le déplacement de la partie de l'hélice à souder sur le doigt de couplage durant le soudage, et un capteur de courant/tension mesurant les courant/tension électriques au bord de l'interface de soudage. Compte tenu de la géométrie de l'interface de soudage, la zone de résistance maximale est l'interface entre le doigt de couplage et l'hélice.

Dans un mode de réalisation, on gère le soudage en l'arrêtant lorsque le déplacement mesuré de la partie de l'hélice à souder sur le doigt de couplage est supérieur à un seuil, par exemple supérieur ou égal à 5 µm.

L'invention sera mieux comprise à l'étude de quelques modes de réalisation décrits à titre d'exemples nullement limitatifs et illustrés par les dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 illustre schématiquement un doigt de couplage brasé à une extrémité de l'hélice d'un tube à ondes progressives, selon l'état de la technique ;
- les figures 2a et 2b illustrent schématiquement un doigt de couplage soudé directement à une extrémité de l'hélice d'un tube à ondes progressives, selon l'état de la technique ; et
- la figure 3 illustre schématiquement un procédé de fabrication d'un tube à ondes progressives, selon un aspect de l'invention.

Sur l'ensemble des figures, les éléments ayant des références identiques sont similaires.

Dans la présente description, les modes de réalisation décrits sont nullement limitatifs, et les caractéristiques et fonctions bien connues de l'homme du métier ne sont pas décrites en détails.

Les figures 2a et 2b représentent un doigt de couplage 1 et une hélice 2 de diamètre interne inférieure ou égale à 6 mm d'un tube à ondes progressives, dont le doigt de couplage 1 est directement soudé sur une extrémité de l'hélice 2.

Par exemple, le doigt de couplage 1 peut-être en molybdène, hélice 2 en tungstène.

La figure 3 illustre un procédé de soudage, selon un aspect de l'invention, dans un tube à ondes progressives dont l'hélice 2 a un diamètre interne inférieur ou égal à 6 mm. Le doigt de couplage 1 est directement soudé sur une extrémité de l'hélice 2, par résistance électrique, en utilisant une électrode de soudage 4 commandée, équipée d'un ensemble capteur, le doigt de couplage 1 faisant office de deuxième électrode.

Le procédé peut utiliser un ensemble capteur comprenant un capteur de pression mesurant la pression appliquée par l'électrode de soudage 4 sur la partie de l'hélice 2 à souder sur le doigt de couplage 1, un capteur de mesure de déplacement mesurant le déplacement de la partie de l'hélice 2 à souder sur le doigt de couplage 1 durant le soudage, et un capteur de courant/tension mesurant les courant/tension électriques au bord ou au plus proche de l'interface de soudage.

Il est alors possible de gérer la soudure en l'arrêtant lorsque le déplacement mesuré de la partie de l'hélice 2 à souder sur le doigt de couplage 1 est supérieur à un seuil, par exemple supérieur ou égal à 5µm de déplacement, signifiant que le soudage a déformé les matériaux de cette valeur au niveau de l'interface de soudage.

En variante, et de manière non limitative, il est possible de choisir tout autre paramètre lié à la mesure d'un capteur de l'électrode de soudage

4, tel le courant au niveau de l'interface de soudage, le temps de soudage, ... pour gérer le soudage.

La présente invention permet, dans un encombrement réduit, voire inaccessible d'augmenter les surfaces de contact entre l'hélice 2 et le doigt de couplage 1 en réalisant un soudage par résistance électrique au niveau de l'interface.

Le doigt de couplage 1 est utilisé comme deuxième électrode, ce qui permet de s'affranchir de la présence d'une seconde électrode traditionnellement obligatoire et encombrante. En outre, cela permet de conserver une forme simple plane de la soudure, car il n'est pas nécessaire d'assurer un pincement pour réaliser le soudage par résistance électrique.

L'électrode de soudage 4 muni de son ensemble capteur permet de garantir cette soudure par un contrôle rigoureux des paramètres qui influent sur cette dernière, comme la mesure de la résistance initiale et après soudage, la pression, le temps de soudage et le contrôle du déplacement de l'électrode donc de l'accostage des pièces, et l'intensité et la tension électriques à l'interface de soudage.

L' invention permet de contrôler et gérer le soudage dans un environnement masqué, où les paramètres sont sous contrôle bien que l'interface de soudage soit invisible.

Contrairement au soudobrasage par laser, la présente invention permet de ne pas changer l'interface électrique et de garantir une adaptation hyperfréquence maîtrisée.

La présente invention permet également de maximiser les transferts thermiques entre l'hélice 2 et le doigt de couplage 1, en l'absence de brasure.

REVENDICATIONS

1. Tube à ondes progressives comprenant une hélice (2) de diamètre interne inférieur ou égal à 6 mm, et un doigt de couplage (1) directement soudé à une extrémité de l'hélice (2).

2. Tube à ondes progressives selon la revendication 1, dans lequel l'hélice (2) est en matériau réfractaire et le doigt de couplage (1) comprend au moins un métal ou au moins un alliage métallique.

3. Tube à ondes progressives selon la revendication 2, dans lequel le doigt de couplage (1) comprend en outre du graphite ou du diamant.

