



(11)

EP 4 572 005 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
18.06.2025 Bulletin 2025/25

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
H01P 1/26 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **24218519.7**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
H01P 1/264; H01P 1/262

(22) Date de dépôt: **09.12.2024**

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

(72) Inventeurs:
• **BRU, Laurent**
31250 Revel (FR)
• **PACAUD, Damien**
31037 Toulouse (FR)

(74) Mandataire: **Atout PI Laplace**
Immeuble Up On
25 Boulevard Romain Rolland
CS 40072
75685 Paris Cedex 14 (FR)

(30) Priorité: **14.12.2023 FR 2314171**

(71) Demandeur: **THALES**
92190 Meudon (FR)

(54) **CHARGE POUR CIRCUIT HYPERFRÉQUENCE**

(57) L'invention porte sur une charge métallique (200) pour la terminaison d'un guide d'onde (110) dans un circuit hyperfréquence. La charge est configurée pour former une pluralité (221 à 236) de lignes de transmissions de longueurs différentes terminées par un court-circuit à l'extrémité du guide d'onde, les dimensions des

lignes des lignes de transmissions formées étant choisies de manière à augmenter l'intensité des courants des ondes électromagnétiques transportés dans le guide d'onde.

L'invention porte également sur la fabrication de la charge par un procédé de fabrication additive.

[Fig. 2d]

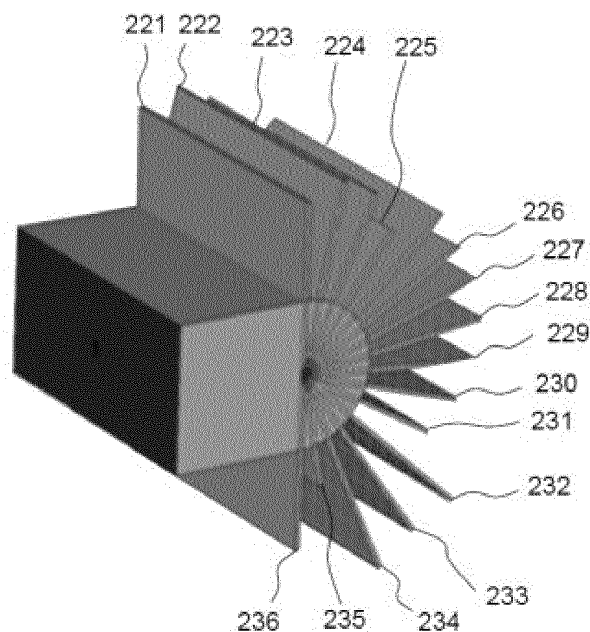


FIG. 2d

EP 4 572 005 A1

Description

Domaine technique :

[0001] L'invention se situe dans le domaine des hyperfréquences, et porte plus particulièrement sur la réalisation d'une charge, c'est-à-dire un composant destiné à être fixé en bout de guide d'onde, et dont la fonction est d'absorber l'énergie RF qui lui est délivrée et de la transformer en énergie thermique.

Technique antérieure :

[0002] Les charges (en anglais *load* ou *termination load*) sont des composants hyperfréquence destinés à transformer en énergie électromagnétique qui leur est transmise en énergie thermique afin de la dissiper. Elles servent à faire disparaître des signaux n'ayant pas d'intérêt. On en trouve par exemple fréquemment en association avec des coupleurs, afin d'orienter la puissance du signal, ou avec des circulateurs configurés pour jouer le rôle d'isolateurs.

[0003] La solution la plus répandue de l'état de l'art pour une charge hyperfréquence consiste à insérer dans une portion de guide d'onde court-circuitée un matériau absorbant tel que le carbure de silicium (SiC) ou l'Eccosorb™, l'Eccosorb™ étant un matériau rigide composé de barres ou de feuilles d'époxydes chargées magnétiquement.

[0004] La figure 1 représente une charge guidée selon l'état de l'art. La charge 100 comprend une bride 101, par laquelle elle est raccordée au guide d'onde 110 dont elle doit servir de terminaison, nommé par la suite « guide d'onde à terminer ». La bride 101 pourrait être remplacée par n'importe quel moyen de maintien. Par exemple, la charge 100 pourrait être soudée au guide d'onde. Elle comprend ensuite deux parties distinctes : une partie guide d'onde 102, en aluminium, et une partie absorbante 103, en carbure de silicium ou en Eccosorb™.

[0005] Cette solution présente cependant plusieurs défauts :

- l'usinage de la partie absorbante 103 est complexe, de même que l'assemblage précis de la partie absorbante 103 avec le guide d'onde 102. La fabrication de la charge 101 est donc complexe et coûteuse,
- les matériaux absorbants, en particulier le silicium de carbure, présentent une instabilité en température. Les performances de la charge ne sont donc pas stables dans le temps,
- communiquer la chaleur du matériau absorbant 103 vers le métal du guide d'onde 102 pour la dissiper est complexe, ce qui peut entraîner des limitations sur les cas applications en fonction de la puissance des signaux absorbés,

- les délais de fabrication sont longs.

[0006] Un but de l'invention est donc de proposer une charge hyperfréquence qui soit peu complexe et peu coûteuse à fabriquer, sans matériau absorbant, et qui présente de bonnes performances, afin de pouvoir être utilisée en lieu et place des charges à base de matériau absorbant.

[0007] En outre, certains équipements, comme par exemple les antennes satellites, peuvent contenir plusieurs centaines de charges. Un autre but de l'invention est donc de proposer une solution compacte et pouvant être intégrée facilement dans le design d'un équipement de radiocommunications.

