

(19)



(11)

EP 2 472 554 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:

04.07.2012 Bulletin 2012/27

(51) Int Cl.:

H01J 23/05 ^(2006.01)**H01J 23/213** ^(2006.01)**H01J 23/34** ^(2006.01)**H01J 25/593** ^(2006.01)(21) Numéro de dépôt: **11306792.0**(22) Date de dépôt: **28.12.2011**

(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• **Fasse, Dominique****92704 COLOMBES (FR)**• **Siro, Patrick****92704 COLOMBES (FR)**• **Jousse, Dominique****92704 COLOMBES (FR)**(30) Priorité: **29.12.2010 FR 1005162**(71) Demandeur: **Thales****92200 Neuilly Sur Seine (FR)**(74) Mandataire: **Jacobson, Claude****Cabinet Lavoix****2, Place d'Estienne d'Orves****75441 Paris Cedex 09 (FR)**

(72) Inventeurs:

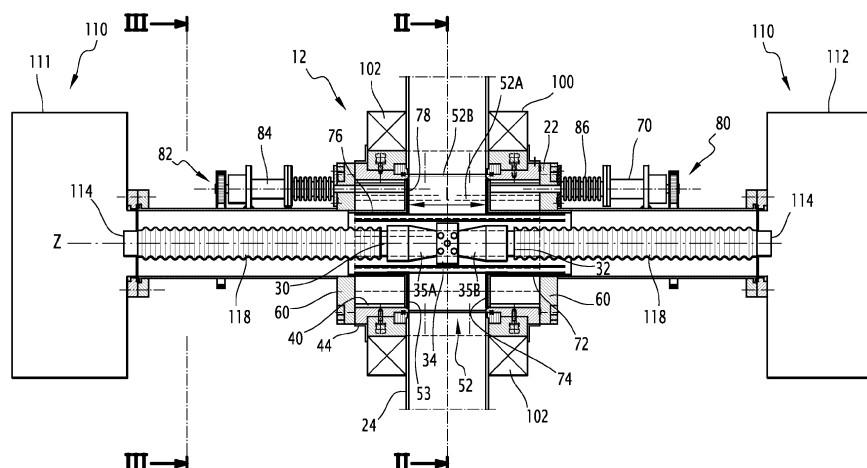
• **Brasile, Jean-Pierre****92704 COLOMBES (FR)**

(54) **Dispositif de génération d'ondes hyperfréquence ayant une cathode dont chaque extrémité est raccordée à une source de tension**

(57) Ce dispositif (10) de génération d'ondes hyperfréquence du type magnétron, comprend :

- une cathode (20), allongée entre une première et une deuxième extrémités longitudinales (30, 32),
- une anode (22), entourant la cathode (20) et comprenant une surface intérieure (40) orientée vers la cathode (20) et délimitant une pluralité de cavités résonnantes (42) réparties suivant sa périphérie, et
- une source de tension (110), pour établir une différence de potentiel entre la cathode (20) et l'anode (22).

La cathode (20) est raccordée électriquement à la source de tension (110) par chacune de ses extrémités longitudinales (30, 32), pour porter ces deux extrémités (30, 32) à des potentiels électriques sensiblement égaux. Le dispositif de génération (10) comprend également un dispositif (70) de réglage de la longueur longitudinale (l) de chaque cavité résonnante (42), le dispositif de réglage (70) comprenant au moins un élément mobile (72, 76) définissant une extrémité longitudinale (74, 78) d'au moins une cavité résonnante (42).

**FIG.1****EP 2 472 554 A1**

Description

[0001] La présente invention concerne un dispositif de génération d'ondes hyperfréquence, du type magnétron, comprenant :

- une cathode, allongée suivant une direction longitudinale, entre une première et une deuxième extrémités longitudinales,
- une anode, entourant la cathode et comprenant une surface intérieure orientée vers la cathode et délimitant une pluralité de cavités résonnantes réparties suivant sa périphérie, l'anode comprenant en outre une surface extérieure, opposée à la surface intérieure, et
- une source de tension, pour établir une différence de potentiel entre la cathode et l'anode.

[0002] De tels dispositifs de génération d'ondes hyperfréquence sont connus et sont notamment utilisés dans des systèmes de radar. Le magnétron est un tel dispositif pour lequel la cathode est à un potentiel inférieur à celui de l'anode. La cathode se comporte comme une source d'électrons émettant radialement des électrons en direction de l'anode, dans l'espace central d'interaction situé entre la cathode et l'anode. Sous l'effet d'un champ magnétique longitudinal et de l'interaction avec les cavités du magnétron, les électrons émis se mettent à tourner transversalement entre la cathode et l'anode et à se grouper, ce qui permet de générer l'onde hyperfréquence grâce à l'interaction des électrons avec les cavités du magnétron.

[0003] Cependant, les dispositifs connus n'offrent pas entière satisfaction. En effet, à fort courant, les électrons sont soufflés hors de l'espace d'interaction suivant une hélice avant même d'avoir pu céder leur énergie à l'onde hyperfréquence. Il en résulte une perte significative de rendement du magnétron.

[0004] Une solution envisagée est d'augmenter l'intensité d'un champ magnétique longitudinal. Cela nécessite toutefois d'augmenter le poids et l'encombrement d'un focalisateur générant ce champ magnétique longitudinal, ce qui n'est pas souhaitable. Une autre solution est d'augmenter la longueur longitudinale de l'anode. Cependant, cela a pour conséquence d'augmenter l'encombrement du magnétron, ce qui n'est, à nouveau, pas souhaitable.

[0005] Il est connu du document « Double-Sided Relativistic Magnetron » (Agafonov et al. in « Pulsed Power Conference, 1997. Digest of Technical Papers. 1997 11th IEEE International », pp 774-779) d'alimenter la cathode d'un magnétron en puissance par ses deux extrémités longitudinales, de façon à limiter la dérive longitudinale des électrons dans l'espace d'interaction. Cependant, le dispositif décrit dans ce document ne permet pas de faire varier la fréquence des ondes générées par le magnétron.

[0006] Un objectif de l'invention est de proposer un dispositif de génération d'ondes hyperfréquence à en-

combrement réduit et permettant de faire varier la longueur d'onde des ondes générées sur un large spectre de longueurs d'onde. Un autre objectif est d'optimiser le rendement du dispositif de génération.

[0007] A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif de génération d'ondes hyperfréquence du type précité, dans lequel la cathode est raccordée électriquement à la source de tension par chacune de ses extrémités longitudinales, pour porter ces deux extrémités à des potentiels électriques sensiblement égaux, et le dispositif de génération comprend un dispositif de réglage de la longueur longitudinale de chaque cavité résonnante, la longueur longitudinale étant définie entre des extrémités longitudinales de la cavité résonnante, le dispositif de réglage comprenant au moins un élément mobile définissant une extrémité longitudinale d'au moins une cavité résonnante.

