



(11)

EP 2 936 537 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
12.09.2018 Bulletin 2018/37

(51) Int Cl.:
H01J 25/02 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **13820835.0**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2013/053204

(22) Date de dépôt: **19.12.2013**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2014/096728 (26.06.2014 Gazette 2014/26)

(54) **GÉNÉRATEUR DE MICROONDES À CATHODE VIRTUELLE OSCILLANTE ET À RÉFLECTEURS OUVERTS**

MIKROWELLENGENERATOR MIT OSZILLIERENDER VIRTUELLER KATHODE UND OFFENEN REFLEKTOREN

MICROWAVE GENERATOR WITH OSCILLATING VIRTUAL CATHODE AND OPEN REFLECTORS

(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**

(74) Mandataire: **Santarelli**
49, avenue des Champs-Élysées
75008 Paris (FR)

(30) Priorité: **20.12.2012 FR 1262385**

(56) Documents cités:
WO-A1-2009/136832 FR-A1- 2 876 218

(43) Date de publication de la demande:
28.10.2015 Bulletin 2015/44

- **MANKOWSKI J J ET AL: "Experimental results of a 2 GW vircator", ICOPS 2003. IEEE CONFERENCE RECORD - ABSTRACTS. THE 30TH. IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PLASMA SCIENCE. JEJU, KOREA, JUNE 2 - 5, 2003; [IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PLASMA SCIENCE], NEW YORK, NY : IEEE, US, vol. CONF. 30, 2 juin 2003 (2003-06-02), pages 187-187, XP010659348, DOI: 10.1109/PLASMA.2003.1228654 ISBN: 978-0-7803-7911-4**

(73) Titulaire: **Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives**
75015 Paris (FR)

(72) Inventeurs:

- **CHAMPEAUX, Stéphanie**
F-91650 Breuillet (FR)
- **GOUARD, Philippe**
F-91330 Yerres (FR)

EP 2 936 537 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention concerne un dispositif générateur d'ondes microondes à cathode virtuelle oscillante (i.e. de type VIRCATOR, pour l'anglais (« VIRTual CATHode oscillaTOR »)).

[0002] Un dispositif générateur d'ondes microondes à cathode virtuelle oscillante comprend traditionnellement une diode constituée d'une cathode et d'une anode, émettant un faisceau d'électrons, ainsi qu'un guide d'ondes cylindrique. L'anode est généralement constituée d'une armature épaisse et d'une feuille mince (fréquemment appelée par la suite « anode mince » par simplification). On entend ici par « mince » que la feuille de l'anode présente une épaisseur de quelques dixièmes de micromètres. La feuille mince est, quant à elle, couplée au guide d'ondes cylindrique. En d'autres termes, l'anode mince sépare la cathode du guide d'ondes, à l'interface entre l'armature épaisse et le guide d'ondes; et, par ailleurs, l'armature épaisse entoure généralement la cathode.

[0003] Ce type de dispositif est connu pour produire des impulsions microondes de fortes puissances.

[0004] A cette fin, une différence de potentiel est appliquée aux bornes de la diode créant une émission électronique au niveau de la cathode. Au niveau de la feuille mince de l'anode, les composantes transverses du champ électrique par rapport à un axe longitudinal du guide d'ondes s'annulent, le faisceau d'électrons commence à se pincer sous l'effet de son champ magnétique. Quand le courant pénétrant dans le guide d'ondes cylindrique dépasse le courant limite de charge d'espace, la densité d'électrons devient si forte que le faisceau ne peut plus se propager dans le guide d'ondes. Une accumulation de charge, communément appelée « cathode virtuelle », se forme alors derrière la feuille mince. La cathode virtuelle dévie alors de nombreux électrons jusqu'à en renvoyer certains vers la cathode, à travers la feuille mince. Tout en se rapprochant de l'anode mince, la cathode virtuelle accroît sa densité de charges jusqu'au moment où elle éclate sous l'effet de sa propre charge d'espace et une nouvelle cathode virtuelle se reconstitue un peu plus loin dans le guide d'ondes. C'est ce principe d'oscillation de la cathode virtuelle qui est à l'origine d'une émission d'onde microonde.

[0005] Un tel dispositif est compact et de conception simple. Son fonctionnement est robuste et ne nécessite pas de recours à un champ magnétique externe. Par contre son rendement en puissance (rapport de la puissance maximale de l'onde émise sur la puissance électrique maximale injectée dans la diode) est très faible, de l'ordre de 1%. Par ailleurs, les fréquences de l'onde émise suivent directement les variations temporelles de la tension appliquée, ce qui conduit à l'obtention d'une onde électromagnétique de qualité spectrale médiocre.

[0006] Pour contrevenir à au moins une partie de ces inconvénients tout en conservant une géométrie axiale, l'implantation d'un ou plusieurs réflecteurs dans le guide

d'ondes cylindrique a été proposée. Ce type de dispositif a fait l'objet de la demande de brevet WO2006037918.

[0007] Les réflecteurs sont des parois fines (c'est-à-dire de quelques dixièmes de micromètres d'épaisseur), transparents aux électrons et aptes à réfléchir l'onde microonde créée par les cathodes virtuelles. En outre, ils présentent généralement une forme cylindrique circulaire.

[0008] Ce type de dispositif avec réflecteurs permet d'obtenir des performances sensiblement améliorées par rapport aux dispositifs sans réflecteur. Toutefois, il existe un nombre optimal de réflecteurs au-delà duquel le rendement en puissance décroît.

[0009] La présente invention vise à accroître le rendement des tubes microondes de type VIRCATOR axial avec réflecteurs.

[0010] A cet effet, est proposé, un dispositif générateur d'ondes microondes à cathode virtuelle oscillante, comportant une cathode, et une anode mince positionnée à une entrée d'un guide d'ondes cylindrique de rayon R_G , l'anode mince étant située entre la cathode et le guide d'ondes, caractérisé en ce que le dispositif comprend au moins un premier réflecteur ouvert et un dernier réflecteur ouvert localisés dans le guide d'ondes, et transparents aux électrons et aptes à réfléchir une onde microonde créée par au moins une cathode virtuelle générée dans le guide d'ondes, le premier réflecteur ouvert étant le réflecteur le plus proche de l'anode mince, et le dernier réflecteur ouvert étant le réflecteur le plus proche d'une sortie du guide d'ondes, et le dernier réflecteur ouvert présentant un rayon R_{RN} inférieur à un rayon R_{R1} du premier réflecteur.

