



(11)

EP 2 743 962 A2

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
18.06.2014 Bulletin 2014/25

(51) Int Cl.:
H01J 25/587^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **13194816.8**

(22) Date de dépôt: **28.11.2013**

(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
Etats d'extension désignés:
BA ME

- **Chauchat, Anne-Sophie**
92622 Gennevilliers Cedex (FR)
- **Jousse, Dominique**
92622 Gennevilliers Cedex (FR)
- **Siro, Patrick**
92622 Gennevilliers Cedex (FR)
- **Fasse, Dominique**
92622 Gennevilliers Cedex (FR)

(30) Priorité: **12.12.2012 FR 1203385**

(71) Demandeur: **Thales**
92200 Neuilly Sur Seine (FR)

(74) Mandataire: **Blot, Philippe Robert Emile**
Cabinet Lavoix
2, place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)

(72) Inventeurs:
• **Brasile, Jean-Pierre**
91190 Gif Sur Yvette (FR)

(54) **Générateur d'ondes hyperfréquences et procédé de génération d'ondes associé**

(57) La présente invention concerne un générateur d'ondes hyperfréquences (10), comprenant un tube de génération d'ondes hyperfréquences s'étendant selon un axe longitudinal (L), comprenant :

- une cathode (18) s'étendant selon l'axe (L),
- une anode (26) s'étendant selon l'axe (L) et entourant radialement la cathode (18),
- une cavité (28) délimitée par la cathode (18) et l'anode (26), et

- une source de tension pour établir une différence de potentiel entre la cathode (18) et l'anode (26), la cathode (18) étant adaptée pour émettre des électrons à l'intérieur de la cavité (28) lorsque le tube est alimenté en énergie électrique, le générateur (10) étant caractérisé en ce que la section de la cavité (28) transversalement à l'axe (L) varie suivant l'axe (L).

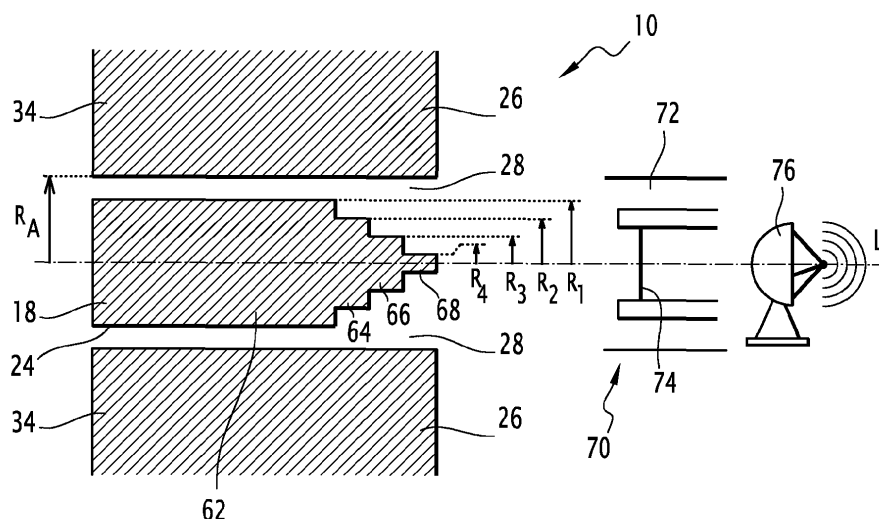


FIG. 4

Description

[0001] La présente invention concerne un générateur d'ondes hyperfréquences comprenant un générateur d'ondes hyperfréquences, comprenant un tube de génération d'ondes hyperfréquences s'étendant selon un axe longitudinal, comprenant une cathode s'étendant selon l'axe, une anode s'étendant selon l'axe et entourant radialement la cathode, une cavité délimitée par la cathode et l'anode, et une source de tension pour établir une différence de potentiel entre la cathode et l'anode, la cathode étant adaptée pour émettre des électrons à l'intérieur de la cavité lorsque le tube est alimenté en énergie électrique.

[0002] L'invention se rapporte également au procédé de génération d'ondes hyperfréquences utilisant le générateur.

[0003] Les générateurs d'ondes hyperfréquences sont connus et sont utilisés dans différents systèmes, tels que les systèmes radar ou les armes électromagnétiques.

[0004] Les armes électromagnétiques nécessitent préférentiellement des fortes puissances.

[0005] Les générateurs connus ne permettent pas l'émission d'ondes électromagnétiques sur de longues durées et sont lents à démarrer, ce qui ne permet pas de les utiliser pour émettre des impulsions rapprochées.

[0006] En outre, les générateurs connus présentent des rendements souvent faibles.

[0007] De ce fait, il en résulte un mauvais couplage entre la cible et le générateur, ce qui réduit l'efficacité du générateur. Par le terme « couplage », on entend une interaction entre les fréquences de la cible et du générateur. Plus cette interaction est importante, meilleur est le couplage.

[0008] Il existe donc un besoin pour un générateur d'ondes hyperfréquences de fortes puissances présentant un meilleur couplage avec la cible.

[0009] A cet effet, il est proposé un générateur d'ondes hyperfréquences, comprenant un tube de génération d'ondes hyperfréquences s'étendant selon un axe longitudinal. Le tube comprend une cathode s'étendant selon l'axe, une anode s'étendant selon l'axe et entourant radialement la cathode, une cavité délimitée par la cathode et l'anode, et une source de tension pour établir une différence de potentiel entre la cathode et l'anode, la cathode étant adaptée pour émettre des électrons à l'intérieur de la cavité lorsque le tube est alimenté en énergie électrique. La section de la cavité transversalement à l'axe varie suivant l'axe.

[0010] Selon des modes de réalisation préférés de l'invention, le générateur comprend l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou suivant toute(s) combinaison(s) techniquement possibles(s) :

- la variation de la section de la cavité transversalement à l'axe est sensiblement monotone suivant l'axe.
- la cathode présente une paroi s'étendant autour de

l'axe pour laquelle il peut être défini une première distance transversale moyenne dans chaque plan transversal perpendiculaire à l'axe,

- l'anode présente une surface intérieure s'étendant autour de l'axe pour laquelle il peut être défini une deuxième distance transversale moyenne dans chaque plan transversal perpendiculaire à l'axe,
- le rapport entre la première distance transversale moyenne et la deuxième distance transversale moyenne évolue de manière sensiblement monotone suivant l'axe.
- l'anode présente une deuxième distance transversale moyenne sensiblement constante suivant l'axe.
- l'anode présente une deuxième distance transversale moyenne évoluant de manière strictement monotone suivant l'axe.
- la cathode présente une première distance transversale moyenne constante suivant l'axe.
- la cathode présente une première distance transversale moyenne évoluant de manière monotone et continue par morceaux suivant l'axe.
- la cathode présente une première distance transversale évoluant de manière strictement monotone suivant l'axe.
- la cathode est un tronc de cône de révolution autour de l'axe s'étendant entre une première base et une deuxième base.
- la surface intérieure de l'anode est inclinée vers l'axe.
- l'une de la cathode et l'anode est un cylindre de révolution présentant une section étagée selon l'axe.
- le générateur comprend un compresseur ayant pour axe l'axe longitudinal, le compresseur étant adapté pour extraire une onde du tube.
- le générateur comprend un compresseur présentant une ligne dispersive.