[0008] Suivant des modes particuliers de réalisation, le dispositif de génération selon l'invention comprend également l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou suivant toute(s) combinaison(s) techniquement possible(s) :

- le dispositif de réglage comprend au moins un premier élément mobile délimitant une première extrémité longitudinale d'au moins une cavité résonnante, au moins un deuxième élément mobile délimitant une deuxième extrémité longitudinale de la ou chaque cavité résonnante, et des moyens de déplacement longitudinal de chaque élément mobile,
- la pluralité de cavités résonnantes comprend au moins une cavité résonnante de sortie comprenant une portion de sortie débouchant dans la surface extérieure de l'anode, la portion de sortie étant symétrique par rapport à un plan radial médian perpendiculaire à la direction longitudinale, et les moyens de déplacement sont adaptés pour déplacer chaque élément mobile de sorte que la ou chaque cavité résonnante de sortie reste symétrique par rapport au plan radial médian de la portion de sortie,
- le dispositif de réglage comprend un unique premier élément mobile et un unique deuxième élément mobile, chaque élément mobile étant commun à toutes les cavités résonnantes, et les moyens de déplacement de chaque élément mobile comprennent une pluralité de systèmes vis-écrou, pour transformer un mouvement de rotation de la vis en mouvement de translation de la vis, et un système d'entraînement en rotation de chaque vis par une courroie,
- l'anode est symétrique par rapport à un plan radial médian, perpendiculaire à la direction longitudinale, et la cathode comprend une source d'électrons, adaptée pour

[0009] libérer des électrons de la cathode vers l'anode, la source d'électrons étant située sensiblement dans le plan radial médian de l'anode,

- la source de tension comprend deux générateurs de tension, chaque générateur de tension étant raccordé électriquement à une seule extrémité longitudinale de la cathode, et le dispositif de génération comprend un module de commande, adapté pour piloter un démarrage simultané des deux générateurs de tension,
- la pluralité de cavités résonnantes comprend une pluralité de cavités résonnantes de sortie comprenant chacune une portion de sortie débouchant dans la surface extérieure de l'anode, et une pluralité de cavités intermédiaires interposées entre les cavités de sortie, le nombre de cavités intermédiaires interposées entre deux cavités de sortie consécutives étant égal pour chaque paire de cavités de sortie consécutives,
- la source de tension comprend deux générateurs de tension, chaque générateur de tension étant raccordé électriquement à une seule extrémité longitudinale de la cathode, chaque générateur de tension comprenant au moins un condensateur pour alimenter la cathode en énergie,
- la source de tension comprend deux branches d'alimentation d'une extrémité de la cathode, chaque branche s'étendant de l'anode jusqu'à une extrémité de la cathode, chaque branche étant électriquement identique à l'autre branche,
- les extrémités longitudinales de la cathode sont isolées électriquement l'une de l'autre.

[0010] D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

- la Figure 1 est une vue en coupe partielle selon un plan longitudinal du dispositif de génération selon l'invention,
- la Figure 2 est une vue en coupe du dispositif, selon un plan radial marqué II-II sur la Figure 1,
- la Figure 3 est une vue en coupe du dispositif, selon un plan radial marqué III-III sur la Figure 1
- la Figure 4 est une vue en perspective d'un élément d'un dispositif de réglage de la longueur des cavités résonnantes du dispositif de la Figure 1,
- la Figure 5 est un schéma électrique du dispositif de génération de la Figure 1,
- la Figure 6 est une vue schématique en élévation d'une cathode d'un dispositif de génération, selon une variante de l'invention, et
- la Figure 7 est une vue en perspective d'une portion de la cathode de la Figure 6.

[0011] Comme visible sur les Figures 1 et 2, le dispositif 10 selon l'invention comprend un magnétron 12 et une pluralité de guides d'onde 24. Le magnétron 12 comprend une cathode 20 et une anode 22 entourant la cathode 20.

[0012] Dans la suite, on utilisera les termes d'orientation « longitudinal », « radial » et « transversal », qui s'entendent de la façon suivante :

- 5 - la cathode 20 est allongée suivant la direction longitudinale,
- la direction radiale est orientée de la cathode 20 vers l'anode 22, perpendiculairement à la direction longitudinale, et
- 10 - la direction transversale est orthogonale aux directions longitudinale et radiale et définit avec la direction radiale un plan radial perpendiculaire à la direction longitudinale.

15 **[0013]** La cathode 20 s'étend selon un axe longitudinal Z, d'une première extrémité longitudinale 30 jusqu'à une deuxième extrémité longitudinale 32. Elle est de préférence de révolution autour de l'axe longitudinal Z.

20 **[0014]** La cathode 20 comprend une source d'électrons 34 enserrée entre deux doigts tronconiques 35A, 35B. La source d'électrons 34 est typiquement à équidistance des extrémités longitudinales 30, 32 de la cathode 20, formées aux extrémités opposées des doigts 35A, 35B.

25 **[0015]** La source d'électrons 34 est adaptée pour émettre des électrons. Typiquement, la source d'électrons 34 est adaptée pour émettre des électrons sous l'effet d'un fort champ électrique. La source d'électrons 34 est par exemple un cylindre en tungstène ou, comme représenté en carbone pyrolytique.

30 **[0016]** La cathode 20 est à un potentiel électrique inférieur au potentiel électrique de l'anode 22, de sorte qu'il existe un champ électrique entre la cathode 20 et l'anode 22, orienté de la cathode 20 vers l'anode 22.

35 **[0017]** L'anode 22 entoure la cathode 20. L'anode 22 s'étend sensiblement longitudinalement, co-axialement avec la cathode 20. Elle présente une surface intérieure 40, orientée vers la cathode 20, délimitant une pluralité de cavités résonnantes 42 réparties sur la périphérie de l'anode 22, et une surface extérieure 44, opposée à la surface intérieure 40. L'anode 22 est formée dans un matériau conducteur, typiquement en acier, en graphite ou en cuivre.

40 **[0018]** Dans l'exemple représenté, l'anode 22 est symétrique par rapport à un plan radial médian, perpendiculaire à l'axe longitudinal Z. Dans une variante préférée de l'invention, la source d'électrons 34 est, comme représenté, située dans le plan radial médian de l'anode 22.

45 **[0019]** Comme visible sur la Figure 2, l'anode 22 comprend un corps cylindrique 46 et une pluralité d'aillettes 48 s'étendant radialement vers la cathode 20. Le corps cylindrique 46 délimite la surface extérieure 44 et une partie de la surface intérieure 40. Les ailettes 48 font saillie depuis le corps cylindrique 46 vers l'intérieur de l'anode 22 et délimitent une partie de la surface intérieure 40.

50 **[0020]** On notera que le terme « cylindrique » est ici à entendre au sens large et couvre aussi bien des cylindres

de révolution que des cylindres à section carrée, hexagonale, ou autre.

[0021] Chaque cavité 42 débouche dans un espace central 49 sensiblement cylindrique s'étendant au centre de l'anode 22. L'espace central 49 s'étend sensiblement longitudinalement. La cathode 20 est disposée sensiblement au centre de l'espace central 49.

[0022] Dans l'exemple représenté, la pluralité de cavités résonnantes 42 comprend une pluralité de grandes cavités résonnantes 52 et de petites cavités résonnantes 54, disposées en alternance les unes des autres autour de la cathode 20. La section radiale de chaque petite cavité résonnante 54 est inférieure à la section radiale de chaque grande cavité résonnante 52. De préférence, les petites 54 et les grandes 52 cavités résonnantes ont toutes la même longueur longitudinale l.

[0023] Chaque grande cavité 52 est délimitée par deux ailettes 48 et par le corps cylindrique 46. Chaque petite cavité 54 est délimitée à l'intérieur d'une ailette 48 par un orifice radial s'ouvrant en regard de la cathode 20. L'anode 22 présente ainsi une configuration du type « soleil levant » (en anglais « rising sun »). Cette configuration permet de limiter le risque d'oscillations sur des fréquences parasites, et ainsi d'augmenter le rendement du dispositif 10.