Résumé de l'invention :

[0008] A cet effet, la présente invention porte sur une charge configurée pour maximiser la dissipation des signaux en exploitant les pertes par courants de surface des guides d'ondes. La charge proposée est totalement métallique, ce qui lui permet d'être fabriquée très simplement, et de s'intégrer facilement au sein du design d'un équipement.

[0009] Elle décrit une charge pour la terminaison d'un guide d'onde dans un circuit hyperfréquence. La charge est configurée pour former, à l'extrémité du guide d'onde, une pluralité de lignes de transmissions de longueurs différentes terminées chacune par un court-circuit. Les dimensions des lignes de transmissions formées sont choisies de manière à augmenter l'intensité des courants des ondes électromagnétiques transportés dans le guide d'onde dans la gamme de fréquence appropriée.

[0010] La charge selon l'invention est configurée pour atténuer des signaux dans une bande de fréquence d'intérêt. Les dimensions de chaque ligne de transmission sont adaptées pour résonner dans une sous-bande de fréquences particulière de la bande de fréquence d'intérêt, de sorte que conjointement, les lignes de transmissions permettent d'atténuer l'ensemble de la bande de fréquence d'intérêt.

[0011] Avantageusement, les lignes de transmission ont des longueurs proches de $\lambda_g/4$, avec λ_g la longueur d'onde guidée dans la bande de fréquence d'intérêt, et inférieures à λ_g .

[0012] Avantageusement, la ou les lignes de transmission formées ont une section inférieure à la section du guide d'onde dans au moins une direction.

[0013] Dans un mode de réalisation de l'invention, la pluralité de lignes de transmissions de longueurs différentes terminées par un court-circuit sont disposées radialement.

[0014] Dans un mode de réalisation de l'invention, les lignes de transmission sont formées en creux dans la charge.

[0015] Avantageusement, la charge peut alors être configurée pour s'insérer dans le guide d'onde, et les lignes de transmission peuvent être positionnées à l'in-

térieur du guide d'ondes.

[0016] Avantageusement, la charge peut en outre comprendre des serpentins configurés pour permettre la circulation d'un liquide de refroidissement.

[0017] Avantageusement, la charge selon l'invention est intégralement métallique. Elle peut alors avantageusement être réalisée par fabrication additive.

[0018] Avantageusement, elle est formée dans un métal dont la conductivité est inférieure à la conductivité du guide d'onde, tel que le titane ou l'Inconel™.

[0019] Avantageusement, elle est traitée de manière à dégrader la porosité du métal qui la compose. L'invention porte également sur un procédé de fabrication d'une charge par fabrication additive, le procédé comprenant les étapes de :

- obtention d'un fichier électronique représentant une géométrie d'une charge selon l'invention, et
- contrôle d'un dispositif de fabrication additive pour fabriquer la charge selon la géométrie spécifiée dans ledit fichier électronique.

[0020] Enfin, l'invention porte sur un produit programme d'ordinateur comprenant des instructions exécutables par ordinateur qui, lorsqu'exécutées par un processeur, permettent de contrôler un dispositif de fabrication additive pour fabriquer une charge selon l'invention.

Brève description des figures :

[0021] L'invention sera mieux comprise et d'autres caractéristiques, détails et avantages apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit, donnée à titre non limitatif, et grâce aux figures annexées qui suivent, données à titre d'exemple.

[Fig. 1] La figure 1 représente une charge guidée selon l'état de l'art ;

[Fig. 2a] La figure 2a représente un mode de réalisation d'une charge selon l'invention comprenant une pluralité de fentes parallèles.

[Fig. 2b] La figure 2b représente la densité de courant dans une fente d'une charge telle que décrite à la figure 2a.

[Fig. 2c] La figure 2c représente une vue en perspective d'un mode de réalisation d'une charge selon l'invention comprenant une pluralité de fentes parallèles.

[Fig. 2d] La figure 2d représente un mode de réalisation d'une charge selon l'invention comprenant une pluralité de fentes radiales.

[Fig. 2e] La figure 2e représente une charge finalisée

selon l'invention à 16 fentes radiales, en transparence et après avoir été habillée de matière.

[Fig. 2f] La figure 2f représente une charge finalisée selon l'invention à 8 branches parallèles, en transparence et après avoir été habillée de matière.

[Fig. 2g] La figure 2g présente les performances mesurées d'une charge selon l'invention.

[Fig. 2h] La figure 2h représente un mode de réalisation d'une charge selon l'invention.

[Fig. 2i] La figure 2i représente un mode de réalisation d'une charge selon l'invention.

[0022] Des références identiques sont utilisées dans des figures différentes lorsque les éléments désignés sont les mêmes.

Description détaillée :

[0023] Un guide d'onde est un dispositif tubulaire métallique permettant de guider les ondes électromagnétiques tout en les maintenant confinées. Ils sont donc utilisés comme lignes de transmissions, typiquement pour faire le lien en un équipement d'émission ou de réception et son antenne. Les guides d'ondes peuvent avoir des sections rondes ou ovales, mais ont la plupart du temps des sections rectangulaires, et sont creux.

[0024] A l'intérieur d'un guide d'onde, la propagation des ondes électromagnétiques se fait par réflexions. La manière dont les ondes électromagnétiques se propagent varie en fonction du format du guide d'onde : la taille des guides d'ondes est donc choisie en fonction de la bande de fréquence des signaux à transmettre. Pour un guide d'onde à section rectangulaire, on notera L la largeur du guide d'onde et h la hauteur de sa section, avec $L \geq h$. La hauteur h du guide d'onde influe sur l'intensité des courants qui s'y propagent, qui augmente lorsque la hauteur du guide diminue. La plupart des guides d'onde ont une hauteur égale à la moitié de leur largeur, car cette configuration est optimale en termes de propagation.