[0011] L'invention concerne aussi un procédé de génération d'une onde électromagnétique présentant une pluralité de fréquences au moyen d'un générateur tel que décrit précédemment, le générateur comprenant une source d'ondes électromagnétiques raccordée au tube. Le procédé comprend les étapes successives d'alimentation du tube en énergie électrique, et d'émission d'une onde électromagnétique par la source (14), à destination du tube (12).

[0012] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit de modes de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemple uniquement et en référence aux dessins qui sont :

- figure 1, une vue schématique en coupe d'un générateur selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- figure 2, une vue schématique en section du générateur de la figure 1 selon l'axe II-II ;
- figure 3, une vue schématique en section d'une par-

tie d'un générateur selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ;

- figure 4, une vue schématique en section d'une partie d'un générateur selon un troisième mode de réalisation de l'invention ;
- figure 5, un ordinogramme d'un exemple de procédé de génération d'une onde électromagnétique selon l'invention.

[0013] Le générateur 10 d'ondes hyperfréquences, représenté sur la figure 1, comprend un tube de génération d'ondes hyperfréquences 12 appelé tube 12 dans la suite. Le générateur 10 comprend également une source 14 d'ondes électromagnétiques, différente du tube 12 et une pluralité d'extracteurs 16 d'ondes électromagnétiques hors du tube 12.

[0014] Le tube 12 comprend une cathode 18.

[0015] La cathode 18 est un tronc de cône de révolution autour d'un axe L longitudinal perpendiculaire au plan de la figure 1, la cathode 18 s'étendant entre une première base 20 et une deuxième base 22. La première base 20 est un disque ayant pour rayon un premier rayon R_{C1} . La deuxième base 22 est un disque ayant pour rayon un deuxième rayon R_{C2} . Le premier rayon R_{C1} est supérieur au deuxième rayon R_{C2} . Les bases 20 et 22 sont, en outre, dans des plans transversaux perpendiculaires à l'axe L.

[0016] La cathode 18 est délimitée par une paroi 24 latérale convergeant vers l'axe L de la première base 20 vers la deuxième base 22 suivant l'axe L, soit de la gauche vers la droite sur la figure 2.

[0017] De manière alternative, la paroi 24 de la cathode 18 est caractérisée par une première distance transversale moyenne d_{T1moy} de la paroi 24 à l'axe L. Par exemple, une distance transversale moyenne est définie comme la moyenne arithmétique des distances transversales d'un point de la paroi 24 à l'axe L pour chaque plan transversal perpendiculaire à l'axe L lorsque ce point existe dans le plan transversal considéré.

[0018] Dans l'exemple de la figure 1, la première distance transversale moyenne d_{T1moy} évolue linéairement depuis le premier rayon R_{C1} vers le deuxième rayon R_{C2} .

[0019] La cathode 18 comprend un matériau propre à émettre des électrons sous l'effet d'un champ électrique, tout en ayant une bonne conductivité, comme du cuivre ou du carbone pyrolytique.

[0020] Le tube 12 comporte également une anode 26.

[0021] L'anode 26 s'étend également selon l'axe L et entoure radialement la cathode 18. L'anode 26 et la cathode 18 délimitent ainsi entre elles une cavité 28.

[0022] L'anode 26 est de forme cylindrique et comprend un corps 30, orienté selon l'axe L et un certain nombre d'aillettes (quatre sur la figure 1) 32 s'étendant radialement depuis le corps 30 vers la cathode 18. Le terme « cylindrique » est à entendre au sens large et couvre aussi bien des cylindres de révolution que des cylindres à section carrée, hexagonale, ou autre.

[0023] Le corps 30 et les ailettes 32 définissent en-

semble une surface intérieure 34 de l'anode 26, orientée vers la cavité 28. Le corps 30 délimite une surface extérieure 36 de l'anode 26, à l'opposée de la cavité 28.

[0024] Les ailettes 32 sont équidistantes angulairement autour de l'axe L. Les ailettes 32 ont également la même forme. Une ailette 32 se déduit d'une ailette 32 voisine par une rotation d'un certain angle autour de l'axe L (90° sur la figure 1).

[0025] Les ailettes 32 délimitent avec le corps 30 une pluralité de cavités 38, 40 résonnantes débouchant chacune dans un espace central 42 sensiblement cylindrique s'étendant au centre de l'anode 26. Les cavités 38, 40 et l'espace central 42 constituent ensemble la cavité 28. La cathode 18 est disposée au centre de l'espace central 42.

[0026] Dans l'exemple représenté, la pluralité de cavités 38, 40 comprend une pluralité de grandes cavités 38 et de petites cavités 40.

[0027] En effet, la section transversale, c'est-à-dire selon un plan perpendiculaire à l'axe longitudinal L, de chaque petite cavité 40 est inférieure à la section transversale de chaque grande cavité 38. En outre, de préférence, les petites cavités 40 et les grandes cavités 38 ont toutes une même longueur longitudinale selon l'axe L.

[0028] Le tube 12 comporte un certain nombre de grandes cavités 38 (quatre sur la figure 1) et de petites cavités 40 (quatre sur la figure 1). Les grandes cavités 38 et les petites cavités 40 sont disposées en alternance les unes des autres autour de la cathode 18. En parcourant radialement la cavité 28 autour de l'axe L, il apparaît que chaque grande cavité 38 est entourée par deux petites cavités 40.

[0029] En outre, chaque grande cavité 38 est à équidistance des deux petites cavités 40 qui lui sont voisines.

[0030] Chaque grande cavité 38 est délimitée par deux ailettes 32 et par le corps 30. Chaque petite cavité 40 est délimitée à l'intérieur d'une ailette 32 par un orifice radial s'ouvrant en regard de la cathode 18. Les petites cavités 40 ne débouchent pas dans la surface extérieure 36 de l'anode 26.