[0011] Est aussi proposé, selon un aspect intéressant, un dispositif générateur d'ondes microondes à cathode virtuelle oscillante, en configuration axiale, comportant une cathode, et une anode mince positionnée à une entrée d'un guide d'ondes cylindrique de rayon R_G , l'anode mince étant située entre la cathode et le guide d'ondes, le dispositif comprenant en outre au moins un premier réflecteur ouvert et un dernier réflecteur ouvert localisés dans le guide d'ondes, et transparents aux électrons et aptes à réfléchir une onde microonde créée par au moins une cathode virtuelle générée dans le guide d'ondes, le premier réflecteur ouvert étant le réflecteur le plus proche de l'anode mince, et le dernier réflecteur ouvert étant le réflecteur le plus proche d'une sortie du guide d'ondes, le dispositif étant caractérisé en ce qu'il comporte une pluralité de réflecteurs ouverts, dont le premier et le dernier réflecteur ouverts tels qu'un réflecteur de la pluralité présente un rayon $R_{R(i+1)}$ inférieur ou égal à un rayon R_{Ri} d'un réflecteur de la pluralité directement précédent et en ce que le dernier réflecteur ouvert présente un rayon R_{RN} inférieur à un rayon R_{R1} du premier réflecteur ouvert.

[0012] Un réflecteur est dit « ouvert » quand il n'obstrue qu'une fraction centrée de section droite du guide d'ondes cylindrique, laissant une ouverture sensiblement annulaire entre une périphérie du réflecteur et une paroi interne du guide d'ondes.

[0013] Un tel dispositif permet non seulement d'accroître le rendement d'un VIRCATOR axial classique, mais aussi d'accroître le rendement d'un VIRCATOR axial avec réflecteurs.

[0014] L'introduction de réflecteurs ouverts permet de faciliter l'écoulement de l'onde, émise par les différentes cathodes virtuelles, vers la sortie du guide.

[0015] Dans des modes de réalisation de l'invention, le premier réflecteur ouvert est avantageusement situé à une distance D_1 de l'anode mince, équivalent au double d'une distance d_{Ak} séparant la cathode de l'anode mince. De la sorte, la première cathode virtuelle est créée et positionnée approximativement à mi-distance entre l'anode mince et le premier réflecteur. De plus, deux réflecteurs ouverts consécutifs présentent entre eux une distance égale à la distance D_1 séparant l'anode mince de la cathode.

[0016] Selon un mode privilégié de réalisation, le rayon R_{R1} du premier réflecteur ouvert est égal ou supérieur à $0,75 R_G$.

[0017] Ceci permet de réfléchir un maximum de la composante radiale du champ électrique de l'onde et de renforcer l'onde émise par la première cathode virtuelle alors située dans une première pseudo-cavité délimitée par l'anode mince, la paroi interne du guide d'ondes, et le premier réflecteur.

[0018] Selon un exemple de réalisation, un rayon R_{R2} d'au moins un deuxième réflecteur ouvert, situé entre le premier réflecteur ouvert et le dernier réflecteur ouvert, est inférieur ou égal au rayon R_{R1} du premier réflecteur ouvert et supérieur au rayon R_{RN} du dernier réflecteur ouvert.

[0019] Selon un autre exemple de réalisation, un rayon R_{R2} d'au moins un deuxième réflecteur ouvert, situé entre le premier réflecteur ouvert et le dernier réflecteur ouvert, est inférieur au rayon R_{R1} du premier réflecteur ouvert et supérieur ou égal au rayon R_{RN} du dernier réflecteur ouvert.

[0020] Une réduction du rayon des réflecteurs successifs permet de positionner les électrons au voisinage d'un axe longitudinal z du guide d'ondes les empêchant d'interagir avec l'onde microonde dans les régions où celle-ci présente des amplitudes de champs électromagnétiques maximales. La position moyenne de la cathode virtuelle formée au-delà d'un réflecteur de rang $(i+1)$ est ainsi éloignée de la zone où l'amplitude de l'onde est forte.

[0021] Selon un mode intéressant de réalisation, au moins le rayon R_{RN} du dernier réflecteur est inférieur à $0,75 R_G$, voire éventuellement le rayon R_{RN} du dernier réflecteur est inférieur à $0,5 R_G$.

[0022] Selon un exemple particulier, le rayon R_{R2} d'un deuxième réflecteur est inférieur à $0,75 R_G$, voire le rayon R_{R2} du deuxième réflecteur est inférieur à $0,5 R_G$.

[0023] Par exemple, le rayon R_{Ri} d'un réflecteur de la pluralité, quel qu'il soit, à partir d'un deuxième réflecteur (c'est-à-dire pour i supérieur ou égal à 2, soit i compris entre 2 et N) est inférieur à $0,75 R_G$, voire le rayon R_{Ri}

du réflecteur est inférieur à $0,5 R_G$. Optionnellement, le rayon R_{Ri} reste toutefois supérieur au rayon R_{RN} du dernier réflecteur.

[0024] Le rayon R_{Ri} des réflecteurs est progressivement réduit du premier au dernier, sans limite inférieure, ce qui accroît les performances du dispositif.

[0025] Selon un autre exemple de réalisation, le dispositif comprend, entre le premier et le dernier réflecteur ouvert, une pluralité de réflecteurs ouverts, tels qu'un réflecteur de la pluralité de rang $(i+1)$ présente un rayon $R_{R(i+1)}$ inférieur ou égal au rayon R_{Ri} d'un réflecteur de la pluralité de rang (i) directement précédent.

[0026] Selon un exemple préférentiel, un réflecteur de la pluralité de rang (i) présente un rayon R_{Ri} supérieur au rayon R_{Rj} d'un réflecteur de la pluralité de rang $(j>i)$.

[0027] Voire, selon un autre exemple particulier, le rayon $R_{R(i+1)}$ du réflecteur de la pluralité de rang $(i+1)$ est inférieur au rayon R_{Ri} du réflecteur de la pluralité de rang (i) directement précédent, et le rayon $R_{R(i+1)}$ du réflecteur de la pluralité de rang $(i+1)$ est aussi possiblement supérieur au rayon R_{RN} du dernier réflecteur et le rayon R_{Ri} du réflecteur de la pluralité de rang (i) est inférieur au rayon R_{R1} du premier réflecteur.