[0025] Par la suite, l'invention est illustrée par des modes de réalisation visant à terminer un guide d'onde rectangulaire car c'est le type de guide d'onde le plus répandu. Cependant, les principes énoncés s'appliquent également pour des guides d'ondes ayant des sections circulaires, ovales, ou autres.

[0026] L'invention propose de réaliser une charge, non pas par l'insertion d'un matériau absorbant dans un guide d'onde métallique, mais en exploitant les pertes inhérentes à une ligne de transmission, en faisant transiter l'onde électromagnétique dans un environnement défavorable à sa propagation. La charge selon l'invention peut être totalement métallique, ce qui permet de pouvoir l'usiner de manière simple, comme par exemple par fabrication

additive.

[0027] L'invention propose une charge conçue et dimensionnée de manière à amplifier les pertes. Pour ceci, la charge selon l'invention est configurée pour former plusieurs lignes de transmissions terminées par un court-circuit (en anglais *stub*), positionnées à l'extrémité du guide d'onde à terminer. Les lignes de transmissions formées par la charge selon l'invention ont une hauteur réduite par rapport au guide d'onde à terminer, ce qui a pour effet d'augmenter l'intensité des tensions et courants transportés dans le guide d'onde, et par conséquent les pertes par échauffement du support lors de la réflexion de l'onde électromagnétique.

[0028] La figure 2a représente un mode de réalisation d'une charge selon l'invention. Les flèches représentent l'amplitude du champ électrique.

[0029] Dans ce mode de réalisation, la charge 200 comprend une pluralité (cinq dans l'exemple de la figure 2a) de lignes de transmission court-circuitées 201 à 205, sous la forme chacune d'un guide d'onde de largeur L , de hauteur h' et de longueur l_1 à l_5 terminé par une cloison formant un court-circuit. Chaque guide d'onde a une longueur différente. Ils sont positionnés de manière à former un jeu de fentes parallèles au grand axe de la section du guide d'onde à terminer.

[0030] La charge 200 ne comprend pas de dispositif permettant l'adaptation de l'impédance du guide d'onde à terminer avec l'impédance des guides d'onde 201 à 205. Il s'agit en effet de diviser l'onde reçue par un jeu de fentes, afin que l'onde se propage dans un maximum de petits guides d'onde de faibles longueurs. Le dispositif « fend » le champ électrique en sous-champs élémentaires associés à des bandes de fréquence différents, et qui évoluent dans les guides d'onde 201 à 205 accordées à leur bande de fréquence.

[0031] En pratique, la longueur des guides d'onde (ou stubs) 201 à 205 est voisine de $\lambda_g/4$, avec λ_g la longueur d'onde guidée dans la bande de fréquence d'intérêt. Chaque guide d'onde 201 à 205 est adapté pour une sous-bande de fréquence parmi la bande de fréquence totale considérée en ajustant sa longueur. Chaque fente résonne donc pour une sous-bande donnée, et absorbe l'énergie sur cette sous-bande à la manière d'une charge. Elle dissipe donc la puissance du signal sur une sous-bande de fréquence seulement. En choisissant des longueurs différentes de guides d'ondes, le dispositif résonne pour plusieurs sous-bandes distinctes, pouvant se chevaucher. Le nombre de fentes, leurs hauteurs et longueurs sont donc choisis en fonction de la largeur de bande de fréquence totale d'intérêt, de la conductivité du support, de l'adaptation visée et du couplage entre les fentes, de sorte qu'ensemble, les fentes atténuent la puissance dans l'ensemble de la bande de fréquence d'intérêt.

[0032] Les différents guides d'onde 201 à 205 jouent le rôle de résonateurs court-circuités pour des bandes de fréquences voisines, dont la réponse conjointe permet d'adapter la bande de fréquence pour atténuer une

bande de fréquences d'intérêt, et d'adapter le facteur de qualité de la charge. Suivant le mode de réalisation, la hauteur des guides d'onde 201 à 205 peut varier, ce qui permet d'adapter l'intensité des courants dans les guides d'onde. Cependant, l'utilisation de guides d'onde de mêmes hauteurs permet de sélectionner la hauteur maximisant le rapport entre l'intensité des courants (et donc les pertes) et la faisabilité de conception.

[0033] Dans la figure 2a, les guides d'onde 201 à 205 sont droits. Cependant, les mêmes résultats peuvent être obtenus avec des guides d'onde de formes quelconques (par exemples repliés, enroulés, etc...).

[0034] Selon la manière dont la charge doit être raccordée au guide d'onde à terminer, elle peut être équipée ou non d'un moyen de fixation tel qu'une bride (non représentée).

[0035] La figure 2b représente, par des niveaux de gris, la densité de courant dans un guide d'onde à l'origine des pertes associées à une sous-bande de fréquence. L'intensité du courant, et donc les pertes, augmente fortement à l'extrémité de chacune des lignes de transmission.

[0036] La figure 2c représente une vue en perspective d'un mode de réalisation d'une charge selon l'invention. Dans ce mode de réalisation, la charge comprend une paroi 210 dans laquelle viennent se loger 8 fentes 211 à 218 correspondant chacune à un guide d'onde court-circuité accordé à une sous-bande de fréquence distincte.