[0031] L'anode 26 présente ainsi une configuration du type « soleil levant » (aussi désigné sous la dénomination anglaise « rising sun »). Cette configuration permet de limiter le risque d'apparition d'oscillations sur des fréquences parasites, et d'augmenter le rendement du tube 12.

[0032] En variante, les cavités 38, 40 sont toutes identiques les unes aux autres. Cette variante est particulièrement avantageuse lorsque le nombre de cavités 38, 40 est réduit (typiquement à six cavités), car alors le risque d'apparition d'oscillations sur des fréquences parasites est fortement réduit.

[0033] La surface intérieure 34 de l'anode 26 est caractérisée par une deuxième distance transversale moyenne d_{T2moy} de la surface intérieure 34 à l'axe L.

[0034] Selon l'exemple de la figure 2, la deuxième distance transversale moyenne d_{T2moy} est constante et égale au rayon d'anode noté R_A .

[0035] Le rapport entre la première distance $d_{T1\text{moy}}$ et la deuxième distance $d_{T2\text{moy}}$ varie selon le plan transversal considéré. Plus précisément, dans ce cas, cette variation est décroissante le long de l'axe longitudinal L. En l'occurrence, la variation est linéaire.

[0036] Dans le mode de réalisation des figures 1 et 2, La section de la cavité 28 transversalement à l'axe L varie linéairement suivant l'axe L.

[0037] L'anode 26 est constituée d'un matériau conducteur, typiquement de l'acier, du graphite ou du cuivre.

[0038] Le tube 12 comprend en outre une pluralité d'orifices d'extraction 44 pour la sortie hors du tube 12 d'une onde électromagnétique générée dans le tube 12. A cet effet, chaque orifice d'extraction 44 relie la cavité 28 à un extracteur 16. Dans le cas de la figure 1, l'anode 26 est, ainsi, munie de trois orifices d'extraction 44.

[0039] Le tube 12 comprend également un orifice d'alimentation 46 pour l'alimentation de la cavité 28 du tube 12 au moyen d'une onde électromagnétique générée par la source 14.

[0040] Chaque orifice 44, 46 est traversant et débouche dans les surfaces intérieure 34 et extérieure 36 de l'anode 26. En particulier, chaque orifice 44, 46 est constitué par une portion d'une grande cavité 38.

[0041] Le tube 12 comporte une source de tension 47 établissant une différence de potentiel entre la cathode 18 et l'anode 26.

[0042] La cathode 18 est reliée à un potentiel électrique de la source de tension 47 inférieur au potentiel électrique de la source de tension 47 auquel est reliée l'anode 26.

[0043] Le tube 12 comprend également un focalisateur 48 adapté pour générer un champ magnétique à l'intérieur de la cavité 28, le champ magnétique étant selon l'axe longitudinal L.

[0044] Selon l'exemple de la figure 1, le focalisateur 48 est formé par deux bobines en configuration Helmholtz disposées parallèlement l'une à l'autre, chaque bobine étant d'axe L et s'étendant dans un plan transversal. Ces bobines sont disposées axialement de part à d'autre des extracteurs 16. Seule une partie d'une des deux bobines est visible sur la figure 1.

[0045] Dans l'exemple représenté, le tube 12 est un magnétron.

[0046] En variante, le tube 12 est un klystron, un monotron, un gyrotron, un oscillateur à ligne magnétique isolée ou un oscillateur à cathode virtuelle. Ces types de tubes sont connus de l'homme du métier et ne seront pas décrits plus précisément dans ce qui suit.

[0047] La source 14 d'ondes électromagnétiques comporte un émetteur 50 d'ondes électromagnétiques et un guide d'ondes d'alimentation 52 du tube 12 en ondes électromagnétiques.

[0048] L'émetteur 50 est propre à émettre une onde électromagnétique destinée à alimenter la cavité 28 du tube 12. En particulier, l'émetteur 50 est propre à émettre une onde électromagnétique à destination du tube 12 lors d'une phase de démarrage du tube 12.

[0049] L'émetteur 50 est adapté pour émettre une onde électromagnétique avec une fréquence et une phase prédéterminée. Sa puissance de génération d'ondes électromagnétiques est généralement inférieure à celle du tube 12. L'émetteur 50 est typiquement un magnétron ou un klystron.

[0050] L'émetteur 50 est raccordé au tube 12 par l'intermédiaire du guide d'ondes d'alimentation 52. Le guide d'ondes d'alimentation 52 est relié à la cavité 28 à travers l'orifice d'alimentation 46. Le guide d'ondes d'alimentation 52 est ainsi adapté pour alimenter la cavité 28 en ondes électromagnétiques, en particulier pour guider une onde émise par l'émetteur 50 jusqu'à la cavité 28 du tube 12.

[0051] Le guide d'ondes d'alimentation 52 est un tuyau métallique creux adapté pour transporter une onde électromagnétique suivant un mode de propagation bien défini depuis sa source d'émission. Dans l'exemple représenté en figure 1, le guide d'onde d'alimentation 52 est à section droite rectangulaire.

[0052] Le guide d'ondes 52 est équipé d'un dispositif d'obturation de l'alimentation 54. Le dispositif d'obturation de l'alimentation 54 est propre à se trouver dans deux configurations : une configuration bloquante et une configuration passante.

[0053] Dans la configuration bloquante, le dispositif d'obturation de l'alimentation 54 est propre à s'opposer à l'alimentation de la cavité 28 en ondes électromagnétiques et à l'extraction d'ondes électromagnétiques hors de la cavité 28 par le guide d'ondes 52.

[0054] Au contraire, dans la configuration passante, le dispositif d'obturation d'alimentation 54 est propre à permettre cette alimentation et cette extraction.

[0055] A cet effet, le dispositif d'obturation de l'alimentation 54 est adapté pour maintenir un champ électrique sensiblement nul au niveau de l'orifice d'alimentation 46 du tube 12 dans lequel débouche le guide d'ondes 52 lorsque le dispositif d'obturation de l'alimentation 54 est dans la configuration bloquante.

[0056] Dans l'exemple de la figure 1, le générateur 10 est muni de trois extracteurs 16, deux étant placés en regard l'un de l'autre et le troisième étant en regard du guide d'ondes 52.

[0057] Les extracteurs 16 comportent chacun un guide d'ondes d'extraction 56.

[0058] Chaque guide d'ondes d'extraction 56 est typiquement un tuyau métallique creux adapté pour transporter une onde électromagnétique suivant un mode de propagation bien défini depuis sa source. Les guides d'ondes 56 sont à section droite rectangulaire.