[0028] Ainsi, les réflecteurs peuvent être décroissants par paliers, ou bien linéairement ou exponentiellement décroissants du premier au dernier par exemple.

[0029] Par exemple, un dispositif selon l'invention comporte des réflecteurs de rayons égaux par groupes, par exemple deux par deux ou trois par trois, ou plus. Par exemple le premier réflecteur et le deuxième réflecteur ont des rayons identiques, puis le troisième réflecteur et le quatrième réflecteur ont des rayons identiques, et ainsi de suite, avec par exemple le rayon du troisième et quatrième réflecteur inférieur à celui du premier et deuxième réflecteur.

[0030] Selon un autre exemple, tous les réflecteurs présents dans le guide d'ondes ont même rayon, sauf le dernier réflecteur qui a un rayon moindre.

[0031] Selon encore un autre exemple, le premier réflecteur et le deuxième réflecteur ont un rayon supérieur à $0,75 R_G$. Et par exemple le rayon du dernier réflecteur est égal ou inférieur à $0,5 R_G$.

[0032] Les rayons des réflecteurs compris entre le premier réflecteur et le dernier réflecteur sont par exemple égaux ou inférieur au rayon du premier réflecteur, voire à $0,75 R_G$, et/ou égaux ou supérieurs au rayon du dernier réflecteur, voire à $0,5 R_G$. Les rayons des réflecteurs compris entre le premier réflecteur et le dernier réflecteur sont possiblement tous égaux entre eux, ou décroissants tels que le rayon d'un réflecteur est égal ou inférieur à celui du précédent.

[0033] Selon un exemple intéressant de mis en oeuvre, les rayons des réflecteurs de la pluralité de réflecteurs, dont le premier et le dernier réflecteur, décroissent selon un pas p constant. Par exemple, le premier et le deuxième réflecteur ont un même rayon valant R_{R1} , le troisième réflecteur a par exemple un rayon R_{R3} moindre, valant par exemple R_{R1-p} . Un quatrième réflecteur a par exem-

ple un rayon moindre au troisième valant par exemple R_{R3-p} , et ainsi de suite. Autrement dit, si un réflecteur a un rayon inférieur au réflecteur directement précédent, celui-ci est réduit d'un pas p .

[0034] Le pas p représente par exemple une valeur absolue, par exemple à chaque réduction, le rayon d'un réflecteur est réduit de 10 mm, ou 5 mm ; ou une valeur relative, par exemple à chaque réduction, le rayon d'un réflecteur est réduit de 10% par rapport au rayon du réflecteur directement précédent, ou 5%.

[0035] Alors qu'un dispositif avec réflecteurs selon l'art antérieur présente un nombre optimal de réflecteurs au-delà duquel le rendement en puissance décroît, dans un dispositif tel que décrit précédemment, le rendement augmente avec le nombre de réflecteurs de rayon décroissant positionnés dans le guide d'ondes.

[0036] Selon un mode de réalisation privilégié, la pluralité de réflecteurs ouverts comporte au moins trois réflecteurs ouverts, c'est-à-dire, le dispositif comporte au moins trois réflecteurs ouverts positionnés dans le guide d'onde. Il comporte par exemple entre trois et six réflecteurs.

[0037] La pluralité de réflecteurs présente ainsi au moins deux tailles de rayons différents, celui du premier réflecteur R_{R1} , celui du dernier réflecteur R_{RN} qui est inférieur à R_{R1} , et le rayon des réflecteurs situés entre le premier et le dernier réflecteur qui seraient par exemple tous égaux au premier ou tous égaux au dernier. Au maximum, la pluralité de réflecteurs présente autant de rayons différents qu'il y a de réflecteurs.

[0038] Ainsi par exemple, un deuxième réflecteur, positionné entre le premier réflecteur et le dernier réflecteur, présente un rayon R_{R2} qui est : soit égal au rayon R_{R1} du premier réflecteur, soit compris entre le rayon R_{R1} du premier réflecteur et le rayon R_{RN} du dernier réflecteur, soit égal au rayon R_{RN} du dernier réflecteur. Une même logique s'applique pour un plus grand nombre de réflecteurs.

[0039] Par ailleurs, il est intéressant qu'au moins un réflecteur ouvert, non seulement transparent aux électrons et apte à réfléchir une onde microonde, soit en outre réalisé en mylar aluminisé, voire que tous les réflecteurs soient réalisés en mylar aluminisé.

LISTE DES FIGURES

[0040] L'invention selon un exemple de réalisation sera bien comprise et ses avantages apparaîtront mieux à la lecture de la description détaillée qui suit, donnée à titre indicatif et nullement limitatif, et en référence aux dessins annexés présentés ci-après.

La figure 1 représente un Vircator axial classique selon l'art antérieur, selon une vue longitudinale ;

La figure 2 représente un Vircator axial avec réflecteurs selon l'art antérieur, selon une vue longitudinale ;

La figure 3 représente une vue de face d'un réflecteur

fermé et d'un réflecteur ouvert ;

La figure 4 représente un exemple de Vircator axial avec cinq réflecteurs ouverts de rayon constant, selon une vue longitudinale, servant de dispositif témoin pour analyse de résultats de simulations ;

La figure 5 représente un Vircator axial avec cinq réflecteurs ouverts selon un mode de réalisation de l'invention, selon une vue longitudinale ;

La figure 6 présente un premier tableau récapitulant les dispositifs témoins à N réflecteurs ouverts de rayon constant, i.e. ayant tous le même rayon, utilisés pour comparer des résultats de simulations ;

La figure 7 présente un deuxième tableau récapitulant les dispositifs à N réflecteurs ouverts de rayon décroissant, selon des exemples de réalisation de l'invention, avec lesquels ont été réalisés des simulations ;

La figure 8 illustre une évolution d'un rendement en puissance (%) en fonction du nombre de réflecteurs dans le dispositif, dans le cas d'un dispositif sans réflecteur ($N=0$) selon l'état de l'art connu, d'un dispositif témoin avec N réflecteurs ouverts de rayon constant (ici égal à 60 mm tels que présentés figure 6), et dans le cas d'un dispositif selon un mode de réalisation de l'invention (i.e. avec au moins trois réflecteurs ouverts de rayon non constant, tels que présentés figures 7) ; et

La figure 9 illustre une évolution de la fréquence d'émission de l'onde microonde en fonction du nombre de réflecteurs dans le dispositif, dans le cas d'un dispositif sans réflecteur ($N=0$) selon l'état de l'art connu, d'un dispositif témoin avec N réflecteurs ouverts de rayon constant (ici égal à 60 mm tels que présentés figure 6), et dans le cas d'un dispositif selon un mode de réalisation de l'invention (i.e. avec au moins trois réflecteurs ouverts de rayon non constant, tels que présentés figure 7).