[0037] La charge selon les modes de réalisation présentés aux figures 2a et 2c est très compacte, ce qui lui permet de s'intégrer avec facilité dans n'importe le design d'un équipement. Son poids et son encombrement sont très réduits par rapport aux charges connues de l'état de l'art. Elle requiert une connaissance précise des paramètres et modèles pour sa conception, et une réalisation suffisamment minutieuse pour que le calage électrique des guides d'ondes corresponde aux attentes.

[0038] La charge selon les modes de réalisation présentés aux figures 2a et 2c est intégrable facilement dans un design puisqu'elle ne déborde pas de la section du guide d'onde à terminer. Cependant, le nombre de guides d'ondes positionnés en parallèle est limité par la hauteur du guide d'onde à terminer, et par conséquent la performance de la charge l'est également.

[0039] La figure 2d présente un autre mode de réalisation d'une charge selon l'invention, dans laquelle les guides d'ondes 221 à 236 sont positionnés de manière radiale, parallèlement au grand axe de la section du guide d'onde à terminer, contrairement aux figures 2a et 2c, où les guides d'onde terminant la charge débutent au même niveau. Ce mode de réalisation permet de densifier le nombre de guides d'ondes (il est doublé par rapport au mode de réalisation décrit à la figure 2c), et donc d'améliorer les performances de la charge ou d'augmenter la largeur de la bande de fréquence de fonctionnement de la charge, au prix d'un encombrement légèrement supérieur.

[0040] De manière générale, les guides d'onde résonnant de manière à absorber la puissance transmise dans le guide d'onde à terminer sont repartis de manière régulière sur l'extrémité du guide d'onde, par exemple sur un plan (figures 2a et 2c), sur une extrémité arrondie (figure 2d) ou sur une pente.

[0041] La figure 2e représente une charge finalisée selon l'invention, en transparence (A) et après avoir été habillée de matière (B), dans le cas d'un guide d'onde en technologie WR22 ($L = 5.68$ mm, $h = 2.84$ mm) avec 16 fentes radiales. La charge comprend ici une bride 241 permettant de la fixer sur le guide d'onde à terminer.

[0042] La figure 2f représente une charge finalisée selon l'invention, en transparence (A) et après avoir été habillée de matière (B), dans le cas d'un guide d'onde en technologie WR51 avec 8 fentes parallèles. La charge comprend ici une bride 242 permettant de la fixer sur le guide d'onde à terminer.

[0043] Les figures 2e et 2f permettent de se rendre compte de la compacité que présente la charge selon l'invention, bien supérieure à celle des charges selon l'état de l'art.

[0044] La figure 2g présente les performances mesurées d'une charge selon l'invention. Les mesures ont été faites pour quatre arrangements A_1 à A_4 différents de fentes, sans l'application d'aucun traitement chimique. L'arrangement A_1 porte sur une charge avec un jeu de 8 fentes parallèles, tel que représenté en figure 2c, tandis que les arrangements A_2 à A_4 portent sur des charges avec un jeu de 16 fentes radiales, tel que représenté en figure 2d. On observe une adaptation moyenne d'environ 12 dB sur toute la bande de fréquence 17 GHz - 21.5 GHz. L'adaptation est plus homogène sur la bande pour les arrangements à 16 fentes radiales.

[0045] Si ce résultat est satisfaisant dans une certaine mesure, les simulations montrent qu'une réalisation plus précise de la charge doit permettre d'atteindre des atténuations de l'ordre de 25 dB.

[0046] La figure 2h présente un autre mode de réalisation d'une charge selon l'invention. Cette charge 250 reprend les caractéristiques de la charge de la figure 2a. Cependant, plutôt que de s'étendre vers l'extérieur de la charge, les lignes de transmission 251 à 255 sont formées en creux dans la charge. Ce mode de réalisation présente l'intérêt d'être très compact. Il est également compatible d'un agencement radial des lignes de transmission court-circuitées.

[0047] La figure 2i présente un autre mode de réalisation d'une charge selon l'invention, dans lequel la charge 260 est réentrante, c'est-à-dire qu'elle s'étend à l'intérieur du guide d'onde à fermer 261. Les lignes de transmission 271 à 275 sont formées en creux dans la charge, de manière à former un jeu de fentes court-circuitées positionnées au bout du guide d'onde 260.

[0048] En termes d'encombrement, cette solution est particulièrement avantageuse puisque la charge vient s'insérer dans le guide d'onde.

[0049] La charge 200 selon l'invention présente l'inté-

rêt d'être totalement métallique. Elle peut ainsi être réalisée dans un métal ou alliage de métaux présentant de fortes pertes par conductivité, comme par exemple le titane ou l'Inconel™. En effet, les guides d'ondes sont généralement en aluminium, qui présente de bonnes propriétés de conductivité et un faible poids. Les pertes de propagation augmentent quand la conductivité du support diminue. En utilisant un métal dont la conductivité est inférieure à celle de l'aluminium, les pertes de la charge selon l'invention sont augmentées. A titre d'exemple, la longueur d'un guide d'onde nécessaire pour dissiper un signal est divisée par deux entre un guide d'onde en aluminium (conductivité électrique de 36.9 MSiemens/m) et un guide d'onde en titane (conductivité électrique de 2.4 MSiemens/m).

[0050] Avantagusement, la charge 200 peut être conçue dans un métal traité de manière à en dégrader la porosité. Par exemple, la charge peut être conçue par une technique de fabrication additive. On appelle fabrication additive la conception de pièces métalliques en trois dimensions à partir de fines couches successives de poudre métallique mises en fusion par un faisceau laser couplé à un modèle CAO de la pièce à produire. La pièce est alors construite couche par couche, contrairement à l'usinage, qui procède par enlèvement de matière. C'est l'équivalent de l'impression 3D pour du métal. La fabrication additive permet de concevoir rapidement et facilement des pièces métalliques présentant une porosité (Ra) dégradée, avec typiquement une conductivité diminuée d'un facteur 5 à 10. Cette dégradation de la porosité de la charge diminue la conductivité équivalente du métal utilisé pour réaliser la charge, ce qui augmente encore les pertes et correspond à l'objectif recherché.