[0024] Selon une variante préférée de l'invention, chaque grande cavité 52 constitue une cavité résonnante de sortie, et chaque petite cavité résonnante 54 constitue une cavité résonnante intermédiaire. Les cavités 42 sont disposées de sorte que le nombre de cavités intermédiaires 54 disposées entre deux cavités de sortie 52 consécutives soit égal pour chaque paire de cavités de sortie 52.

[0025] Chaque cavité de sortie 52 comprend une portion principale 52A, délimitée par le corps cylindrique 46 et par deux ailettes 48, et une portion 52B de sortie. La portion de sortie 52B s'étend depuis la portion principale 52A vers l'extérieur de l'anode 22, à travers le corps cylindrique 46, et débouche dans la surface extérieure 44, en regard d'un guide d'onde 24. La portion de sortie 52B est constituée d'un orifice radial ménagé dans le corps cylindrique 46 suivant un axe de symétrie radial de la cavité 52.

[0026] La surface intérieure 40 de l'anode 22 définit une surface annulaire 53 de liaison entre la portion principale 52A et la portion de sortie 52B. De préférence, cette surface annulaire 53 est courbe en tout point, c'est-à-dire qu'elle ne présente pas d'arête ou de point saillant, de façon à limiter les risques de claquage.

[0027] Dans l'exemple représenté sur les Figures 1 et 2, la portion de sortie 52B a une section transversale constante. En variante, la portion de sortie 52B présente une section transversale croissante depuis la face intérieure 40 vers la face extérieure 44.

[0028] La portion de sortie 52B est symétrique par rapport à un plan radial médian de la portion. De préférence, le plan radial médian de la portion de sortie 52B de chaque cavité de sortie 52 est confondu avec le plan radial

médian de la portion de sortie 52B de chaque autre cavité résonnante de sortie 52. Dans une variante préférée de l'invention, le plan radial médian des portions de sortie 52B est confondu avec le plan radial médian de l'anode 22.

[0029] Aucune cavité intermédiaire 54 ne débouche dans la face extérieure 44.

[0030] De préférence, les cavités de sortie 52 sont identiques les unes aux autres et les cavités intermédiaires 54 sont identiques les unes aux autres.

[0031] En variante, le dispositif de génération 10 ne comprend aucune cavité intermédiaire 54, toutes les cavités 42 du dispositif 10 étant des cavités de sortie 52.

[0032] De retour à la Figure 1, l'anode 22 comprend également deux anneaux 60 de fermeture longitudinale des cavités 42. Chaque anneau 60 délimite ainsi une extrémité longitudinale de l'anode 22.

[0033] Chaque guide d'onde 24 s'étend depuis la surface extérieure 44 de l'anode 22 vers l'extérieur du dispositif de génération 10.

[0034] Comme visible sur la Figure 1, le dispositif de génération 10 comprend également un dispositif 70 de réglage de la longueur longitudinale l de chaque cavité résonnante 42. La longueur longitudinale l de chaque cavité résonnante 42 est définie entre deux extrémités longitudinales 74, 78 de la cavité 42.

[0035] Le dispositif de réglage 70 comprend un premier élément mobile 72 délimitant une première extrémité longitudinale 74 de chaque cavité résonnante 42, un deuxième élément mobile 76 délimitant une deuxième extrémité longitudinale 78 de chaque cavité 42, et des moyens 80, 82 de déplacement longitudinal de chaque élément mobile 72, 76.

[0036] En variante, le dispositif de réglage 70 comprend un unique élément mobile 72, 76, une extrémité longitudinale 74, 78 de chaque cavité 42 étant alors définie par un anneau 60.

[0037] Les moyens de déplacement 80, 82 sont adaptés pour déplacer chaque élément mobile 72, 76 de sorte que chaque cavité résonnante de sortie 52 reste symétrique par rapport au plan radial médian de sa portion de sortie 52B. De préférence, les moyens de déplacement 80, 82 sont adaptés pour déplacer chaque élément mobile 72, 76 de sorte que chaque cavité résonnante 42 reste symétrique par rapport au plan radial médian des portions de sortie 52B.

[0038] En variante, les moyens de déplacement 80, 82 sont manoeuvrables indépendamment l'un de l'autre, pour un déplacement indépendant des éléments mobiles 72, 76.

[0039] Les moyens de déplacement longitudinal 80, 82 de chaque élément mobile 72, 76 sont typiquement formés par une pluralité de systèmes vis-écrou 84, chaque système vis-écrou 84 comprenant une vis 86 entraînée en rotation et collaborant avec un taraudage de l'un des anneaux 60 pour transformer le mouvement de rotation de la vis 86 en un mouvement de translation de celle-ci le long de l'axe Z. A une extrémité, la vis 86 est

solidaire en translation de l'élément mobile 72, 76, de sorte que la translation longitudinale de la vis 86 entraîne la translation de l'élément mobile 72, 76.

[0040] Comme visible sur la Figure 3, les moyens de déplacement longitudinal 80, 82 comprennent, de préférence, trois systèmes vis-écrou 84 répartis sur la périphérie de l'anode 22, autour de l'axe longitudinal Z, de façon à ce que l'effort soit réparti de façon homogène sur l'élément mobile 72, 76.

[0041] Dans l'exemple représenté, les moyens de déplacement longitudinal 80, 82 comprennent également un système 88 d'entraînement conjoint des trois vis 86 en rotation, par une courroie 89. Ainsi, les systèmes vis-écrou 84 sont tous entraînés simultanément, ce qui permet de faire varier simultanément la longueur longitudinale de chaque cavité 42.

[0042] La Figure 4 présente l'élément mobile 72. On notera que l'élément mobile 76 est identique à l'élément mobile 72 et que la description donnée ci-dessous est également valable pour l'élément mobile 76.

[0043] L'élément mobile 72 comprend une base cylindrique 90, s'étendant longitudinalement, et un collet d'extrémité 92, s'étendant radialement vers l'extérieur depuis la base 90. La base 90 et le collet 92 sont solidaires l'un de l'autre et sont de préférence venus de matière.

[0044] La base 90 comprend une pluralité de bras longitudinaux 94 séparés par des fentes longitudinales 96. Les bras 94 sont adaptés pour s'engager dans les cavités 42. Les fentes 96 sont adaptées pour accueillir les ailettes 48.

[0045] Le collet 92 est constitué d'une pluralité de panneaux 98. Chaque panneau 98 est lié à un bras 94. Chaque panneau 98 a une forme complémentaire de la section radiale d'une cavité 42. Pour chaque cavité de sortie 52, le panneau 98 associé a une forme complémentaire de la seule partie principale 52A, de la cavité 52.

[0046] Comme visible sur les Figures 1 à 3, le dispositif de génération 10 comprend également un focalisateur 100 s'étendant autour de l'anode 22.

[0047] Le focalisateur 100 est adapté pour générer un champ magnétique longitudinal dans l'espace central 49 et dans les cavités 42, pour provoquer la rotation des électrons émis par la source d'électrons 34. De manière connue, le focalisateur 100 comprend, comme représenté, deux bobines de Helmholtz 102 disposées parallèlement l'une à l'autre, chaque bobine 102 s'étendant dans un plan radial et ayant pour axe l'axe longitudinal Z.

[0048] Comme visible sur la Figure 5, le dispositif de génération 10 comprend en outre une source 110 de tension entre la cathode 20 et l'anode 22. La source de tension 110 est adaptée pour établir une différence de potentiel négative entre la cathode 20 et l'anode 22.