[0041] Les éléments identiques représentés sur les figures 1 à 9 sont identifiés par des références numériques identiques.

ETAT DE L'ART ET INCONVENIENT

[0042] Un dispositif générateur d'ondes microondes à cathode virtuelle oscillante de l'art antérieur communément appelé Vircator (« VIRTUAL CATHODE OSCILLATOR ») est représenté à la figure 1.

[0043] Le Vircator comprend une diode 2, 3, 4 constituée d'une cathode 2 et d'une anode 3, 4, émettant un faisceau d'électrons 1, ainsi que d'un guide d'ondes cylindrique 5. L'anode 3, 4 est constituée d'une armature épaisse 3 et d'une feuille mince 4 (fréquemment appelée par la suite « anode mince 4 » par simplification). On entend ici par « mince » que la feuille de l'anode présente une épaisseur de quelques dixièmes de micromètres. La feuille mince 4 est, quant à elle, couplée au guide d'ondes cylindrique 5. En d'autres termes, l'anode mince 4 sépare

la cathode 2 du guide d'ondes 5 en étant située à une entrée du guide d'ondes 5, à une interface entre l'armature épaisse 3 et le guide d'ondes 5 ; et l'armature épaisse 3 entoure la cathode 2.

[0044] Ce type de dispositif est connu pour produire des impulsions microondes de fortes puissances.

[0045] A cette fin, une différence de potentiel est appliquée aux bornes de la diode 2, 3, 4 créant une émission électronique au niveau de la cathode 2. Quand la densité de courant électronique émise dépasse la densité de courant limite de Child-Langmuir, le faisceau d'électrons 1 éclate sous l'effet de sa propre charge d'espace. Au niveau de la feuille mince 4 de l'anode, les composantes transverses du champ électrique par rapport à un axe z s'annulent, le faisceau d'électrons 1 commence à se pincer sous l'effet de son champ magnétique. Quand le courant pénétrant dans le guide d'ondes cylindrique 5 dépasse le courant limite de charge d'espace, la densité d'électrons devient si forte que le faisceau ne peut plus se propager dans le guide d'ondes 5. Une accumulation de charge 6, communément appelée « cathode virtuelle 6 », se forme alors derrière la feuille mince 4. La cathode virtuelle 6 dévie alors de nombreux électrons jusqu'à en renvoyer certains vers la cathode 2, à travers la feuille mince 4.

[0046] Tout en se rapprochant de l'anode mince 4, la cathode virtuelle 6 accroît sa densité de charges jusqu'au moment où elle éclate sous l'effet de sa propre charge d'espace et une nouvelle cathode virtuelle se reconstitue un peu plus loin dans le guide d'ondes 5. C'est ce principe d'oscillation de la cathode virtuelle qui est à l'origine d'une émission d'une onde microonde 7.

[0047] La cathode virtuelle 6 se déplace autour d'une position moyenne qui se situe à une distance de l'anode mince 4 approximativement égale à celle qui sépare l'anode mince 4 de la cathode émettrice 2 (cette dernière étant désignée par d_{Ak}). Les électrons qui sont renvoyés par la cathode virtuelle 6 vers la cathode 2 en passant à travers l'anode mince 4 sont modulés à la fréquence de l'onde microonde et interagissent avec le faisceau d'électrons 1 créé dans l'espace entre la cathode 2 et l'anode mince 4 en le modulant légèrement. Ces électrons rétro-diffusés sont freinés entre l'anode mince 4 et la cathode 2. Ils sont aussi déviés principalement vers l'armature de l'anode 3.

[0048] Les électrons qui franchissent la cathode virtuelle 6 reprennent de l'énergie à l'onde microonde qui se propage dans le guide, diminuant ainsi son intensité.

[0049] Le dimensionnement d'un Vircator axial selon l'état de l'art connu est le suivant :

La fréquence f de l'onde émise (exprimée en GHz) est fonction de la distance d_{Ak} (exprimée en cm) qui sépare la cathode 2 de l'anode mince 4 et du facteur relativiste γ des électrons au niveau de l'anode mince 4 en relation avec la différence de potentiel appliquée à la diode 2, 3, 4. Cette fréquence peut être estimée par la formule suivante :

$$f = \frac{4,77}{d_{Ak}} \log(\gamma + \sqrt{\gamma^2 - 1})$$

[0050] Avec $\gamma = 1 + eV/mc^2$, où e est la charge d'un électron, V la différence de potentiel appliquée entre les électrodes de la diode 2, 3, 4, m la masse d'un électron et c la vitesse de la lumière.

[0051] L'onde ayant une symétrie axiale de révolution évolue dans des modes dits « transverses magnétiques », désigné par « TM_{0n} », la composante axiale de son champ magnétique étant nulle. Pour qu'elle se propage à l'intérieur du guide cylindrique 5 dans le seul mode TM_{01} , il faut que le rayon R_G du guide d'ondes 5 soit supérieur à la longueur d'onde de coupure du mode suivant TM_{02} . L'équation ci-dessous (et non la formule inverse qui est apparue être erronée) rend compte de ces conditions de propagation :

$$\frac{k_{01}c}{2\pi f} \leq R_G \leq \frac{k_{02}c}{2\pi f}$$

où k_{0n} représente la racine de l'équation de la fonction de Bessel $J_0(k_{0n}) = 0$, avec $k_{01} = 2,4048$ et $k_{02} = 5,5201$.

[0052] La longueur du guide d'ondes 5 doit être, de préférence, égale à plusieurs fois la longueur d'onde λ de l'onde électromagnétique 7 ($\lambda = c/f$).