[0051] La porosité de la charge peut être dégradée artificiellement par la fabrication additive, ou par toute autre méthode, comme par exemple en utilisant des traitements chimiques.

[0052] La charge 200 selon l'invention répond donc au besoin exprimé de dissiper thermiquement l'énergie électromagnétique qui lui est fournie. Plutôt que de l'absorber, l'énergie est dissipée par des guides d'ondes métalliques présentant des pertes importantes dans des sous-bandes de fréquences distinctes.

[0053] Etant totalement métallique, la charge selon l'invention peut être réalisée d'une seule pièce, et par fabrication additive, ce qui la rend peu coûteuse, peu complexe à réaliser, et répliquable à l'infini à partir d'un fichier 3D.

[0054] Elle peut prendre différentes formes, et ainsi s'intégrer facilement dans le design d'un composant quelconque (par exemple un coupleur ou une source d'antenne). Elle peut éventuellement être fabriquée conjointement à ce composant. Sa forme peut alors être adaptée à celle du composant de manière à occuper des espaces perdus. Une telle fabrication conjointe diminue le volume de l'ensemble, les coûts de fabrication, et améliore la fiabilité du composant.

[0055] En outre, la fabrication additive rend possible

l'enlacement de serpentins dédiés à la circulation d'un liquide de refroidissement directement dans la charge (par exemple entre les guides d'onde 201 à 205), afin d'améliorer la dissipation de l'énergie thermique produite.

[0056] Les différents modes de réalisation présentés d'une charge selon l'invention atteignent bien les objectifs souhaités. Par l'utilisation de lignes de transmission à forte pertes, ils rendent possible la fabrication d'une charge sans matériau absorbant, ce qui présente un intérêt important en termes de stabilité en température, stabilité dans le temps, coût, temps et complexité de fabrication. L'invention peut être agencée de différentes manières présentant chacune des caractéristiques de performance, complexité de fabrication et compacité particulières. Enfin, les charges selon l'invention peuvent être encore améliorées par l'utilisation de métaux à faible conductivité, généralement peu envisagées pour la fabrication de matériaux hyperfréquence, en les réalisant par des procédés de fabrication additive, ou en les soumettant à des traitements chimiques destinés à augmenter leur porosité.

[0057] L'invention porte également sur un procédé de fabrication d'une charge par fabrication additive. Comme indiqué précédemment, la fabrication additive permet de concevoir rapidement et simplement des charges métalliques ayant une porosité dégradée, ce qui est habituellement problématique mais se révèle avantageux dans le cadre d'une charge puisque cette dégradation de la porosité diminue la conductivité équivalente du métal utilisé pour réaliser la charge, ce qui augmente encore les pertes et correspond à l'objectif recherché.

[0058] Le procédé selon l'invention comprend les étapes de :

- obtention d'un fichier électronique représentant une géométrie d'une charge selon l'invention, et
- contrôle d'un dispositif de fabrication additive pour fabriquer la charge selon la géométrie spécifiée dans ledit fichier électronique.

[0059] Plus précisément, le fichier électronique peut être obtenu par modélisation logicielle (en anglais Computer Aided Design, ou CAD) et/ou par balayage de la surface de la charge pour mesurer sa configuration surfacique (en anglais scanning). De nombreux formats de fichiers sont possibles, comme par exemple les fichiers de type Stereolithography ou "Standard Tessellation Language" (fichiers .stl), Additive Manufacturing File (fichiers .amf), AutoCad (fichiers .dwg), Blender (fichiers .blend), Parasolid (fichiers .x_t), 3D Manufacturing Format (fichiers .3mf), Autodesk (fichiers 3ds), Collada (fichiers .dae) and Wavefront (fichiers .obj), entre autres.

[0060] Une fois obtenu, le fichier électronique peut être converti en un ensemble d'instructions exécutables par un processeur, lui permettant de contrôler un dispositif de fabrication additive afin de produire la charge selon l'ar-

rangement géométrique considéré. La conversion peut consister à convertir le fichier en un ensemble de couches devant être formées séquentiellement par le dispositif de fabrication additive. Le dispositif de fabrication additive (imprimante 3D) exécute les instructions qui lui sont transmises pour fabriquer la charge selon l'invention.

[0061] Le fichier électronique peut être enregistré sous différents formats, et enregistré sur un support de stockage apte à être lu par un ordinateur.