[0049] De façon spécifique, la cathode 20 est raccordée électriquement à la source de tension 110 par chacune de ses extrémités longitudinales 30, 32 de sorte que le potentiel électrique de chaque extrémité 30, 32 est sensiblement égal au potentiel électrique de l'autre extrémité 30, 32. La source de tension 110 est ainsi adap-

tée pour alimenter la cathode 20 en courant par chacune de ces extrémités longitudinales 30, 32. Ainsi, lors du fonctionnement du dispositif de génération 10, le courant circulant entre la première extrémité 30 et la source d'électrons 34 génère un premier champ magnétique transversal dans l'espace central 39, entre la première extrémité 30 et la source d'électrons 34, alors que le courant circulant entre la deuxième extrémité 32 et la source d'électrons 34 génère dans l'espace central 39, entre la deuxième extrémité 32 et la source d'électrons 34, un deuxième champ magnétique transversal, de sens opposé au premier champ magnétique transversal.

[0050] La source de tension 110 est de préférence une source de tension continue, de sorte que, en fonctionnement, le potentiel électrique de chaque extrémité 30, 32 de la cathode 20 reste sensiblement constant. La source de tension 110 est adaptée pour établir une différence de potentiel V entre la cathode 20 et l'anode 22 telle que :

$$V = \sqrt{\frac{P \times R}{\eta}}$$

où P est la puissance de l'onde hyperfréquence générée par le dispositif 10, R est l'impédance électrique du magnétron 12, et η est le rendement du magnétron 12. Typiquement, l'impédance électrique du magnétron est comprise entre 45 et 55 ohms, et le rendement est compris entre 35% et 45%.

[0051] La source de tension comprend deux branches, respectivement 110a, 110b, d'alimentation d'une extrémité, respectivement 30, 32, de la cathode 20. Chaque branche 110a, 110b s'étend de l'anode 22 jusqu'à une extrémité 30, 32 de la cathode 20. De préférence, chaque branche 110a, 110b est électriquement identique à l'autre branche 110a, 110b, c'est-à-dire que les caractéristiques électriques (impédance, inductance) de chaque branche 110a, 110b sont similaires aux caractéristiques électriques de l'autre branche 110a, 110b. Ainsi, en fonctionnement, le courant circulant dans chaque branche 110a, 110b est sensiblement égal au courant circulant dans l'autre branche 110a, 110b, ce qui permet que les champs magnétiques transversaux aient des valeurs sensiblement égales l'une à l'autre.

[0052] Dans l'exemple représenté sur les Figures 1 et 5, la source de tension 110 comprend deux générateurs de tension 111, 112, chaque générateur de tension 111, 112 comprenant une borne 114 de branchement électrique d'une extrémité longitudinale 30, 32 de la cathode 20. Chaque générateur de tension 111, 112 est adapté pour que sa borne 114 soit au même potentiel électrique que la borne 114 de l'autre générateur de tension 111, 112.

[0053] Chaque extrémité longitudinale 30, 32 de la cathode 20 est raccordée électriquement à la borne 114 d'un générateur de tension 111, 112 via une broche de

conduction allongée (non représentée) sensiblement longitudinalement, co-axialement avec la cathode 20. Chaque broche de conduction est isolée de l'anode 22 par une couche isolante 118. Chaque couche isolante 118 est typiquement formée par du polyéthylène haute densité, ou par une céramique.

[0054] Chaque générateur de tension 111, 112 est adapté pour établir une différence de potentiel négative entre le potentiel de l'anode 22 et le potentiel de la borne 114.

[0055] De préférence, chaque générateur de tension 111, 112 comprend au moins un condensateur dont la décharge alimente la cathode 20. Ce mode de réalisation permet de garantir l'égalité du potentiel de la borne 114 d'un générateur de tension 111 avec le potentiel de la borne 114 de l'autre générateur de tension 112. Chaque générateur de tension 111, 112 est typiquement un générateur de Marx.

[0056] Dans une variante préférée de l'invention, le dispositif de génération 10 comprend un module de commande (non représenté), adapté pour piloter un démarrage simultané des générateurs de tension 111, 112. Ainsi, il ne se crée pas de différence de potentiel au démarrage entre les deux extrémités 30, 32 de la cathode 20.

[0057] En variante, la source de tension 110 comprend un unique générateur de tension établissant un différentiel de tension entre deux bornes, les deux extrémités longitudinales 30, 32 de la cathode 20 étant raccordées électriquement à une même première borne desdites deux bornes, l'anode 22 étant raccordée à l'autre borne desdites deux bornes.

[0058] Un exemple de fonctionnement du dispositif 10 va maintenant être décrit, en regard des Figures 1 et 2.

[0059] La source de tension 110 établit une différence de potentiel négative entre l'anode 22 et la cathode 20. Cette différence de potentiel génère un champ électrique radial orienté de la cathode 20 vers l'anode 22 et sous l'effet duquel la source d'électrons 34 émet des électrons.

[0060] Ces électrons, libérés dans l'espace central 49, sont alors soumis au champ électrique radial et au champ magnétique longitudinal. Sous l'effet de la combinaison de ces deux champs, les électrons tournent sur eux-mêmes et se déplacent transversalement dans l'espace central 49, entre la cathode 20 et l'anode 22. Ce déplacement des électrons génère une onde électromagnétique radiofréquence dans l'espace central 49 et dans les cavités 42. Cette onde est amplifiée grâce aux cavités résonnantes 42 et est captée pour être utilisée, par exemple pour alimenter une antenne radar, grâce aux guides d'onde 24.

[0061] La source d'électrons 34 de la cathode 20 étant alimentée en courant par chacune des deux extrémités 30, 32 de la cathode 20, le courant qui circule entre la première extrémité 30 et la source d'électrons 34 génère un premier champ magnétique transversal, alors que le courant qui circule entre la deuxième extrémité 32 et la source d'électrons 34 génère un deuxième champ magnétique transversal, de sens opposé au premier champ

magnétique transversal.

[0062] En conséquence, les électrons circulant dans l'espace 39 sont repoussés dans une première direction par le premier champ magnétique transversal, et dans une deuxième direction, opposée à la première direction, par le deuxième champ magnétique transversal. Les électrons restent ainsi confinés à proximité du plan radial médian de l'anode 22.

[0063] Grâce à l'invention, il est donc possible de réduire la longueur longitudinale de l'anode 22 et de réduire l'intensité du champ magnétique longitudinal. Cela a pour conséquence de réduire le poids et l'encombrement du dispositif de génération 10.

[0064] De plus, le dispositif de réglage 70 permet de faire varier la longueur d'onde de l'onde radiofréquence générée par le dispositif de génération 10.

[0065] Comme le dispositif de réglage 70 comprend un unique premier élément 72 pour déplacer simultanément la première extrémité longitudinale 74 de chaque cavité résonnante 42, et un unique deuxième élément 76 pour déplacer simultanément la deuxième extrémité longitudinale 78 de chaque cavité 42, chaque cavité 42 présente toujours la même longueur longitudinale que chaque autre cavité 42, ce qui évite l'amplification de longueurs d'onde parasites qui réduiraient le rendement du dispositif de génération 10.

[0066] En outre, les moyens de déplacement 80, 82 étant adaptés pour que chaque cavité résonnante de sortie 52 reste symétrique par rapport au plan radial médian de sa portion de sortie 52B, le rendement du dispositif 10 est amélioré.

[0067] Enfin, grâce à la combinaison de l'alimentation électrique symétrique de la cathode 20 avec le dispositif de réglage 70, il est possible de faire varier la longueur d'onde de l'onde générée d'une grande valeur avec de relativement petits déplacements des éléments mobiles 72, 76, et donc de faire varier la longueur d'onde de l'onde générée sur une grande plage de longueur d'onde, en conservant un dispositif 10 à l'encombrement réduit.