[0053] Un meilleur fonctionnement du couplage de la cathode virtuelle 6 avec l'onde électromagnétique 7 est obtenu lorsque la densité maximale de la cathode virtuelle 6 à sa position moyenne est située dans le voisinage du maximum de la composante radiale du champ électrique de l'onde électromagnétique. Considérant que l'onde électromagnétique se propage dans le seul mode TM_{01} et considérant aussi l'éclatement du faisceau à l'émission, le rayon R_c de la cathode 2 doit alors, de préférence, vérifier la relation suivante :

$$R_c < 1,8412 \frac{R_0}{k_{01}} \approx 0,75 \times R_0$$

[0054] Le dispositif décrit ci-dessus est compact et de conception simple. Son fonctionnement est robuste et ne nécessite pas de recours à un champ magnétique externe. Par contre son rendement en puissance (rapport de la puissance maximale de l'onde émise sur la puissance électrique maximale injectée dans la diode) est très faible, de l'ordre de 1%. Par ailleurs, les fréquences de l'onde émise suivent directement les variations temporelles de la tension appliquée, ce qui conduit à l'obtention d'une onde électromagnétique de qualité spectrale médiocre.

[0055] Pour contrevenir à au moins une partie de ces inconvénients tout en conservant une géométrie axiale, l'implantation d'un ou plusieurs réflecteurs dans le guide cylindrique 5 a été proposée.

[0056] Les réflecteurs peuvent être « fermés » ou « ouverts ». Comme l'illustre la figure 3, un réflecteur est dit « fermé » quand il clôt entièrement une section droite du guide (c'est le cas, par exemple, du premier réflecteur 8 de la figure 2), et un réflecteur est dit « ouvert » quand il n'obstrue qu'une fraction centrée de section droite du guide, laissant une ouverture sensiblement annulaire 10 entre la périphérie du réflecteur et la paroi interne du guide d'ondes 5 (c'est le cas, par exemple, du réflecteur 9 de la figure 2).

[0057] Le réflecteur le plus éloigné de l'anode mince 4 est préférentiellement ouvert afin de permettre à l'onde microonde de se propager vers la sortie du guide d'ondes 5, la sortie étant l'extrémité du guide d'ondes 5 opposée à celle où est située l'anode mince 4.

[0058] Traditionnellement, un réflecteur ouvert présente un rayon R_R supérieur ou égal à 0,75 fois le rayon R_G du guide d'ondes 5 circulaire pour réfléchir le maximum de la composante radiale du champ électrique de l'onde.

[0059] Le premier réflecteur est positionné à l'intérieur du guide d'ondes 5 à une distance D1 de l'anode mince 4. Cette distance D1 est égale à sensiblement deux fois la distance d_{Ak} qui sépare l'anode mince 4 de la cathode 2, de telle sorte que la cathode virtuelle soit créée et positionnée approximativement à mi-distance entre l'anode mince 4 et le premier réflecteur. Les réflecteurs suivants sont positionnés dans le guide d'ondes au-delà du premier réflecteur, de telle sorte que la même distance D1 sépare deux réflecteurs consécutifs, D1 étant égale à sensiblement deux fois la distance d_{Ak} qui sépare l'anode mince 4 de la cathode 2.

[0060] Le premier réflecteur a pour fonction de réfléchir, comme l'anode mince 4, l'onde émise par la cathode virtuelle. L'onde réfléchie interagit à nouveau avec les électrons et la cathode virtuelle, amplifiant l'onde microonde. Une pseudo-cavité 11, cylindrique, formée entre l'anode mince 4, le premier réflecteur et une paroi interne du guide d'ondes 5 permet de renforcer la puissance de l'onde créée par la cathode virtuelle. Ce renforcement de l'onde contribue à renforcer la mise en paquets des électrons de la cathode virtuelle à la fréquence souhaitée.

[0061] En introduisant une pluralité de réflecteurs dans le dispositif, le mécanisme de renforcement de l'onde microonde et de mise en paquets qui a cours dans la première pseudo-cavité 11 est dupliqué dans les pseudo-cavités 11 suivantes formées par deux réflecteurs successifs (par exemple 8 et 9 sur la figure 2) et le guide d'ondes 5.

[0062] Ainsi les électrons qui franchissent le réflecteur de rang (i) ($1 \leq i \leq N-1$, ou N est le nombre total de réflecteurs présents) créent une (i+1)^{ème} cathode virtuelle dont la fréquence d'oscillation est déterminée par la pseudo-cavité 11 formée par les réflecteurs de rang (i) et (i+1) et la paroi interne du guide d'ondes 5. Cette pseudo-cavité contribue à renforcer l'onde électromagnétique émise par la (i+1)^{ème} cathode virtuelle et la mise en pa-

quets des électrons.

[0063] Si le réflecteur (i+1) est ouvert, l'onde électromagnétique émise par la (i+1)^{ème} cathode virtuelle peut s'écouler dans le guide 5 au-delà du réflecteur (i+1), en direction de la pseudo-cavité voisine, via l'ouverture annulaire 10 présente entre la périphérie du réflecteur (i+1) et la paroi interne du guide d'ondes 5.

[0064] Ce type de dispositif avec réflecteurs permet d'obtenir des performances sensiblement améliorées par rapport aux dispositifs de l'art antérieur sans réflecteur.

[0065] Un dispositif à un seul réflecteur fermé affiche une amélioration de rendement de l'ordre de 4%. L'adjonction d'un deuxième réflecteur, ouvert, conduit à une amélioration de l'ordre de 6%.

[0066] Toutefois, pour un tel dispositif comprenant des réflecteurs, il existe un nombre optimal de réflecteurs au-delà duquel le rendement en puissance décroît.

[0067] Un dispositif générateur d'ondes microondes à cathode virtuelle oscillante selon un exemple de réalisation de l'art antérieur est par exemple représenté sur la figure 2. Dans cet exemple, deux réflecteurs 8, 9, transparents aux électrons et aptes à réfléchir l'onde microonde créée par les cathodes virtuelles (non représentées sur la figure 2 par souci de simplification), sont positionnés dans le guide d'ondes 5, cylindrique. Les réflecteurs sont minces, c'est-à-dire de quelques dixièmes de micromètres, et présentent une forme cylindrique circulaire.

[0068] Le premier réflecteur 8 est fermé et positionné à l'intérieur du guide d'ondes 5 à une distance D1 de l'anode mince 4. Cette distance D1 est égale à sensiblement deux fois la distance d_{Ak} qui sépare l'anode mince 4 de la cathode 2, de telle sorte que la cathode virtuelle soit créée et positionnée approximativement à mi-distance entre l'anode mince 4 et le réflecteur 8.

[0069] Un deuxième réflecteur 9, ouvert, est positionné dans le guide d'ondes au-delà du premier réflecteur fermé 8, de telle sorte que la distance D1 séparant les deux réflecteurs 8 et 9 est égale à sensiblement deux fois la distance d_{Ak} qui sépare l'anode mince 4 de la cathode 2.