Revendications

1. Charge (200) pour la terminaison d'un guide d'onde (110) dans un circuit hyperfréquence, **caractérisée en ce qu'elle** est configurée pour former une pluralité (201 à 205, 211 à 218, 221 à 236, 251 à 255, 271 à 275) de lignes de transmissions de longueurs différentes terminées par un court-circuit à l'extrémité du guide d'onde, les dimensions des lignes de transmissions formées étant choisies de manière à augmenter l'intensité des courants des ondes électromagnétiques transportés dans le guide d'onde.
2. Charge selon la revendication 1, configurée pour atténuer des signaux dans une bande de fréquence d'intérêt, dans laquelle les dimensions de chaque ligne de transmission (201 à 205, 211 à 218, 221 à 236, 251 à 255, 271 à 275) sont adaptées pour résonner dans une sous-bande de fréquences particulière de la bande de fréquence d'intérêt, de sorte que conjointement, les lignes de transmissions atténuent l'ensemble de la bande de fréquence d'intérêt.
3. Charge selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle les lignes de transmission ont des longueurs proches de $\lambda_g/4$, avec λ_g la longueur d'onde guidée dans la bande de fréquence d'intérêt, et inférieures à λ_g .
4. Charge selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle les lignes de transmission formées ont une section inférieure à la section du guide d'onde dans au moins une direction.
5. Charge (200, 241, 242, 250, 260) selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle la pluralité de lignes de transmissions de longueurs différentes terminées par un court-circuit sont disposées radialement (221 à 236).
6. Charge (200, 241, 242, 250, 260) selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle les lignes de transmissions sont formées en creux (251 à 255, 271 à 275) dans la charge.
7. Charge (260) selon la revendication 6, configurée

pour s'insérer dans le guide d'onde (261), dans laquelle les lignes de transmission (271 à 275) sont positionnées à l'intérieur du guide d'ondes.

8. Charge (200, 241, 242, 250, 260) selon l'une des revendications précédentes, comprenant en outre des serpentins configurés pour permettre la circulation d'un liquide de refroidissement. 5
9. Charge selon l'une des revendications précédente, intégralement métallique. 10
10. Charge selon la revendication 9, réalisée par fabrication additive. 15
11. Charge selon l'une des revendications précédentes, formée dans un métal dont la conductivité est inférieure à la conductivité du guide d'onde. 20
12. Charge selon l'une des revendications précédentes, traitée de manière à dégrader la porosité du métal qui la compose. 25
13. Procédé de fabrication d'une charge par fabrication additive, le procédé comprenant les étapes de : 30
 - obtention d'un fichier électronique représentant une géométrie d'une charge selon l'une des revendications 1 à 12, et
 - contrôle d'un dispositif de fabrication additive pour fabriquer la charge selon la géométrie spécifiée dans ledit fichier électronique. 35
14. Produit programme d'ordinateur comprenant des instructions exécutables par ordinateur qui, lorsqu'exécutées par un processeur, permettent de contrôler un dispositif de fabrication additive pour fabriquer une charge selon l'une des revendications 1 à 13. 40

40

45

50

55

[Fig. 1]

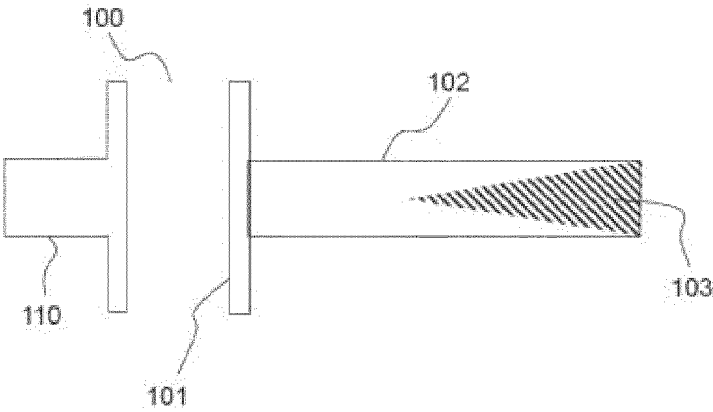


FIG.1
Art Antérieur

[Fig. 2a]

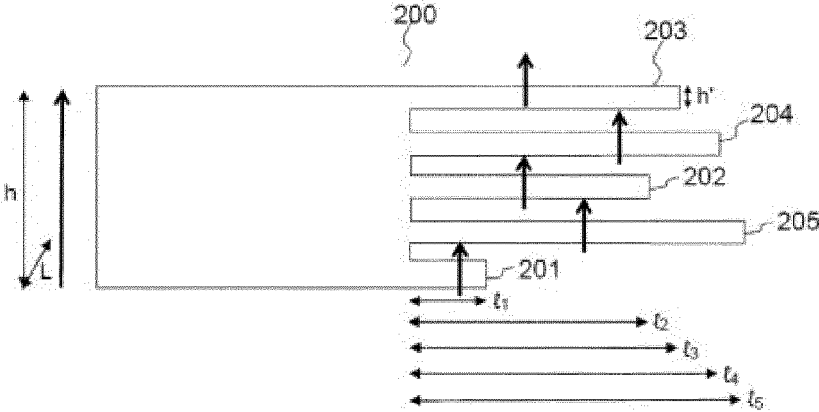


FIG.2a

[Fig. 2b]

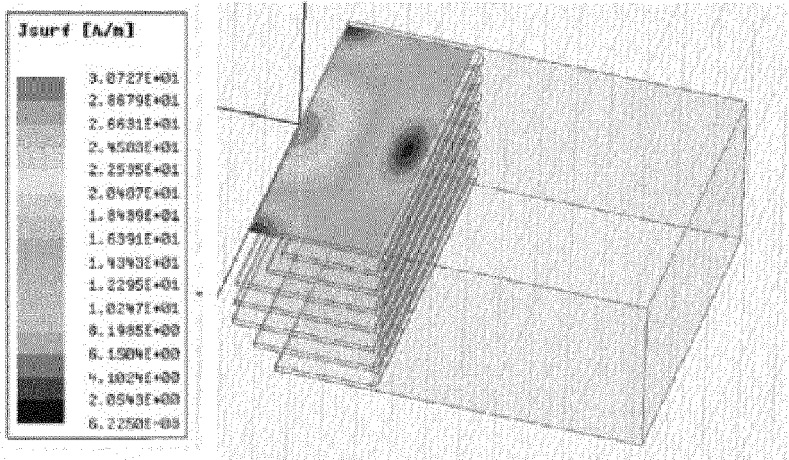


FIG 2b

[Fig. 2c]