[0068] De préférence, le dispositif de génération 10 est adapté pour amplifier un mode π de l'onde radiofréquence, c'est-à-dire un mode de l'onde tel que deux cavités résonnantes 42 consécutives oscillent en opposition de phase. Du fait de la configuration « rising sun » du dispositif 10, les grandes cavités 52 oscillent ainsi toutes en phase les unes avec les autres et les petites cavités 54 oscillent également toutes en phase les unes avec les autres, chaque grande cavité 52 oscillant en opposition de phase avec chaque petite cavité 54.

[0069] Les grandes cavités 52 constituant les cavités de sortie, la portion de l'onde radiofréquence captée au niveau de chaque guide d'onde 24 est ainsi en phase avec la portion de l'onde captée au niveau de chaque autre guide d'onde 24. Il est ainsi particulièrement aisé de sommer lesdites portions d'onde de façon à reconstituer l'onde radiofréquence sans interférence entre les différentes portions d'onde et donc sans perte de signal.

[0070] Cela permet d'augmenter le rendement du dis-

positif de génération 10.

[0071] Dans la variante représentée sur les Figures 6 et 7, la cathode 20 comprend deux portions 120, 121 indépendantes et isolées électriquement l'une de l'autre. Une première portion 120 définit la première extrémité 30 de la cathode 20, et une deuxième portion 121 définit la deuxième extrémité 32 de la cathode 20.

[0072] Chaque portion 120, 121, comprend un tronçon d'extrémité cylindrique 122 plein, et un tronçon ajouré 124. Les portions 120, 121 sont disposées tête-bêche, et les tronçons ajourés 124 sont engagés l'un dans l'autre, de sorte qu'ils forment ensemble un tronçon central ajouré 125 de la cathode 20, et que chaque tronçon d'extrémité 122 définit une extrémité longitudinale 30, 32, de la cathode 20.

[0073] Le tronçon ajouré 124 de chaque portion 120, 121 comprend une pluralité de barreaux 126 s'étendant longitudinalement depuis une extrémité longitudinale du tronçon d'extrémité 122 vers le tronçon d'extrémité 122 de l'autre portion 120, 121. Chaque barreau 126 est lié par une première extrémité 126a avec le tronçon d'extrémité 122 de la portion 120, 121, la deuxième extrémité 126b de chaque barreau 126 étant libre. Un espace 127 vide est ménagé entre l'extrémité libre 126b de chaque barreau 126 et le tronçon d'extrémité 122 de l'autre portion 120, 121 de la cathode 20.

[0074] Chaque barreau 126 s'étend le long de la périphérie de l'anode 20, de sorte que les barreaux 126 définissent ensemble et avec les tronçons d'extrémité 122 une chambre intérieure 128 vide. Chaque barreau 126 définit une portion de la surface extérieure 130 de la cathode 20.

[0075] Une fenêtre 132 s'étend entre chaque paire de barreaux 126 consécutifs. Chaque fenêtre 132 débouche dans la surface extérieure 130 et dans la chambre intérieure 128.

[0076] Les portions 120, 121 sont disposées de sorte que leurs tronçons ajourés 124 sont entrelacés, c'est-à-dire que chaque barreau 126 de chaque paire de barreaux consécutifs fait partie d'une portion 120, 121 différente de la portion 120, 121 dont fait partie l'autre barreau 126 de ladite paire de barreaux consécutifs.

[0077] Comme visible sur la Figure 7, chaque barreau 126 a une section radiale sensiblement trapézoïdale, le petit côté 134 du trapèze étant orienté vers la chambre 128 et le grand côté 136 étant orienté vers l'extérieur.

[0078] Ainsi, les deux extrémités 30, 32 de la cathode 20 sont isolées électriquement l'une de l'autre, ce qui permet d'éviter la circulation d'un courant électrique d'une extrémité 30, 32 à l'autre.

[0079] En outre, la disposition entrelacée des barreaux 126 de chaque portion 120, 121 permet, à intensité de champ magnétique longitudinal constante, d'augmenter la différence de potentiel entre la cathode 20 et l'anode 22, ce qui permet d'augmenter la puissance de l'onde générée par le dispositif 10 en conservant un dispositif de génération 10 à poids et encombrement réduits.

[0080] Enfin, les deux portions 120, 121 constituent

ensemble une cathode dite transparente (en anglais « transparent cathode ») qui permet d'accélérer le démarrage du dispositif de génération 10, en accédant notamment plus rapidement à un régime stable de génération d'onde radiofréquence que les cathodes classiques.

Revendications

1. Dispositif (10) de génération d'ondes hyperfréquence du type magnétron, comprenant :

- une cathode (20), allongée suivant une direction longitudinale (Z), entre une première et une deuxième extrémités longitudinales (30, 32),
- une anode (22), entourant la cathode (20) et comprenant une surface intérieure (40) orientée vers la cathode (20) et délimitant une pluralité de cavités résonnantes (42) réparties suivant sa périphérie, l'anode (22) comprenant en outre une surface extérieure (44), opposée à la surface intérieure (42), et
- une source de tension (110), pour établir une différence de potentiel entre la cathode (20) et l'anode (22),

caractérisé en ce que la cathode (20) est raccordée électriquement à la source de tension (110) par chacune de ses extrémités longitudinales (30, 32), pour porter ces deux extrémités (30, 32) à des potentiels électriques sensiblement égaux, et **en ce que** le dispositif de génération (10) comprend un dispositif (70) de réglage de la longueur longitudinale (l) de chaque cavité résonnante (42), la longueur longitudinale (l) étant définie entre des extrémités longitudinales (74, 78) de la cavité résonnante (42), le dispositif de réglage (70) comprenant au moins un élément mobile (72, 76) définissant une extrémité longitudinale (74, 78) d'au moins une cavité résonnante (42).

2. Dispositif (10) de génération d'ondes hyperfréquence selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le dispositif de réglage (70) comprend au moins un premier élément mobile (72) délimitant une première extrémité longitudinale (74) d'au moins une cavité résonnante (42), au moins un deuxième élément mobile (76) délimitant une deuxième extrémité longitudinale (78) de la ou chaque cavité résonnante (42), et des moyens (80, 82) de déplacement longitudinal de chaque élément mobile (72, 74).

3. Dispositif (10) de génération d'ondes hyperfréquence selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la pluralité de cavités résonnantes (42) comprend au moins une cavité résonnante de sortie (52) comprenant une portion de sortie (52B) débouchant dans

la surface extérieure (44) de l'anode (22), la portion de sortie (52B) étant symétrique par rapport à un plan radial médian perpendiculaire à la direction longitudinale (Z), et **en ce que** les moyens de déplacement (80, 82) sont adaptés pour déplacer chaque élément mobile (72, 74) de sorte que la ou chaque cavité résonnante de sortie (52) reste symétrique par rapport au plan radial médian de la portion de sortie (52B).