EXPOSE GENERAL DE L'INVENTION

[0070] Un dispositif selon un mode de réalisation de l'invention représenté par exemple sur la figure 5 comprend un ensemble de $N \geq 2$ réflecteurs ouverts 9 localisés dans un guide d'ondes 5, réalisés dans un matériau transparent aux électrons et apte à réfléchir une onde microonde créée par des cathodes virtuelles, comme par exemple du mylar aluminisé.

[0071] Tous les réflecteurs 9 sont « ouverts » afin de faciliter la propagation de l'onde émise par les différentes cathodes virtuelles vers la sortie du guide d'ondes 5.

[0072] Le rayon interne R_{R1} du premier réflecteur ouvert 9, localisé après l'anode mince 4 dans le guide d'ondes 5, est préférentiellement égal ou supérieur à 0,75 R_G . Il réfléchit ainsi un maximum de la composante radiale du champ électrique de l'onde et renforce l'onde

microonde émise par la première cathode virtuelle.

[0073] Le rayon interne R_{Ri} des (N-1) réflecteurs ouverts 9 suivants est progressivement réduit, sans limite inférieure. La taille du rayon de chaque réflecteur est possiblement choisie inférieure à $0,75 R_G$. Les modalités de réduction de la taille du rayon des réflecteurs ouverts 9 sont par exemple les suivantes :

- Le rayon R_{RN} du dernier réflecteur 9 (c'est-à-dire de rang $i=N$) est inférieur au rayon R_{R1} du premier réflecteur 9 (c'est-à-dire de rang $i=1$) ;
- Le rayon $R_{R(i+1)}$ du réflecteur 9 de rang (i+1) est inférieur ou égal au rayon R_{Ri} du réflecteur 9 de rang (i), c'est-à-dire du réflecteur directement précédent.

[0074] Par exemple, le dispositif comprend, entre le premier et le dernier réflecteur ouvert 9, une pluralité de réflecteurs ouverts 9, tels qu'un réflecteur de la pluralité de rang (i+1) présente un rayon $R_{R(i+1)}$ inférieur ou égal au rayon R_{Ri} d'un réflecteur de la pluralité de rang (i) directement précédent. Selon certains modes de réalisation, un réflecteur de la pluralité de rang (i) présente un rayon R_{Ri} supérieur au rayon R_{Rj} d'un réflecteur de la pluralité de rang (j>i). Selon un exemple particulier, le rayon $R_{R(i+1)}$ du réflecteur de la pluralité de rang (i+1) est inférieur au rayon R_{Ri} du réflecteur de la pluralité de rang (i) directement précédent, et le rayon $R_{R(i+1)}$ du réflecteur de la pluralité de rang (i+1) est supérieur au rayon R_{RN} du dernier réflecteur 9 et le rayon R_{Ri} du réflecteur de la pluralité de rang (i) est inférieur au rayon R_{R1} du premier réflecteur 9, c'est-à-dire que l'ensemble des N réflecteurs présente alors un rayon strictement décroissant du premier au dernier, par exemple selon une fonction affine ou exponentielle.

[0075] Là où les électrons, en franchissant la cathode virtuelle, reprennent de l'énergie à l'onde microonde qui se propage dans le guide d'ondes 5, le rayon $R_{R(i+1)}$ du réflecteur de rang (i+1) est réduit par rapport au rayon R_{Ri} du réflecteur de rang (i), afin de localiser les électrons au voisinage de l'axe z du guide d'ondes 5 les empêchant d'interagir avec l'onde microonde 7 dans les emplacements où celle-ci présente des amplitudes de champs électromagnétiques maximales. La position moyenne de la cathode virtuelle formée au-delà du réflecteur de rang (i+1) est ainsi éloignée de la zone où l'amplitude de l'onde est forte.

[0076] Les performances d'un tel dispositif sont accrues par rapport à celles d'un Vircator axial classique de l'art antérieur connu (i.e. sans réflecteur), et d'un Vircator axial avec réflecteurs de l'art antérieur connu.

EXEMPLES DÉTAILLÉS DE MODES DE RÉALISATION

[0077] Le comportement d'un Vircator axial comprenant N réflecteurs ouverts 9 selon un mode de réalisation de l'invention, tel que représenté par exemple figure 5 pour N=5, a été simulé. Les configurations simulées com-

prennent 1 à 5 réflecteurs selon le cas, c'est-à-dire N = 1, ... 5, et sont résumées dans le tableau de la figure 7.

[0078] Pour mettre en évidence les propriétés revendiquées, les performances du dispositif simulé selon un mode de réalisation de l'invention sont comparées à celles d'un Vircator axial classique selon l'état de l'art connu (tel que représenté par exemple figure 1, sans réflecteur, i.e. pour N=0), et à celles d'un dispositif témoins comprenant N réflecteurs, tous ouverts et de rayon constant, selon les configurations résumées dans le tableau de la figure 6, et par exemple représenté schématiquement figure 4 pour N=5.

- Selon l'exemple de réalisation de la présente invention simulé, le dispositif est dimensionné de telle sorte que le rayonnement électromagnétique microonde est généré à une fréquence voisine de 3 GHz (gigahertz) pour une tension appliquée à la diode de 500 kV (kilovolts). Le dimensionnement est ainsi le suivant :
 - $d_{Ak} = 23$ mm,
 - $R_C = 45$ mm,
 - Et le guide d'ondes cylindrique 5 est de rayon $R_G = 76$ mm.

[0079] Dans le présent exemple, le guide d'ondes cylindrique 5 présente en outre une longueur de 500 mm.

[0080] Le dispositif selon des modes de réalisation de l'invention comprend N réflecteurs 9 ouverts (N valant entre 1 et 5 selon le cas simulé), situés dans le guide d'ondes cylindrique 5.

[0081] Tous les réflecteurs ouverts 9 sont mis au même potentiel que l'anode 3, 4 et que le guide d'ondes cylindrique 5.