4. Tube à ondes progressives selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel le doigt de couplage (1) comprend du molybdène et l'hélice (2) est en tungstène.

5. Tube à ondes progressives selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel le doigt de couplage (1) comprend du cuivre et l'hélice (2) est en tungstène cuivré.

6. Procédé de soudage, dans un tube à ondes progressives dont l'hélice a un diamètre interne inférieur ou égal à 6 mm, du doigt de couplage (1) directement sur une extrémité de l'hélice (2), par résistance électrique, en utilisant une électrode de soudage (4) commandée, équipée d'un ensemble capteur, le doigt de couplage (1) faisant office de deuxième électrode.

7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel on utilise un ensemble capteur comprenant un capteur de pression mesurant la pression appliquée par l'électrode de soudage (4) sur la partie de l'hélice (2) à souder sur le doigt de couplage, un capteur de mesure de déplacement mesurant le déplacement de la partie de l'hélice à souder sur le doigt de couplage (1) durant le soudage, et un capteur de

courant/tension mesurant les courant/tension électriques au bord l'interface de soudage.

8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel on gère le soudage en l'arrêtant lorsque le déplacement mesuré de la partie de l'hélice (2) à souder sur le doigt de couplage (1) est supérieur à un seuil.

9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel le seuil est supérieur ou égal à 5 µm.

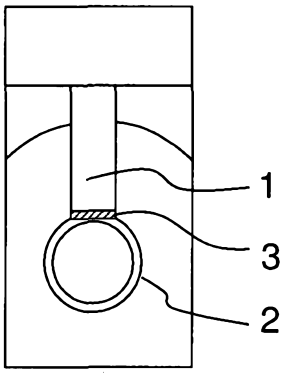


FIG.1

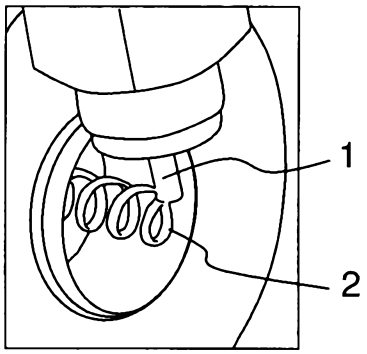


FIG.2a

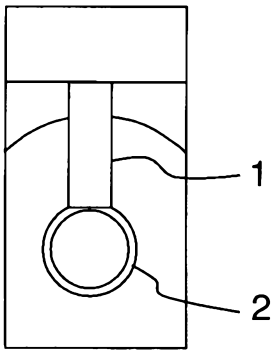


FIG.2b

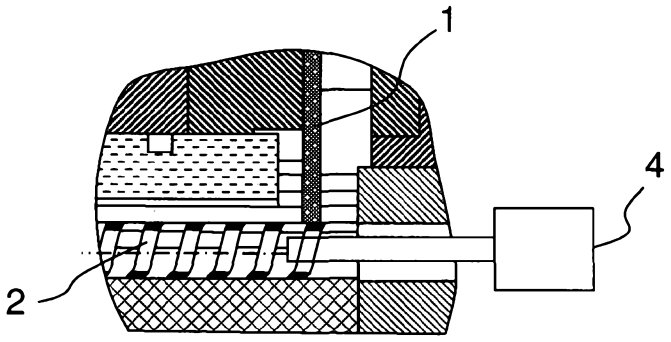


FIG.3

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE PARTIEL

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

voir FEUILLE(S) SUPPLÉMENTAIRE(S)

N° d'enregistrement national

FA 843826
FR 1700691

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendications concernées	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X Y	US 2 845 690 A (HARRISON RICHARD I) 5 août 1958 (1958-08-05) * colonne 3, ligne 14 - colonne 5, ligne 49; figures 1,2 *	1,2 3	H01J23/26 H01J25/34

X	GB 1 093 625 A (STANDARD TELEPHONES CABLES LTD) 6 décembre 1967 (1967-12-06) * page 1, lignes 9-88; figures 1,2 *	1,2	

Y	US 2 798 981 A (BRYANT JOHN H ET AL) 9 juillet 1957 (1957-07-09) * colonne 2, lignes 52-64; figures 1,3 *	3	

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)

H01J
B23K

Date d'achèvement de la recherche: 13 mars 2018

Examinateur: Lang, Thomas

CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITES

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons
.....
& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 12.99 (P04C35)

ABSENCE D'UNITÉ D'INVENTION
FEUILLE SUPPLÉMENTAIRE B

Numéro de la demande

FA 843826
FR 1700691

La division de la recherche estime que la présente demande de brevet ne satisfait pas à l'exigence relative à l'unité d'invention et concerne plusieurs inventions ou pluralités d'inventions, à savoir :

1. revendications: 1, 2(complètement); 3(en partie)

Tube à ondes progressives comprenant une hélice de diamètre interne inférieur ou égal à 6 mm, et un doigt de couplage directement soudé à une extrémité de l'hélice (revendication 1), dans lequel l'hélice est en matériau réfractaire et le doigt de couplage comprend au moins un métal ou au moins un alliage métallique (revendication 2), dans lequel le doigt de couplage comprend en outre du graphite (revendication 3, première alternative).