4. Dispositif (10) de génération d'ondes hyperfréquence selon la revendication 2 ou 3, **caractérisé en ce que** le dispositif de réglage (70) comprend un unique premier élément mobile (72) et un unique deuxième élément mobile (76), chaque élément mobile (72, 74) étant commun à toutes les cavités résonnantes (42), et **en ce que** les moyens (80, 82) de déplacement de chaque élément mobile (72, 76) comprennent une pluralité de systèmes vis-écrou (84), pour transformer un mouvement de rotation de la vis (86) en mouvement de translation de la vis (86), et un système (88) d'entraînement en rotation de chaque vis (86) par une courroie (89). 5 10
5. Dispositif (10) de génération d'ondes hyperfréquence selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'anode (22) est symétrique par rapport à un plan radial médian, perpendiculaire à la direction longitudinale (Z), et **en ce que** la cathode (20) comprend une source d'électrons (34), adaptée pour libérer des électrons de la cathode (20) vers l'anode (22), la source d'électrons (34) étant située sensiblement dans le plan radial médian de l'anode (22). 25 30 35
6. Dispositif (10) de génération d'ondes hyperfréquence selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la source de tension (110) comprend deux générateurs de tension (111, 112), chaque générateur de tension (111, 112) étant raccordé électriquement à une seule extrémité longitudinale (30, 32) de la cathode (20), et **en ce que** le dispositif de génération (10) comprend un module de commande, adapté pour piloter un démarrage simultané des deux générateurs de tension (111, 112). 40 45
7. Dispositif (10) de génération d'ondes hyperfréquence selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la pluralité de cavités résonnantes (42) comprend une pluralité de cavités résonnantes de sortie (52) comprenant chacune une portion de sortie (52B) débouchant dans la surface extérieure (44) de l'anode (22), et une pluralité de cavités intermédiaires (54) interposées entre les cavités de sortie (52), le nombre de cavités intermédiaires (54) interposées entre deux cavités de sortie (52) consécutives étant égal pour chaque 50 55

paire de cavités de sortie (52) consécutives.

8. Dispositif (10) de génération d'ondes hyperfréquence selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la source de tension (110) comprend deux générateurs de tension (111, 112), chaque générateur de tension (111, 112) étant raccordé électriquement à une seule extrémité longitudinale (30, 32) de la cathode (20), chaque générateur de tension (111, 112) comprenant au moins un condensateur pour alimenter la cathode (20) en énergie. 5 10
9. Dispositif (10) de génération d'ondes hyperfréquence selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la source de tension (110) comprend deux branches (110a, 110b) d'alimentation d'une extrémité (30, 32) de la cathode (20), chaque branche (110a, 110b) s'étendant de l'anode (22) jusqu'à une extrémité (30, 32) de la cathode (20), chaque branche (110a, 110b) étant électriquement identique à l'autre branche (110a, 110b).. 15 20
10. Dispositif (10) de génération d'ondes hyperfréquence selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les extrémités longitudinales (30, 32) de la cathode (20) sont isolées électriquement l'une de l'autre. 25 30 35

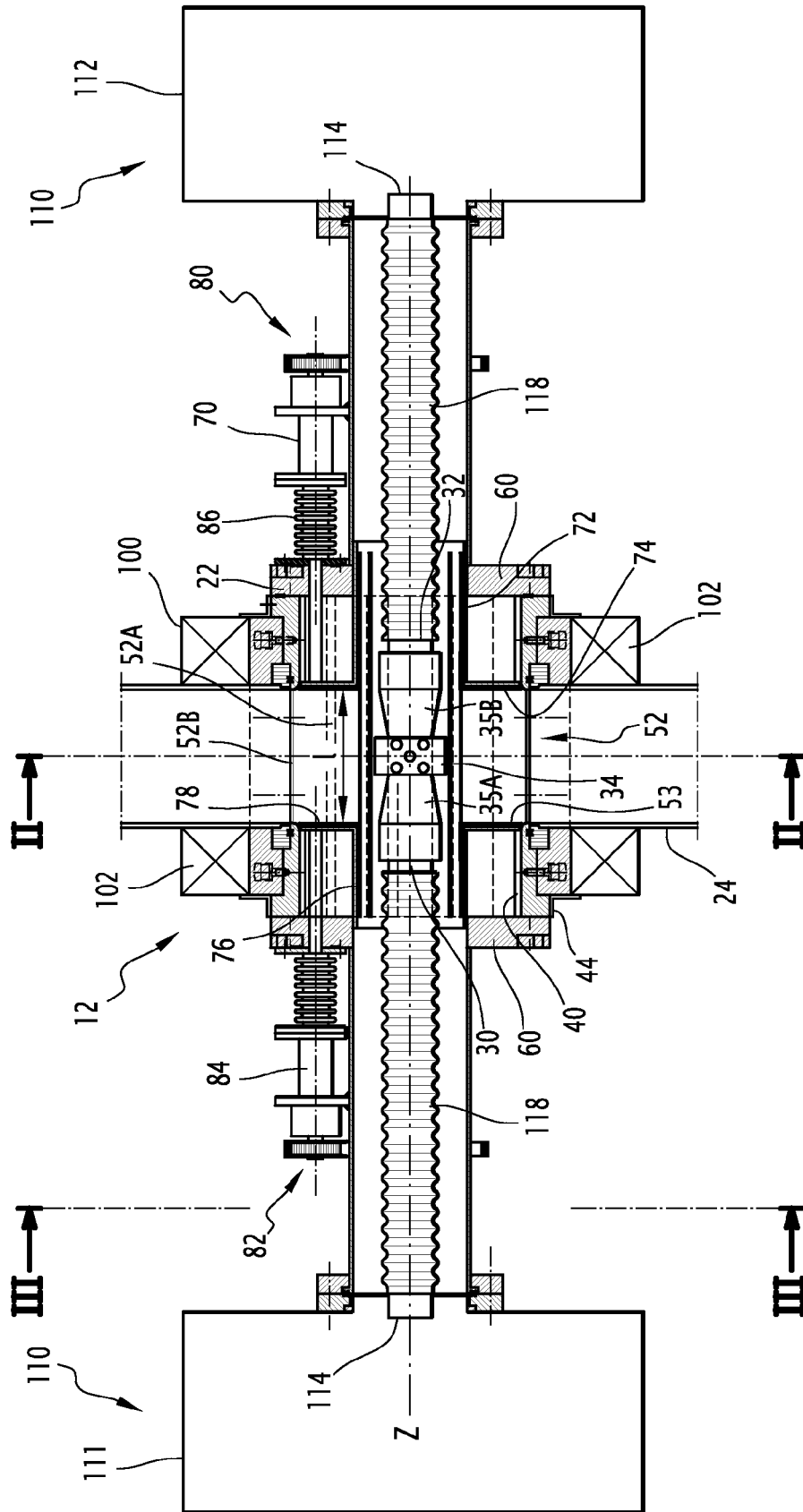
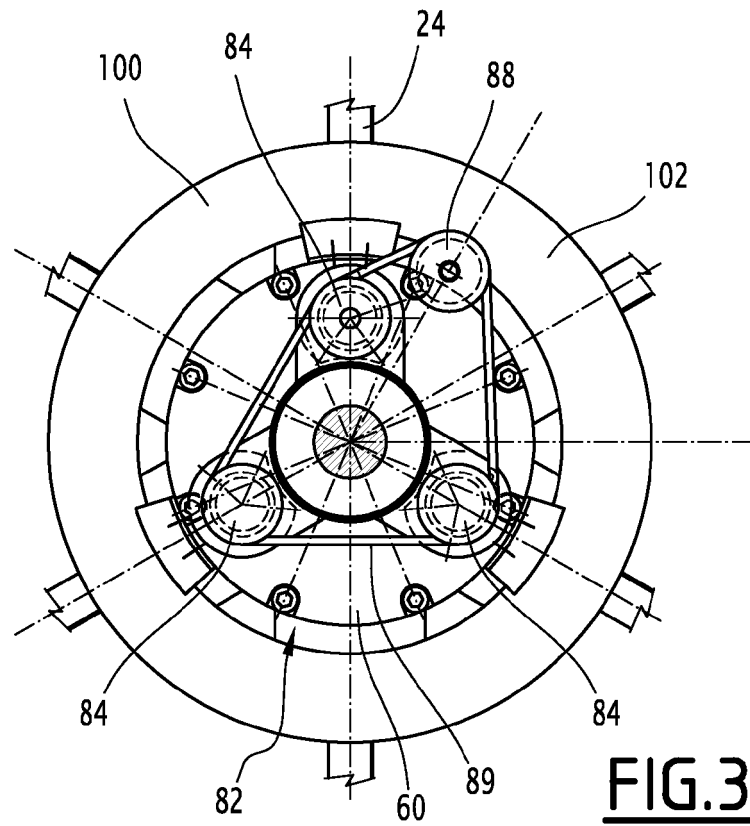
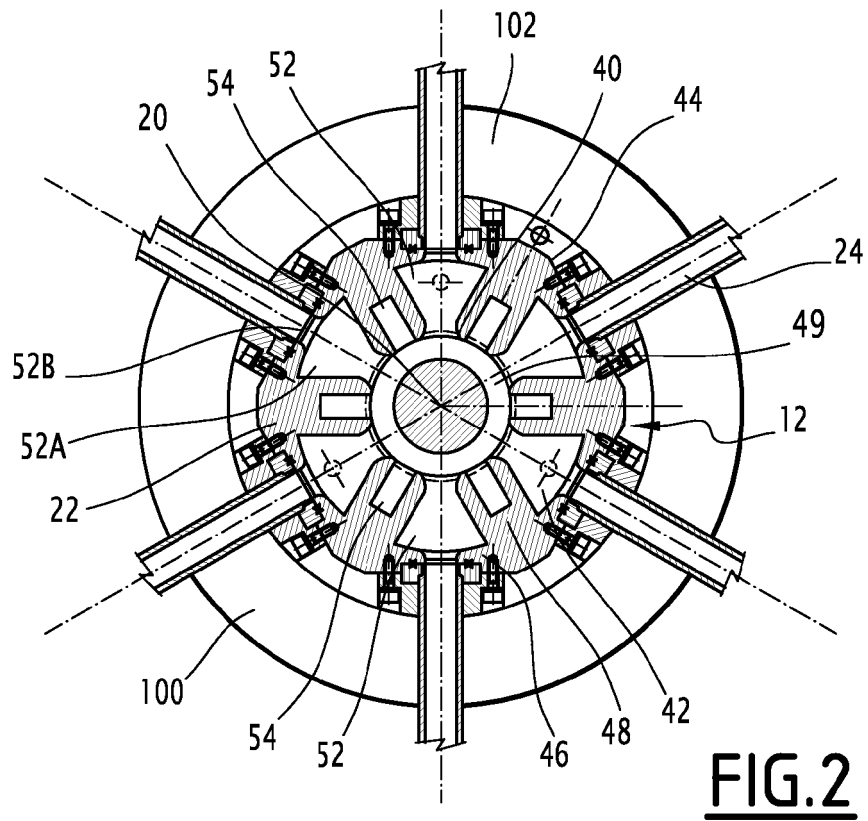