[0082] Comme expliqué précédemment, le premier réflecteur ouvert 9 est positionné de façon à ce que la première cathode virtuelle soit sensiblement au centre de la pseudo-cavité cylindrique 11 formée par l'anode mince 4, ce premier réflecteur ouvert 9 et le guide d'ondes 5. La distance longitudinale D1 qui sépare le premier réflecteur ouvert 9 de l'anode mince 4 est de l'ordre du double de la distance d_{Ak} qui sépare l'anode mince 4 de la cathode 2. De même le réflecteur ouvert 9 de rang (i+1) est positionné de façon à ce que la (i+1)^{ème} cathode virtuelle se forme au centre de la pseudo-cavité formée par le réflecteur 9 ouvert de rang (i), le réflecteur ouvert 9 de rang (i+1) et la paroi interne du guide d'ondes 5. La distance longitudinale qui sépare deux réflecteurs successifs ((i) et (i+1)) est sensiblement égale à la distance D1. Comme le précise la figure 7, dans les dispositifs simulés, les distances D1 valent par exemple 60 mm (la figure 7 indiquant les distances de chaque réflecteur par rapport à l'anode mince 4), le rayon interne R_{R1} du premier réflecteur est supérieur à $0,75 R_G$, et vaut ici 60 mm (soit environ $0,8 R_G$), et les réflecteurs ouverts 9 de rang (i > 1) ont un rayon R_{Ri} inférieur ou égal au rayon R_{R1} du premier réflecteur (celui de rang $i=1$), le dernier réflecteur ayant un rayon R_{RN} inférieur au rayon R_{R1} du

premier réflecteur. En l'occurrence, le rayon R_{R2} du deuxième réflecteur 9 est égal à celui du premier réflecteur (soit 60 mm), c'est-à-dire $R_{R2} = R_{R1} = 60$ mm, le rayon du troisième réflecteur est réduit (par rapport aux deux précédents) à 50 mm (soit environ $0,66 R_G$), le rayon du quatrième réflecteur est maintenu à 50 mm, et le rayon du cinquième réflecteur est réduit à 40 mm, c'est-à-dire environ $0,5 R_G$. Ainsi, au moins le dernier réflecteur a un rayon inférieur à $0,75 R_G$, et en l'occurrence, le rayon d'un réflecteur est inférieur à $0,75 R_G$ à partir du troisième réflecteur. On remarque en outre ici que tous les rayons inférieurs à R_{R1} sont en outre inférieurs à $0,75 R_G$. Dans cet exemple, les rayons des réflecteurs sont égaux deux à deux, dans la mesure du possible puisque le dispositif décrit ici comprend cinq réflecteurs, et lors d'une réduction, les rayons sont réduits d'un pas constant valant ici 10 mm. Il y a ainsi un pas entre le deuxième et le troisième réflecteur, et entre le quatrième et le cinquième réflecteur.

[0083] Pour comparaison des résultats, les dispositifs témoins à N réflecteurs ouverts et de rayon constant sont détaillés dans le tableau de la figure 6, qui précise le nombre, le positionnement par rapport à l'anode mince 4, et le rayon des réflecteurs présents dans les différentes réalisations considérées. Les réflecteurs 9 des dispositifs témoins sont tous ouverts. Leur positionnement est identique à celui du dispositif selon l'invention. Le rayon de chaque réflecteur est quant à lui maintenu constant, à 60 mm, i.e. tous les réflecteurs ouverts 9 des dispositifs témoins présentent des rayons identiques.

[0084] Suite à des simulations, comme le montre la figure 8, par rapport à un Vircator axial classique sans réflecteur ($N=0$) selon l'état de l'art connu (tel que représenté figure 1), le dispositif à 5 réflecteurs selon un mode de réalisation de l'invention ($N=5$, par exemple représenté figure 5) permet de générer un rayonnement microonde de forte puissance (à une fréquence voisine de 3 GHz) avec un rendement en puissance près de 21 fois plus élevé, soit un rendement de 21 % environ.

[0085] Et par rapport à un dispositif témoin avec N réflecteurs 9 ouverts et de rayon constant (par exemple représenté figure 4 avec $N=5$ réflecteurs), le dispositif selon un mode de réalisation de l'invention permet, en réduisant la taille des réflecteurs, d'améliorer le rendement en puissance pour un nombre de réflecteurs supérieur ou égal à 3 ($N \geq 3$), en conservant la fréquence d'émission (ce dernier point étant illustré figure 9). En effet, la figure 8 montre que le rendement optimal d'un dispositif selon un mode de réalisation de l'invention avec cinq réflecteurs ($N=5$) est d'environ 1,6 fois plus élevé que le rendement optimal des dispositifs témoins, c'est-à-dire qu'un Vircator axial comprenant $N=3$ réflecteurs ouverts de rayon constant.

[0086] Bien sûr, la présente invention ne se limite pas à la description précédente, mais s'étend à toute variante dans le cadre des revendications ci-après.

Revendications

1. Dispositif générateur d'ondes microondes à cathode virtuelle oscillante, en configuration axiale, comportant une cathode (2), et une anode mince (4) positionnée à une entrée d'un guide d'ondes cylindrique (5) de rayon R_G , l'anode mince (4) étant située entre la cathode (2) et le guide d'ondes (5), le dispositif comprenant en outre au moins un premier réflecteur ouvert (9) et un dernier réflecteur ouvert (9) localisés dans le guide d'ondes (5), et transparents aux électrons et aptes à réfléchir une onde microonde (7) créée par au moins une cathode virtuelle (6) générée dans le guide d'ondes (5), le premier réflecteur ouvert (9) étant le réflecteur le plus proche de l'anode mince (4), et le dernier réflecteur ouvert (9) étant le réflecteur le plus proche d'une sortie du guide d'ondes (5), le dispositif étant **caractérisé en ce qu'il** comporte une pluralité de réflecteurs ouverts (9), dont le premier et le dernier réflecteur ouvert (9) tels qu'un réflecteur de la pluralité présente un rayon $R_{R(i+1)}$ inférieur ou égal à un rayon R_{Ri} d'un réflecteur de la pluralité directement précédent et **en ce que** le dernier réflecteur ouvert (9) présente un rayon R_{RN} inférieur à un rayon R_{R1} du premier réflecteur ouvert (9).
2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'un** réflecteur de la pluralité de rang (i) présente un rayon R_{Ri} supérieur au rayon R_{Rj} d'un réflecteur de la pluralité de rang (j>i).
3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le rayon $R_{R(i+1)}$ du réflecteur de la pluralité de rang (i+1) est inférieur au rayon R_{Ri} du réflecteur de la pluralité de rang (i) directement précédent, et **en ce que** le rayon $R_{R(i+1)}$ du réflecteur de la pluralité de rang (i+1) est supérieur au rayon R_{RN} du dernier réflecteur (9) et le rayon R_{Ri} du réflecteur de la pluralité de rang (i) est inférieur au rayon R_{R1} du premier réflecteur (9).
4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le rayon R_{R1} du premier réflecteur ouvert (9) est égal ou supérieur à $0,75 R_G$.
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'au** moins le rayon R_{RN} du dernier réflecteur (9) est inférieur à $0,75 R_G$.
6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le rayon R_{RN} du dernier réflecteur (9) est inférieur à $0,5 R_G$.
7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** le rayon R_{R2} d'un deuxième réflecteur (9) est inférieur à $0,5 R_G$.