[0059] Chaque guide d'ondes d'extraction 56 est adapté pour extraire au moins une partie de l'onde électromagnétique générée par le tube 12 hors de la cavité 28 et la guider jusqu'à un système aval (non représenté), tel qu'un système d'antenne. Chaque guide d'ondes d'extraction 56 est équipé d'un dispositif d'obturation de l'extraction 58. Le dispositif d'obturation de l'extraction 58 est propre à se trouver dans deux configurations : une

configuration bloquante et une configuration passante.

[0060] Ce dispositif d'obturation de l'extraction 58 est adapté pour sélectivement s'opposer à la circulation et à l'extraction d'ondes électromagnétiques dans le guide d'ondes d'extraction 56 qu'il équipe, lorsqu'il est dans la configuration bloquante, et pour permettre cette circulation d'ondes lorsqu'il est dans la configuration passante.

[0061] A cet effet, chaque dispositif d'obturation de l'extraction 58 est adapté pour maintenir un champ électrique sensiblement nul au niveau de l'orifice d'extraction 44 du tube 12 dans lequel débouche le guide d'ondes d'extraction 56 associé, lorsqu'il est dans la configuration bloquante.

[0062] De préférence, les orifices d'extraction 44 sont dimensionnés de sorte que, lorsque aucun dispositif d'obturation de l'extraction 58 d'un guide d'ondes d'extraction 56 ne s'oppose à la circulation d'ondes électromagnétiques dans le guide d'ondes 56 associé, la somme des puissances extraites de la cavité 28 par les extracteurs 16 et perdues par effet Joule dans l'anode 26 soit égale ou supérieure à la puissance apportée à la cavité 28 par l'énergie électrique d'alimentation du tube 12.

[0063] Ainsi, lorsque aucun dispositif d'obturation de l'extraction 58 ne s'oppose à la circulation d'ondes électromagnétiques dans le guide d'ondes d'extraction 56 associé, l'énergie contenue dans la cavité 28 se stabilise ou diminue, ce qui permet d'éviter un claquage diélectrique entre la cathode 18 et l'anode 26.

[0064] Un procédé de génération d'une onde électromagnétique du générateur 10 va maintenant être décrit, en regard du générateur 10 des figures 1 et 2 et de l'ordinogramme de la figure 5.

[0065] Le procédé comprend une étape 100 de commutation du dispositif d'obturation de l'alimentation 54 dans la configuration passante et de chaque dispositif d'obturation de l'extraction 58 dans la configuration bloquante.

[0066] Dans cette première étape 100 du procédé, le tube 12 est à l'arrêt, c'est-à-dire qu'il n'est pas alimenté en énergie électrique, le dispositif d'obturation de l'alimentation 54 étant en configuration passante et chaque dispositif d'obturation de l'extraction 58 est en configuration bloquante.

[0067] Le procédé comporte également une étape 102 d'alimentation du tube 12 en énergie électrique.

[0068] Lors de cette deuxième étape 102, le tube 12 est démarré, c'est-à-dire qu'il est alimenté en énergie électrique par la source de tension 47. La cathode 18 est propre à émettre des électrons dans la cavité 28, à destination de l'anode 26, lorsque le tube 12 est alimenté en énergie électrique. A l'étape 102, la cathode 18 émet des électrons à l'intérieur de la cavité 28. Ainsi, lorsque le tube 12 est alimenté en énergie électrique, un champ électrique orienté de la cathode 18 vers l'anode 26 se crée à l'intérieur de la cavité 28. Sous l'effet conjugué du champ électrique et du champ magnétique généré par le focalisateur 48 présents dans la cavité 28, les électrons

se déplacent à l'intérieur de la cavité 28 (rotation autour de la cathode 18), et leur déplacement génère une onde électromagnétique.

[0069] Cette onde électromagnétique entre en résonance dans la cavité 28 et l'énergie électromagnétique contenue dans la cavité 28 augmente progressivement.

[0070] L'onde électromagnétique produite dans la cavité 28 est une superposition d'une pluralité d'ondes à différentes fréquences puisque, pour chaque distance entre la surface intérieure 34 de l'anode 26 et la paroi de la cathode 18, une fréquence d'onde particulière est associée.

[0071] Dans ce cas particulier, les fréquences présentes dans l'onde générée sont l'ensemble des fréquences comprises entre deux fréquences : une première fréquence f_1 et une deuxième fréquence f_2 . La première fréquence f_1 correspond à la fréquence qui serait générée si la cathode 18 était un cylindre de révolution d'axe L et dont la base serait la première base 20. La deuxième fréquence f_2 correspond à la fréquence qui serait générée si la cathode 18 était un cylindre de révolution d'axe L et dont la base serait la deuxième base 22.

[0072] Le générateur 10 est donc un magnétron fonctionnant en oscillateur avec une dérive en fréquence entre la première fréquence f_1 et la deuxième fréquence f_2 .

[0073] Les dispositifs d'obturation de l'extraction 58 étant en configuration bloquante lors de la phase de démarrage, l'onde électromagnétique générée est maintenue confinée à l'intérieur de la cavité 28. Ainsi, les fuites d'énergie hors du tube 12 sont réduites et l'énergie électromagnétique contenue dans la cavité 28 augmente plus rapidement. La durée de la phase de démarrage du tube 12 s'en trouve donc réduite. En outre, les pertes étant réduites, le rendement du générateur 10 est amélioré.

[0074] Le procédé comporte également une étape 104 d'émission d'une onde électromagnétique par la source 14.

[0075] Ainsi, lors de l'étape 104 simultanée (ou préalable en variante) à l'étape 102 de démarrage du tube 12, la source 14 est activée pour émettre une onde électromagnétique à destination du tube 12. Cette onde excite la cavité 28 selon son mode propre, de sorte que l'onde générée par le tube 12 se met en phase avec l'onde émise par la source 14. Il est ainsi possible de piloter la phase de l'onde générée par le tube 12.

[0076] Ce pilotage de la phase de l'onde générée par le tube 12 est particulièrement avantageux car il permet de rendre cohérents une pluralité de tubes de façon à pouvoir sommer leurs puissances de sortie.

[0077] Lorsque l'énergie électromagnétique stockée dans la cavité 28 atteint un seuil prédéterminé, la phase de démarrage du tube 12 est finie.