FIG. 1



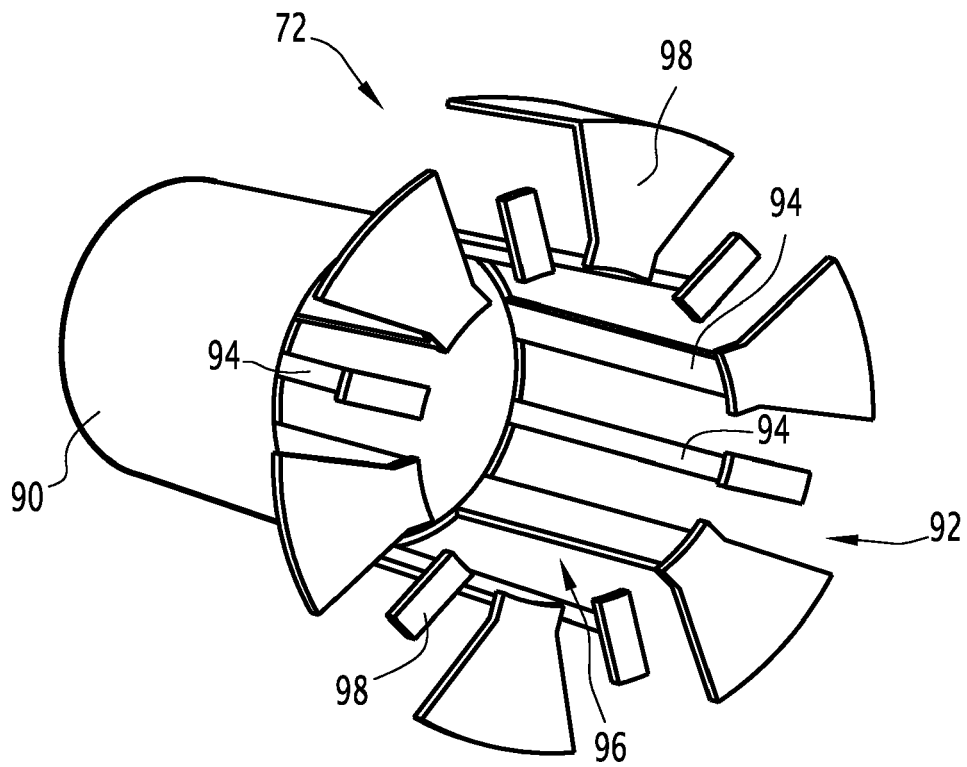
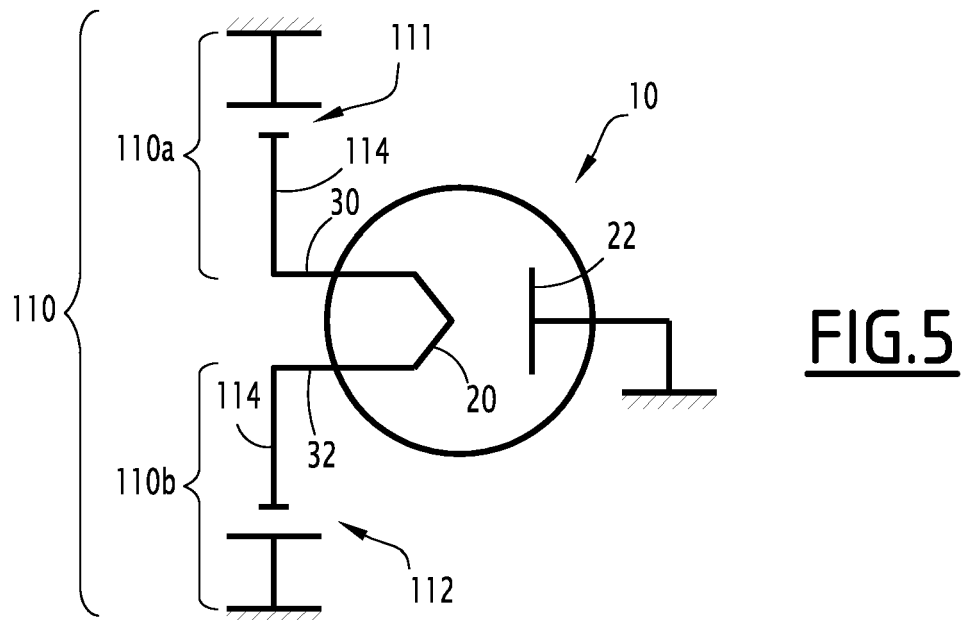