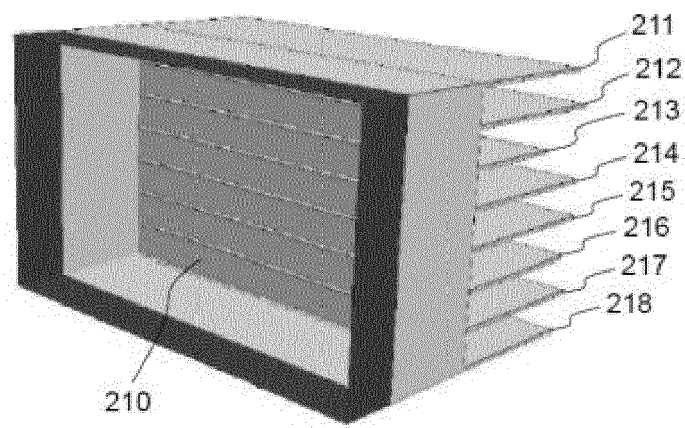


FIG. 2c

[Fig. 2d]

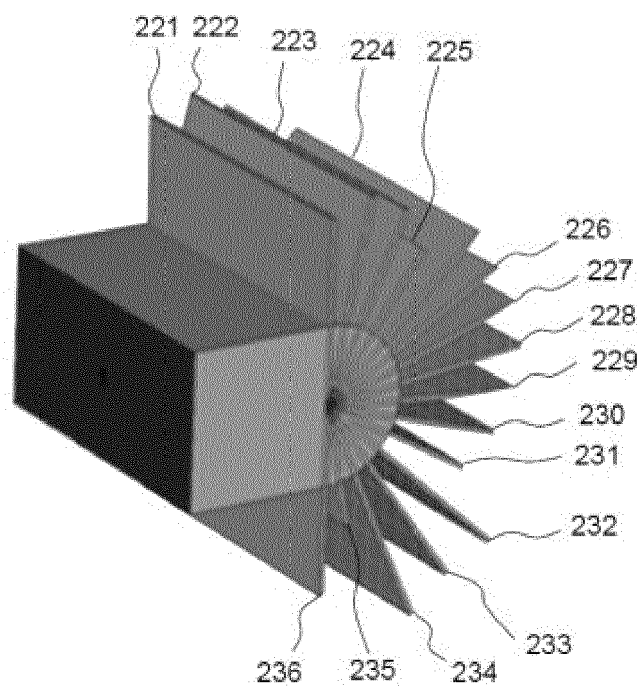
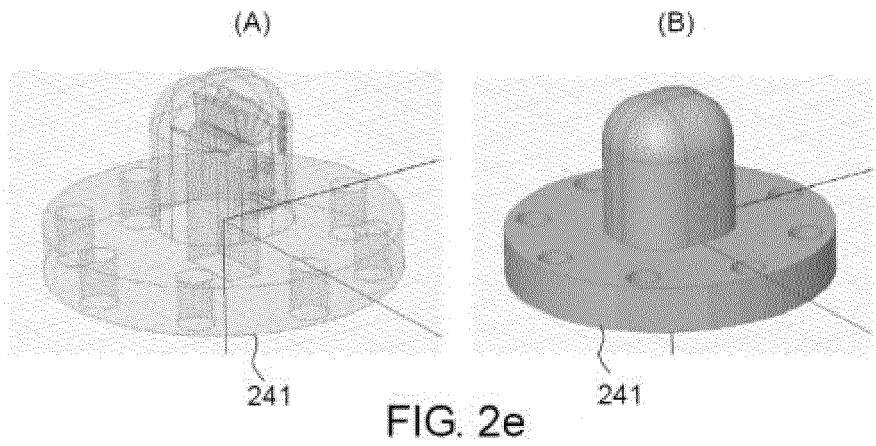
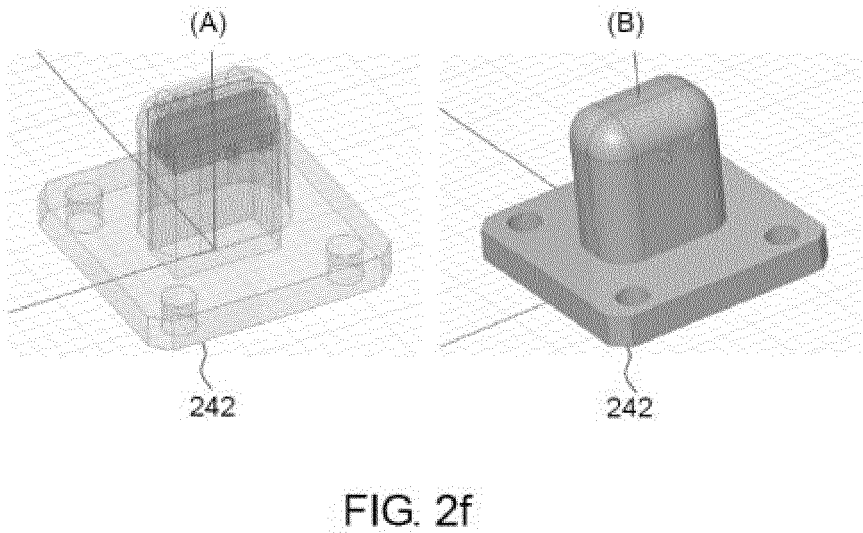