[0078] Le procédé comporte également une étape 106 de commutation du dispositif d'obturation d'alimentation 54 dans la configuration bloquante. Ainsi, l'onde électromagnétique générée par le tube 12 ne peut pas remonter via le guide d'ondes 52 jusqu'à la source 14, ce qui permet de protéger la source 14 et d'éviter qu'elle ne soit

endommagée par l'onde.

[0079] Ensuite, une étape 108 d'extraction de l'onde électromagnétique générée hors du tube 12 a lieu.

[0080] Cette étape 108 comprend une première sous-étape 110 de commutation dans la configuration passant d'un ou de plusieurs dispositifs d'obturation de l'extraction 58, les autres dispositifs 58 étant maintenus en configuration bloquante.

[0081] L'étape 108 comporte également une deuxième sous-étape 112 de commutation dans la configuration passant d'au moins un des dispositifs d'obturation de l'extraction 58 qui ont été maintenus dans la configuration bloquante.

[0082] Un tel mode de pilotage permet de sélectionner les voies de sortie de l'onde électromagnétique hors du tube 12.

[0083] Une fois l'onde électromagnétique émise, le tube 12 est arrêté, puis les étapes 110 à 112 précédentes sont répétées pour émettre une nouvelle onde électromagnétique.

[0084] A l'issue du procédé, il est ainsi généré une onde électromagnétique qui comporte, dans la même impulsion, plusieurs fréquences.

[0085] Les fréquences générées au cours de l'impulsion dépendent du rapport entre la première distance de la paroi de la cathode 18 par rapport à l'axe longitudinal L et la deuxième distance de la surface intérieure 34 de l'anode 26 par rapport à l'axe L.

[0086] Comme ce rapport varie le long de l'axe L avec la géométrie particulière de la cathode 18, dans une même impulsion, plusieurs fréquences sont présentes. Par rapport à une impulsion monofréquence, la génération de plusieurs fréquences augmente la probabilité que le rayonnement émis par le générateur 10 soit résonnant avec la ou les fréquences de fonctionnement de la cible visée. Il en résulte un meilleur couplage de la cible au générateur 10.

[0087] Selon un deuxième mode de réalisation, les formes de la cathode 18 et de l'anode 26 sont différentes, les autres éléments du générateur 10 étant identiques.

[0088] La cathode 18 a la forme d'un cylindre de révolution dont l'axe de révolution est L. La base du cylindre est un disque de rayon R_C , le disque étant centré sur l'axe L et se situant dans un plan transversal perpendiculaire à l'axe L. Dans ce cas, la première distance d_{T1moy} est constante et égale au rayon de cathode noté R_C .

[0089] La section de la figure 3 est une section du générateur 10 selon le deuxième mode de réalisation analogue à celle de la figure 2 réalisée selon l'axe de coupe II-II représenté sur la figure 1. Selon cette vue, il apparaît que la deuxième distance d_{T2moy} de l'anode 26 à l'axe L diminue d'une extrémité à l'autre. Cette diminution est continue et notamment linéaire depuis une distance correspondant à un premier rayon d'anode R_{A1} vers un deuxième rayon d'anode R_{A2} .

[0090] Dans ce mode de réalisation, la surface intérieure 34 est inclinée vers l'axe L. Comme dans le premier mode de réalisation, le rapport entre la première distance

d_{T1moy} et la deuxième distance d_{T2moy} varie selon le plan transversal considéré. En l'occurrence, la variation est linéaire et décroissante depuis le premier rayon d'anode R_{A1} vers le deuxième rayon d'anode R_{A2} .

[0091] Dans un troisième mode de réalisation représenté à la figure 4, par rapport à l'exemple des figures 1 et 2, la forme proposée pour la cathode 18 et le type d'extraction sont différents. En effet, les générateurs 10 du premier et du deuxième modes de réalisation présentent une extraction radiale (l'extraction se fait selon des directions perpendiculaires à l'axe longitudinal L) tandis que le générateur 10 du troisième mode de réalisation présente une extraction dite axiale, c'est-à-dire que l'extraction se fait selon l'axe L.

[0092] Selon l'exemple de la figure 4, la cathode 18 a la forme d'un cylindre de révolution dont l'axe de révolution est l'axe L. Ce cylindre présente une section étagée selon l'axe L. Cela signifie que le cylindre comprend plusieurs portions de cylindre dont la base est un disque, chaque disque ayant un rayon différent.

[0093] Plus précisément, d'une extrémité à l'autre, la cathode 18 comprend successivement un certain nombre de portions de cylindres, (quatre selon la figure 4) appelées respectivement première portion 62, deuxième portion 64, troisième portion 66 et quatrième portion 68. Chaque portion 62, 64, 66 et 68 est un cylindre de révolution dont l'axe de révolution est l'axe L. La base du cylindre est un disque dont le rayon est mis en évidence sur la figure 4. Ainsi, à la première portion 62 est associé le rayon R_1 , à la deuxième portion 64 le rayon R_2 , à la troisième portion 66 le rayon R_3 et à la quatrième portion 68 le rayon R_4 . Le rayon R_1 est supérieur au rayon R_2 qui est lui-même supérieur au rayon R_3 qui est lui-même supérieur au rayon R_4 . Dans la vue en section de la figure 4, la cathode 18 a un profil en marche d'escaliers.

[0094] L'évolution de la première distance d_{T1moy} est une évolution monotone et continue par morceaux.

[0095] En outre, selon le mode de réalisation de la figure 4, le générateur 10 ne comporte pas d'extracteurs 16. De plus, le générateur 10 n'est pas non plus muni d'orifices d'extraction 44 comme dans le premier mode de réalisation.

[0096] A la place, le générateur 10 comporte un compresseur 70 placé en sortie du tube 12 suivant l'axe L.

[0097] Le compresseur 70 comprend un collecteur 72 et une ligne dispersive 74. Comme le compresseur 70 ne comporte pas d'éléments actifs, il est qualifié de « passif ».

[0098] Le collecteur 72 est propre à collecter les électrons générés dans la cavité 28 du tube 12.

[0099] Le collecteur 72 est un tube cylindrique ayant pour axe de révolution l'axe L. Le collecteur 72 est métallique. En l'occurrence, il est en cuivre.

[0100] Le collecteur 72 est placé en regard de la cavité 28 et de la cathode 18. Le collecteur 72 est donc coaxial.

[0101] De préférence, l'extension radiale du collecteur 72 est supérieure ou égale à la l'extension radiale de la cavité 28.

[0102] La ligne dispersive 74 est propre à réduire la dispersion des vitesses de groupes des différents électrons entrant dans le collecteur. Cette réduction résulte en une compression augmentant la puissance crête de l'onde générée en sortie du compresseur 70 par rapport à une configuration dans laquelle le compresseur 70 n'est pas présent.