FIG.4



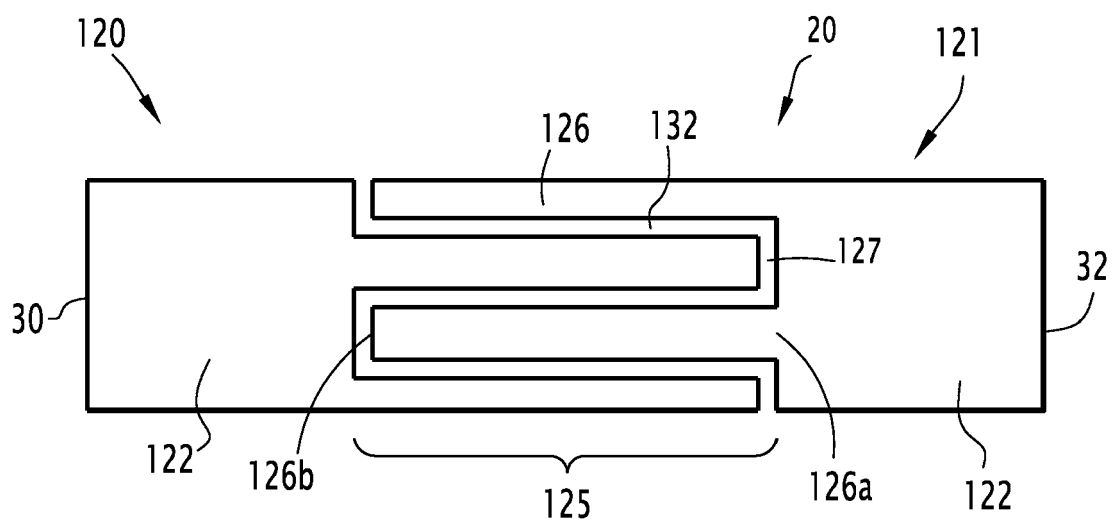


FIG. 6

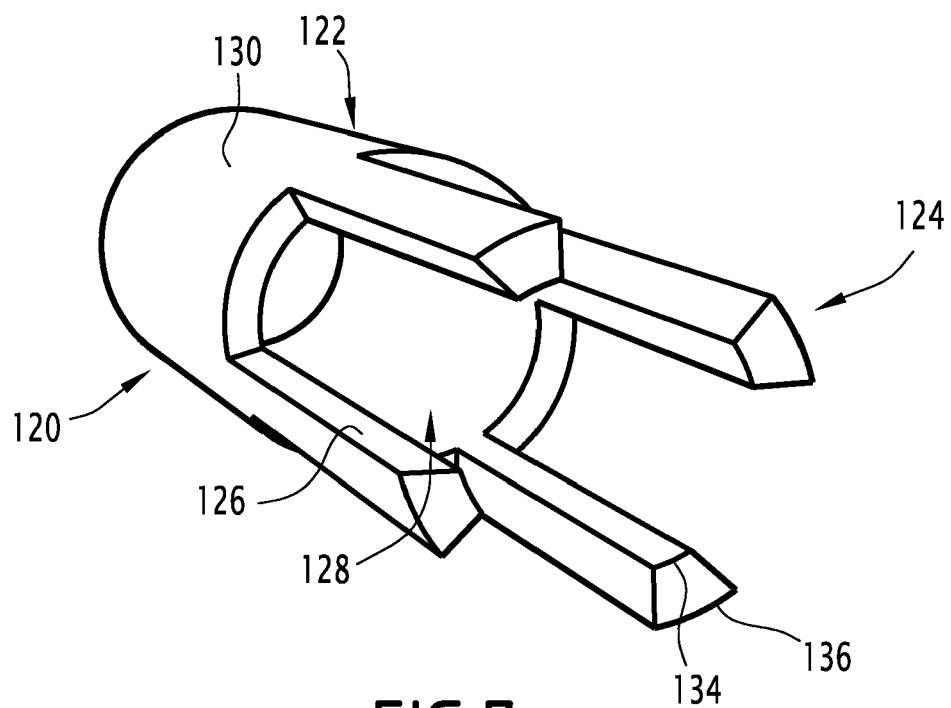


FIG. 7



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 11 30 6792

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
Y	AGAFONOV A V ET AL: "Double-sided relativistic magnetron pulsed power supply", PULSED POWER CONFERENCE, 1997. DIGEST OF TECHNICAL PAPERS. 1997 11TH IEEE INTERNATIONAL BALTIMORE, MA, USA 29 JUNE-2 JULY 1997, NEW YORK, NY, USA, IEEE, US, vol. 1, 29 juin 1997 (1997-06-29), pages 774-779, XP010280282, DOI: 10.1109/PPC.1997.679458 ISBN: 978-0-7803-4213-2 * abrégé *	1-9	INV. H01J23/05 H01J23/213 H01J23/34 H01J25/593
Y	US 2 546 870 A (JAMES SAYERS) 27 mars 1951 (1951-03-27) * colonnes 3,4; figures 1,4,6,13,14 *	1-9	
Y	US 3 870 923 A (PEYRARD YVES ET AL) 11 mars 1975 (1975-03-11) * colonne 1, ligne 4 - colonne 4, ligne 31; figures 1,2 *	1-9	
Y	FR 1 572 068 A (ENGLISH ELECTRIC VALVE CO LTD) 20 juin 1969 (1969-06-20) * page 1, ligne 1-24; figures 1-5 * * page 3, ligne 19 - page 4, ligne 37 *	1-9	
Y	GB 709 129 A (ENGLISH ELECTRIC VALVE CO LTD) 19 mai 1954 (1954-05-19) * page 1, colonne de gauche - page 2, colonne de gauche; figures 1-7 * * page 4, colonne de gauche *	1-9	
A	US 2008/246385 A1 (SCHAMIOGLU EDL [US] ET AL) 9 octobre 2008 (2008-10-09) * alinéas [0003], [0009], [0010], [0017] - [0024], [0035], [0039], [0046] - [0049]; figures 2-5 *	1-10	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 1 mars 2012	Examineur Weisser, Wolfgang
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	

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 11 30 6792

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	US 2007/030088 A1 (FUKS MIKHAIL [US] ET AL) 8 février 2007 (2007-02-08) * alinéas [0016], [0038] - [0051]; figures 2,3,10 * -----	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 1 mars 2012	Examineur Weisser, Wolfgang
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			

 2
EPO FORM 1503 03 82 (P04C02)

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

EP 11 30 6792

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.

01-03-2012

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2546870	A	27-03-1951	GB 588916 A US 2546870 A	06-06-1947 27-03-1951
US 3870923	A	11-03-1975	FR 2212634 A1 GB 1425078 A US 3870923 A	26-07-1974 18-02-1976 11-03-1975
FR 1572068	A	20-06-1969	CH 469353 A FR 1572068 A NL 6807923 A	28-02-1969 20-06-1969 09-12-1968
GB 709129	A	19-05-1954	DE 1076826 B FR 1205104 A GB 709129 A	03-03-1960 29-01-1960 19-05-1954
US 2008246385	A1	09-10-2008	AUCUN	
US 2007030088	A1	08-02-2007	AUCUN	

EPO FORM P0460

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

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.

Littérature non-brevet citée dans la description

- **AGAFONOV et al.** Double-Sided Relativistic Magnatron. *Pulsed Power Conference, 1997. Digest of Technical Papers. 1997 11th IEEE International*, 1997, 774-779 **[0005]**