---

2. revendication: 3(en partie)

Tube à ondes progressives selon la revendication 2, dans lequel le doigt de couplage comprend en outre du diamant (revendication 3, deuxième alternative).

---

3. revendication: 4

Tube à ondes progressives selon la revendication 1, dans lequel le doigt de couplage comprend du molybdène et l'hélice est en tungstène.

---

4. revendication: 5

Tube à ondes progressives selon la revendication 1, dans lequel le doigt de couplage comprend du cuivre et l'hélice est en tungstène cuivré.

---

5. revendications: 6-9

Procédé de soudage, dans un tube à ondes progressives dont l'hélice a un diamètre interne inférieur ou égal à 6 mm, du doigt de couplage directement sur une extrémité de l'hélice, par résistance électrique, en utilisant une électrode de soudage commandée, équipée d'un ensemble capteur, le doigt de couplage faisant office de deuxième électrode.

La première invention a été recherchée.

-
i. Le document D1=US 2 845 690 A décrit (voir Fig. 1,2, et la description correspondante) un tube à ondes progressives (traveling wave tube, voir p.ex. col. 3 lignes13-14) comprenant une hélice 22 (en tungstène, donc un matériau réfractaire, col. 3 ligne 37; ou en tungstène cuivré, col. 3 lignes 40-41 et col. 5 lignes 25-26) de diamètre interne de p.ex. 2.5 mm

EPO FORM P0418

La division de la recherche estime que la présente demande de brevet ne satisfait pas à l'exigence relative à l'unité d'invention et concerne plusieurs inventions ou pluralités d'inventions, à savoir :

(0.1 inch, col. 5 ligne 24), et un doigt de couplage 20 directement soudé à une extrémité de l'hélice par soudage électrique par résistance (spot welding; col. 3 ligne 46; pour un tel procédé de soudage, il est implicite que la deuxième pièce à souder - c.a.d. le doigt de couplage 20 - est également en métal, ainsi qu'on utilise une électrode de soudage commandée; voir p.ex. https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Soudage&oldid=138039529#Soudage_électrique_par_résistance).
D1 divulgue donc l'objet des revendications 1-2, ainsi que les caractéristiques des la revendications 4 et 5 que l'hélice est en tungstène ou en tungstène cuivré, et les caractéristiques de la revendication 6 sauf que l'électrode de soudage est équipée d'un ensemble capteur et que le doigt de couplage fait office de deuxième électrode.
Par conséquent, le concept commun liant les revendications 1-9 n'est pas nouveau et donc ne constitue pas un concept inventif général au sens de l'article 82 CBE.
ii. Les revendications résiduaires peuvent être groupées selon leurs éléments techniques particuliers (ETPs) constituants leurs contributions respectives par rapport au concept commun connu comme décrit ci-dessus:
1. Revendication 3 (première alternative), dont l'élément technique particulier est que le doigt de couplage comprend en outre du graphite; ce qui résout le problème d'améliorer le déparasitage électromagnétique.
2. Revendication 3 (deuxième alternative), dont l'élément technique particulier est que le doigt de couplage comprend en outre du diamant, ce qui résout le problème d'augmenter la dissipation de la chaleur.
3. Revendication 4 dont l'élément technique particulier est que le doigt de couplage comprend du molybdène; ce qui résout le problème de réaliser le doigt de couplage en un matériau alternatif qui est réfractaire.
4. Revendication 5 dont l'élément technique particulier est que le doigt de couplage comprend du cuivre; ce qui résout le problème d'employer pour le doigt de couplage encore un autre matériau alternatif qui est un bon conducteur électrique.
5. Revendication 6 dont l'élément technique particulier est que l'électrode de soudage est équipée d'un ensemble capteur et que le doigt de couplage fait office de deuxième électrode; ce qui résout le problème de permettre de gérer la soudure pour maximaliser la surface de contact entre l'hélice et le doigt de couplage, et de s'affranchir de la présence d'une seconde électrode encombrante.
Les éléments techniques particuliers des groupes des revendications sont différents et produisent des effets techniques différents. En plus, ces éléments techniques particuliers ne constituent pas des éléments correspondants, car chacun de ces éléments résout un problème technique différent. Ces problèmes techniques peuvent être résout indépendamment, sans préjudice du fait qu'un problème technique plus général - mais ne formant pas un seul concept inventif général - peut toujours être défini (comme "améliorer un tube à ondes progressives et son procédé de fabrication").
iii. Par conséquent, au moins les groupes de revendications 1. à 5. ci-dessus ne sont pas liées par un seul concept inventif général.

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1700691 FA 843826

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 13-03-2018
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2845690 A	05-08-1958	FR 1136479 A	23-05-1957
		GB 808282 A	04-02-1959
		US 2845690 A	05-08-1958
GB 1093625 A	06-12-1967	GB 1093625 A	06-12-1967
		NL 6601661 A	15-08-1966
US 2798981 A	09-07-1957	CH 316941 A	31-10-1956
		US 2798981 A	09-07-1957

EPO FORM P0465