[0103] Pour permettre une telle réduction de la dispersion, la ligne dispersive 74 comporte un milieu dispersif, c'est-à-dire un milieu dont la constante de propagation dépend de la fréquence. Par exemple, la constante de propagation décroît avec la fréquence.

[0104] La ligne dispersive 74 a également une forme tubulaire et est entourée radialement par les parois internes du collecteur 72.

[0105] L'onde en sortie du compresseur 70 alimente une antenne 76 émettant l'onde issue du compresseur 70 vers l'extérieur du générateur 10. L'antenne 76 est à transmission radiale.

[0106] Avec le procédé de génération d'une onde électromagnétique proposé en référence à l'ordinogramme de la figure 5 et appliqué à ce troisième mode de réalisation, quatre fréquences sont présentes dans l'onde générée. Une des quatre fréquences correspond à la fréquence qui serait générée si la cathode 18 était un cylindre de révolution d'axe L ayant pour base un disque de rayon R_1 . Les trois autres fréquences correspondent aux fréquences qui seraient générées si la cathode 18 était un cylindre de révolution d'axe L ayant respectivement pour base un disque de rayon R_2 , R_3 et R_4 .

[0107] Ainsi, dans le cas de la figure 3, autant de fréquences sont présentes dans l'onde générée que de portions de cylindres dans la cathode 18. Pour générer une onde avec cinq fréquences, il suffit que la cathode 18 comprenne cinq portions de cylindres.

[0108] Selon cette configuration, l'extraction de l'onde électromagnétique et de ses quatre fréquences est axiale. Ceci est plus favorable qu'une extraction radiale. En effet, jusqu'à 70% de rendement est obtenu. Le rendement est ici défini comme le rapport entre l'énergie électromagnétique de l'onde générée par le tube 12 et l'énergie électrique fournie pour créer une différence de potentiel entre la cathode 18 et l'anode 26.

[0109] De plus, en extraction axiale, l'onde électromagnétique générée par le générateur 10 est intrinsèquement large bande, ce qui la rend particulièrement bien adaptée pour alimenter une antenne à transmission radiale.

[0110] Dans une variante préférée de l'invention (non représentée), le générateur 10 comprend une pluralité de tubes 12 alimentés par une même source 14. Les ondes électromagnétiques émises par les tubes 12 sont alors cohérentes en phase, et il est par conséquent possible de les sommer pour obtenir en sortie du générateur 10 une onde électromagnétique de puissance plus élevée.

[0111] Dans les différents modes de réalisation, avec le procédé proposé, du fait de la géométrie particulière

de la cathode 18 et/ou de l'anode 26, l'onde électromagnétique générée comporte, dans la même impulsion, plusieurs fréquences.

[0112] Le générateur 10 permet ainsi d'émettre plusieurs fréquences en une seule impulsion électromagnétique. De ce fait, le générateur 10 se couple plus efficacement avec la cible que les générateurs de l'état de la technique.

[0113] En outre, le rendement du générateur 10 est amélioré d'un gain en puissance d'un facteur vingt-cinq environ. Il en résulte que la tension appliquée au tube 12 peut être réduite d'un facteur cinq pour une émission d'onde de même puissance. Cela permet d'obtenir un générateur 10 plus compact et de diminuer l'émission de rayonnement ionisant de ce générateur 10. Par la compression de l'impulsion consistant en l'association de la cathode 18 de géométrie indiquée figure 2 et du collecteur 72 ondulé en sortie axiale, il est possible de comprimer d'impulsion jusqu'à un facteur 25.

[0114] Enfin, ce générateur 10 s'applique à tout type de cathode, et notamment aux cathodes transparentes. Ces cathodes sont notamment définies dans le document US-A-2008/0246385.

Revendications

1. Générateur d'ondes hyperfréquences (10), comprenant un tube (12) de génération d'ondes hyperfréquences s'étendant selon un axe longitudinal (L), comprenant :