FIG. 2d

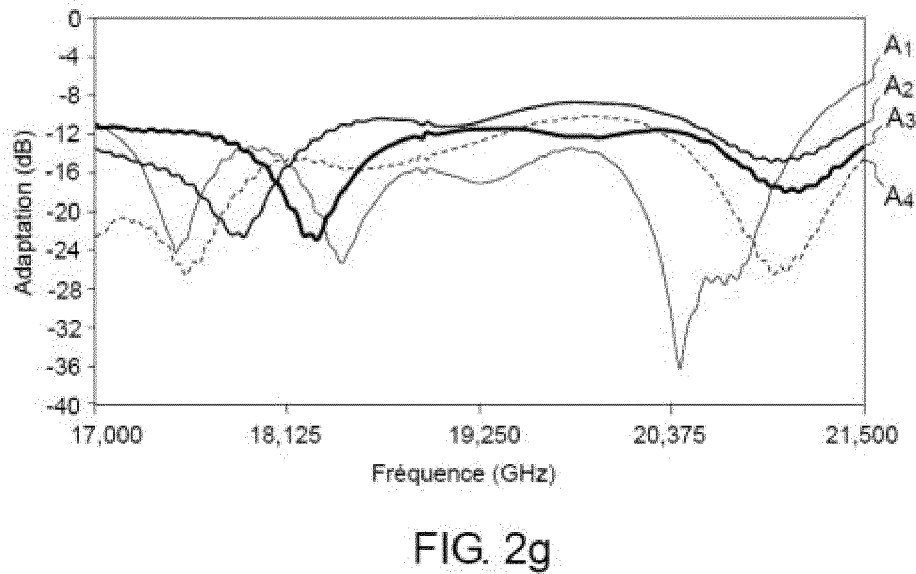
[Fig. 2e]



[Fig. 2f]



[Fig. 2g]



[Fig. 2h]

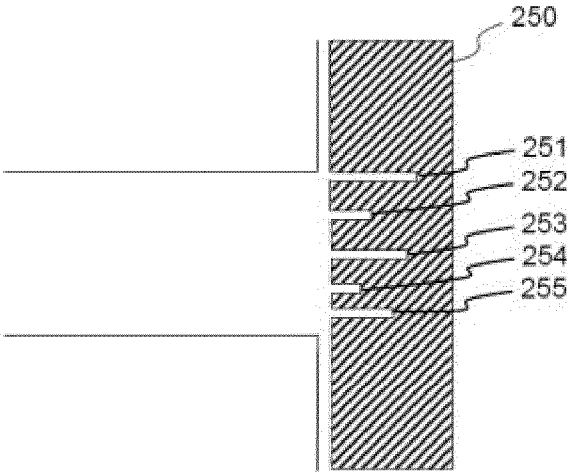


FIG. 2h

[Fig. 2i]

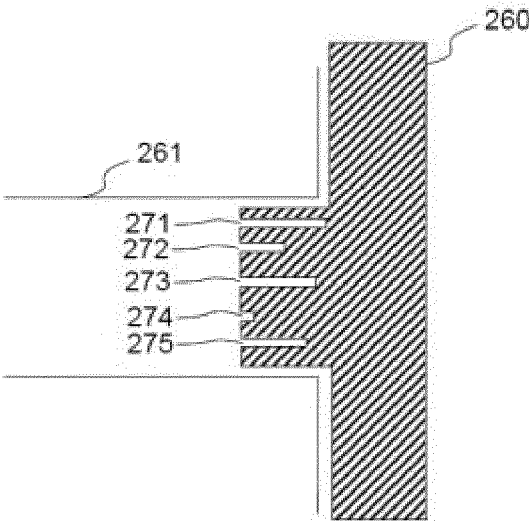


FIG. 2i



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 24 21 8519

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	US 3 041 558 A (BROWN BURTON P ET AL) 26 juin 1962 (1962-06-26) * colonne 3 - colonne 4; figures 2-2b * * colonne 5 - pages 15, 19, colonne 9 * -----	1-4,9-14	INV. H01P1/26
X	RU 2 234 769 C1 (TIKHOMIROV INSTR CONSTR RES INST CO) 20 août 2004 (2004-08-20) * alinéa [0011] - alinéa [0020]; figures 2, 3 * -----	1-4,6,7, 9-14	
X	US 5 801 598 A (TANTAWI SAMI G [US] ET AL) 1 septembre 1998 (1998-09-01) * colonnes 3, 4; figure 1a * -----	1-6,9-14	
Y		8	
Y	US 3 940 719 A (BOOTH ALFRED E) 24 février 1976 (1976-02-24) * colonne 2 - colonne 5; figures 1, 3 * -----	8	
A	US 2020/274218 A1 (USHIJIMA YU [JP] ET AL) 27 août 2020 (2020-08-27) * alinéas [0004], [0008], [0010]; figure 1 * -----	7,10,13, 14	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) H01P
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 22 avril 2025	Examineur Hueso González, J
CATEGORIE 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 antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 24 21 8519

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

22-04-2025

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 3041558 A	26-06-1962	AUCUN	
RU 2234769 C1	20-08-2004	AUCUN	
US 5801598 A	01-09-1998	US 5801598 A WO 9741615 A1	01-09-1998 06-11-1997
US 3940719 A	24-02-1976	AUCUN	
US 2020274218 A1	27-08-2020	EP 3618177 A1 JP 6576600 B2 JP WO2018216072 A1 US 2020274218 A1 WO 2018216072 A1	04-03-2020 18-09-2019 07-11-2019 27-08-2020 29-11-2018

EPO FORM P0460

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