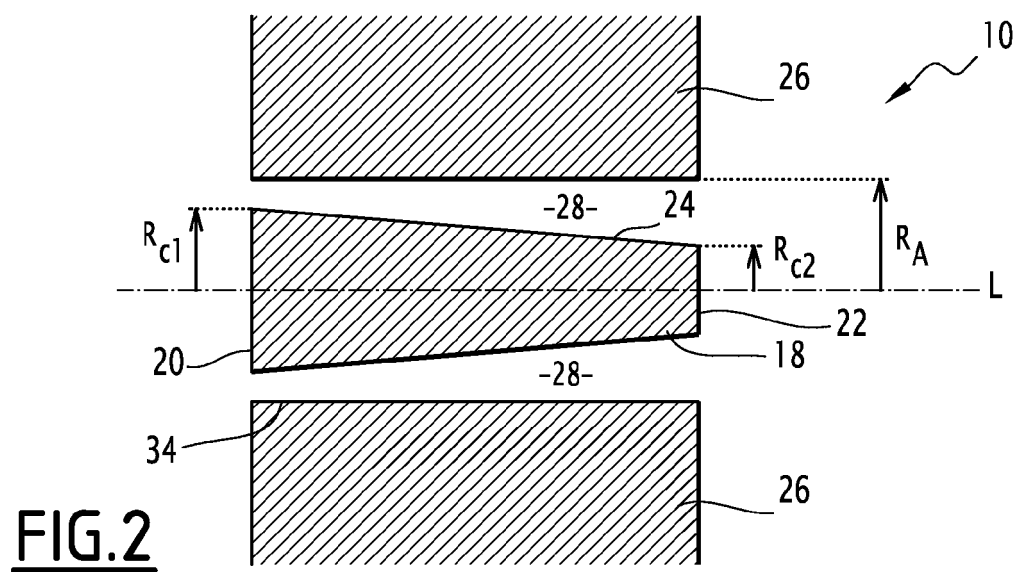
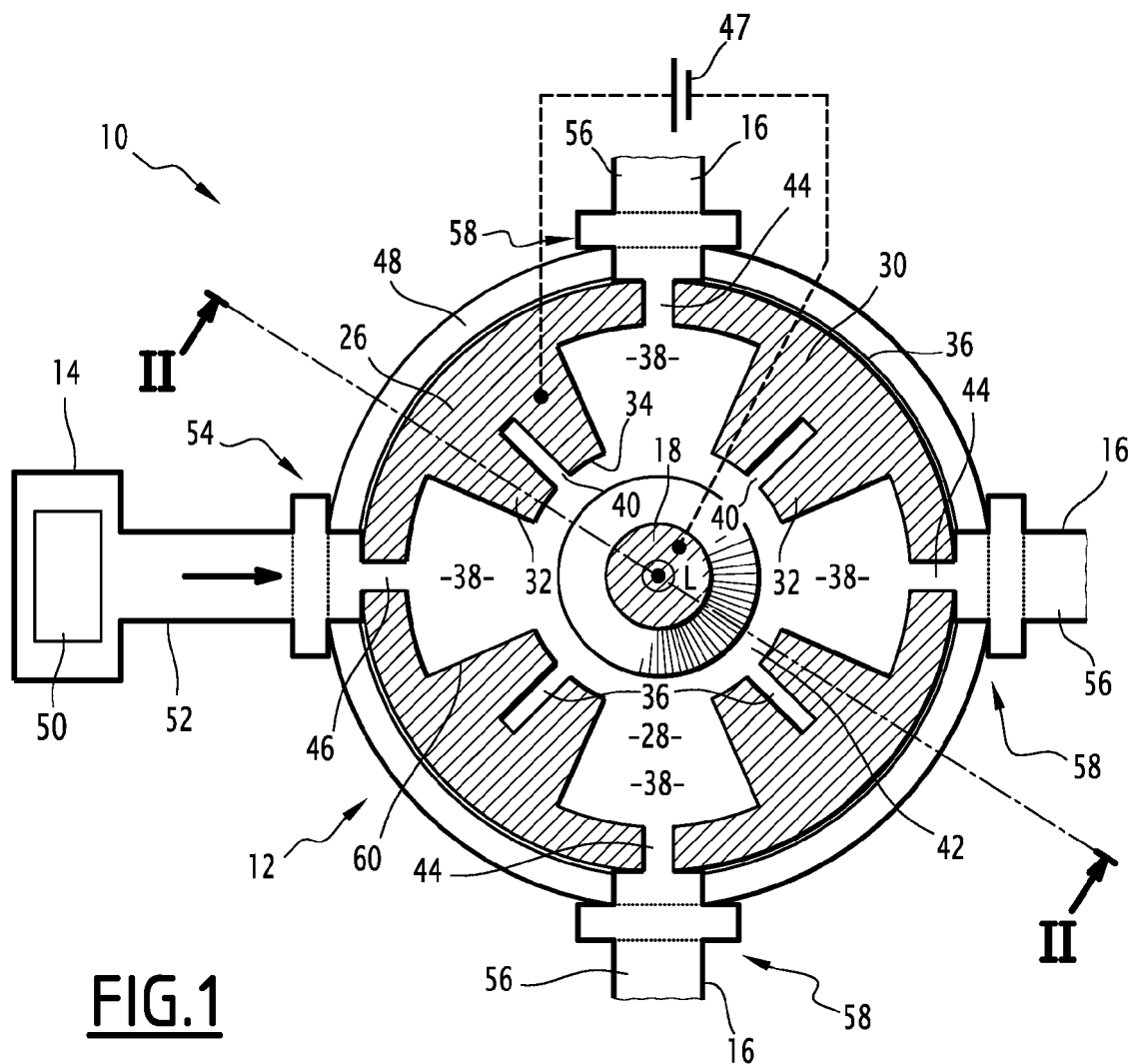
- une cathode (18) s'étendant selon l'axe (L),
- une anode (26) s'étendant selon l'axe (L) et entourant radialement la cathode (18),
- une cavité (28) délimitée par la cathode (18) et l'anode (26), et
- une source de tension (47) pour établir une différence de potentiel entre la cathode (18) et l'anode (26), la cathode (18) étant adaptée pour émettre des électrons à l'intérieur de la cavité (28) lorsque le tube (12) est alimenté en énergie électrique,

le générateur (10) étant **caractérisé en ce que** la section de la cavité (28) transversalement à l'axe (L) varie suivant l'axe (L) et **en ce que** le générateur (10) comporte en outre un compresseur (70) ayant pour axe l'axe longitudinal (L), le compresseur (70) étant adapté pour extraire une onde du tube (12).

2. Générateur selon la revendication 1, dans lequel la variation de la section de la cavité (28) transversalement à l'axe (L) est sensiblement monotone suivant l'axe (L).

3. Générateur selon la revendication 1 ou 2, dans lequel :

- la cathode (18) présente une paroi (24) s'étendant autour de l'axe (L) pour laquelle il peut être défini une première distance transversale moyenne (d_{T1moy}) dans chaque plan transversal perpendiculaire à l'axe (L),
 - l'anode (26) présente une surface intérieure (34) s'étendant autour de l'axe (L) pour laquelle il peut être défini une deuxième distance transversale moyenne (d_{T2moy}) dans chaque plan transversal perpendiculaire à l'axe (L),
 - le rapport entre la première distance transversale moyenne (d_{T1moy}) et la deuxième distance transversale moyenne (d_{T2moy}) évolue de manière sensiblement monotone suivant l'axe (L).
4. Générateur selon la revendication 3, dans lequel l'anode (26) présente une deuxième distance transversale moyenne (d_{T2moy}) sensiblement constante suivant l'axe (L).
5. Générateur selon la revendication 3, dans lequel l'anode (26) présente une deuxième distance transversale moyenne (d_{T2moy}) évoluant de manière strictement monotone suivant l'axe (L).
6. Générateur selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, dans lequel la cathode (18) présente une première distance transversale moyenne (d_{T1moy}) constante suivant l'axe (L).
7. Générateur selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, dans lequel la cathode (18) présente une première distance transversale moyenne évoluant (d_{T1moy}) de manière monotone et continue par morceaux suivant l'axe (L).
8. Générateur selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, dans lequel la cathode (18) présente une première distance transversale (d_{T1moy}) évoluant de manière strictement monotone suivant l'axe (L).
9. Générateur selon les revendications 4 et 8, dans lequel la cathode (18) est un tronc de cône de révolution autour de l'axe (L) s'étendant entre une première base (20) et une deuxième base (22).
10. Générateur selon les revendications 5 et 6, dans lequel la surface intérieure (34) de l'anode (26) est inclinée vers l'axe (L).
11. Générateur selon les revendications 4 et 7, dans lequel l'une de la cathode (18) et l'anode (26) est un cylindre de révolution présentant une section étagée selon l'axe (L).
12. Générateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, comportant en outre un compresseur (70) présentant une ligne dispersive (74).
13. Procédé de génération d'une onde électromagnétique présentant une pluralité de fréquences au moyen d'un générateur (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, le générateur (10) comprenant une source d'ondes électromagnétiques (14) raccordée au tube (12), le procédé étant **caractérisé en ce qu'il** comprend les étapes successives suivantes :
- alimentation du tube (12) en énergie électrique, et
 - émission d'une onde électromagnétique par la source (14), à destination du tube (12).



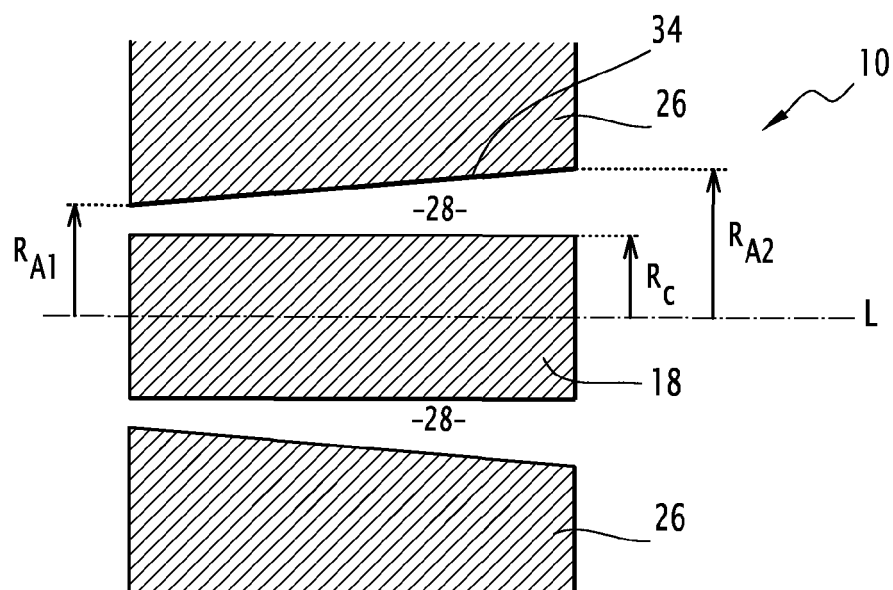


FIG. 3

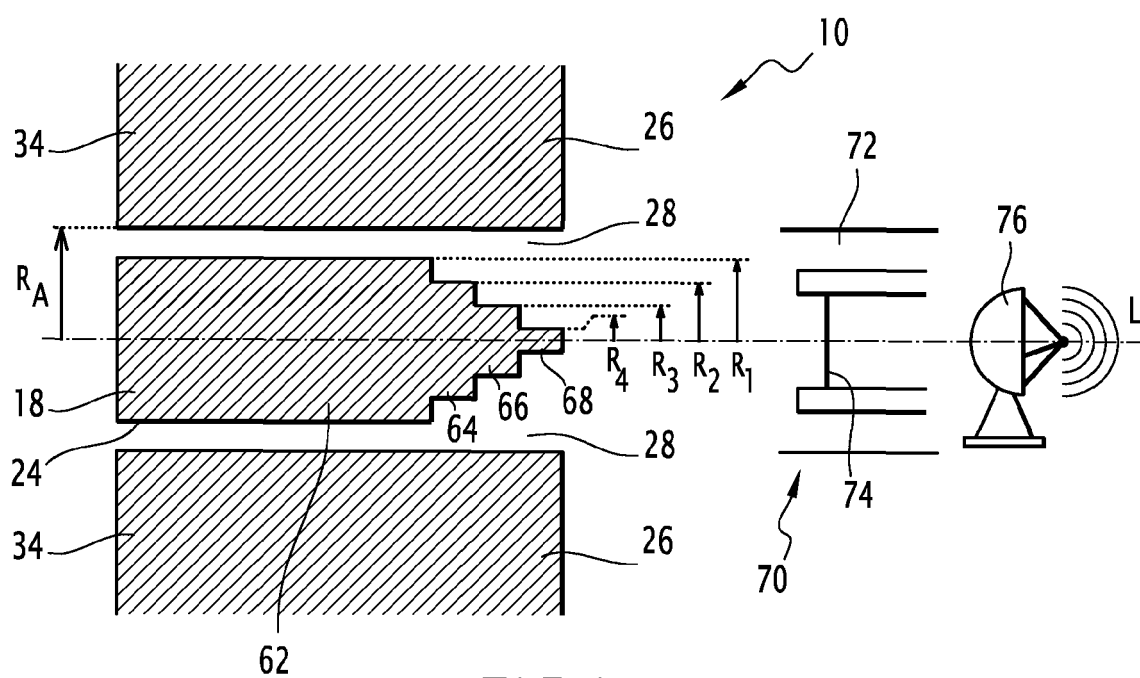


FIG. 4

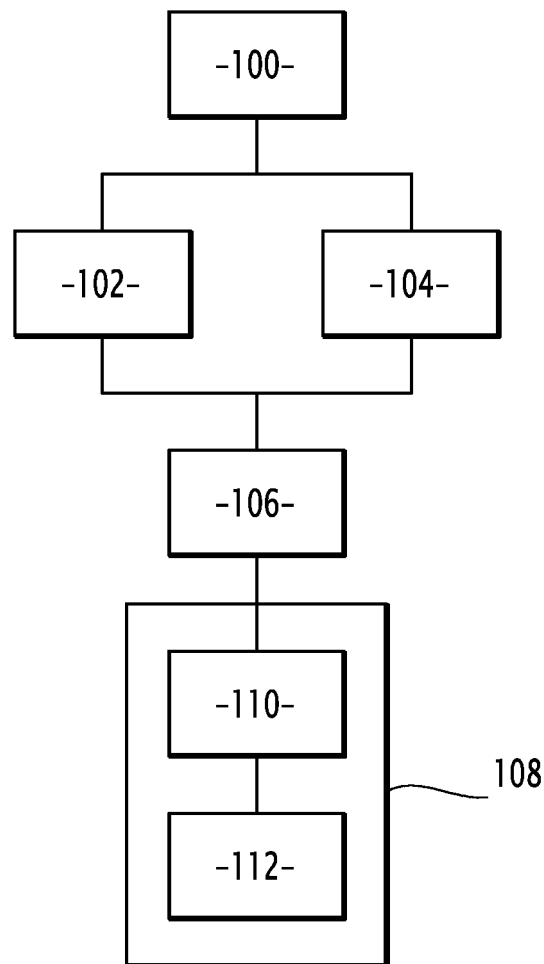


FIG.5

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 20080246385 A [0114]