8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la pluralité de réflecteurs ouverts (9) comporte au moins trois réflecteurs ouverts (9).
9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce qu'**au moins un réflecteur ouvert (9) est réalisé en mylar aluminisé.

Patentansprüche

1. Mikrowellengeneratorvorrichtung mit oszillierender, virtueller Kathode in axialer Konfiguration, umfassend eine Kathode (2), eine dünne Anode (4), die an einem Eintritt eines zylindrischen Wellenleiters (5) mit Radius R_G positioniert ist, wobei die dünne Anode (4) zwischen der Kathode (2) und dem Wellenleiter (5) liegt, wobei die Vorrichtung ferner zu mindestens einen ersten offenen Reflektor (9) und einen letzten offenen Reflektor (9) umfasst, die in dem Wellenleiter (5) angeordnet sind und elektronentransparent und dazu geeignet sind, eine Mikrowelle (7) zu reflektieren, die von einer in dem Wellenleiter (5) erzeugten virtuellen Kathode (6) geschaffen wird, wobei der erste offene Reflektor (9) der näher an der dünnen Anode (4) liegende Reflektor ist und der letzte offene Reflektor (9) der näher an einem Austritt des Wellenleiters (5) liegende Reflektor ist, **dadurch gekennzeichnet ist, dass** sie eine Mehrzahl von offenen Reflektoren (9) umfasst, darunter den ersten und den letzten offenen Reflektor (9), derart, dass ein Reflektor aus der Mehrzahl einen Radius $R_{R(i+1)}$ aufweist, der kleiner oder gleich einem Radius R_{Ri} eines unmittelbar vorausgehenden Reflektors aus der Mehrzahl ist, und dass der letzte offene Reflektor (9) einen Radius R_{RN} aufweist, der geringer als ein Radius R_{R1} des ersten offenen Reflektors (9) ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Reflektor mit dem Rang (i) aus der Mehrzahl einen Radius R_{Ri} aufweist, der größer als der Radius R_{Rj} eines Reflektors mit dem Rang (j>i) aus der Mehrzahl ist.
3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Radius $R_{R(i+1)}$ des Reflektors mit dem Rang (i+1) aus der Mehrzahl kleiner ist als der Radius R_{Ri} des unmittelbar vorausgehenden Reflektors mit dem Rang (i) aus der Mehrzahl, und dass der Radius $R_{R(i+1)}$ des Reflektors mit dem Rang (i+1) aus der Mehrzahl größer ist als der Radius R_{RN} des letzten Reflektors (9), und der Radius R_{Ri} des Reflektors mit dem Rang (i) aus der Mehrzahl kleiner ist als der Radius R_{R1} des ersten Reflektors (9).
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **da-**

durch gekennzeichnet, dass der Radius R_{R1} des ersten offenen Reflektors (9) gleich oder größer als $0,75 R_G$ ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest der Radius R_{RN} des letzten Reflektors (9) kleiner als $0,75 R_G$ ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Radius R_{RN} des letzten Reflektors (9) kleiner als $0,5 R_G$ ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Radius R_{R2} eines zweiten Reflektors (9) kleiner als $0,5 R_G$ ist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mehrzahl von offenen Reflektoren (9) zumindest drei offene Reflektoren (9) umfasst.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein offener Reflektor (9) aus aluminisiertem Mylar gebildet ist.

Claims

1. A microwave wave generator device with a virtual cathode oscillator, in axial configuration, comprising a cathode (2), and a thin anode (4) positioned at an entrance to a cylindrical wave guide (5) of radius R_G , the thin anode (4) being situated between the cathode (2) and the wave guide (5), the device further comprising at least a first open reflector (9) and a last open reflector (9) which are located in the wave guide (5), and transparent to electrons and configured to reflect a microwave wave (7) created by at least one virtual cathode (6) generated in the wave guide (5), the first open reflector (9) being the closest reflector to the thin anode (4), and the last open reflector (9) being the closest reflector to an exit from the wave guide (5), the device being **characterized in that** it comprises a plurality of open reflectors (9), among which are the first and the last open reflector (9) such that a reflector of the plurality has a radius $R_{R(i+1)}$ less than or equal to a radius R_{Ri} of a directly preceding reflector of the plurality and **in that** the last open reflector (9) has a radius R_{RN} less than a radius R_{R1} of the first open reflector (9).
2. A device according to claim 1, **characterized in that** a reflector of the plurality of rank (i) presents a radius R_{Ri} greater than the radius R_{Rj} of a reflector of the plurality of rank (j>i).
3. A device according to any one of claims 1 or 2, **char-**

acterized in that the radius $R_{R(i+1)}$ of the reflector of the plurality of rank (i+1) is less than the radius R_{Ri} of the reflector of the plurality of directly preceding rank (i), and **in that** the radius $R_{R(i+1)}$ of the reflector of the plurality of rank (i+1) is greater than the radius R_{RN} of the last reflector (9) and the radius R_{Ri} of the reflector of the plurality of rank (i) is less than the radius R_{R1} of the first reflector (9). 5

4. A device according to any one of claims 1 to 3, **characterized in that** the radius R_{R1} of the first open reflector (9) is equal to or greater than $0.75 R_G$. 10
5. A device according to any one of claims 1 to 4, **characterized in that** at least the radius R_{RN} of the last reflector (9) is less than $0.75 R_G$. 15
6. A device according to any one of claims 1 to 5, **characterized in that** the radius R_{RN} of the last reflector (9) is less than $0.5 R_G$. 20
7. A device according to any one of claims 1 to 6, **characterized in that** the radius R_{R2} of a second reflector (9) is less than $0.5 R_G$. 25
8. A device according to any one of claims 1 to 7, **characterized in that** the plurality of open reflectors (9) comprises at least three open reflectors (9).
9. A device according to any one of claims 1 to 8, **characterized in that** at least one open reflector (9) is formed from aluminized mylar. 30

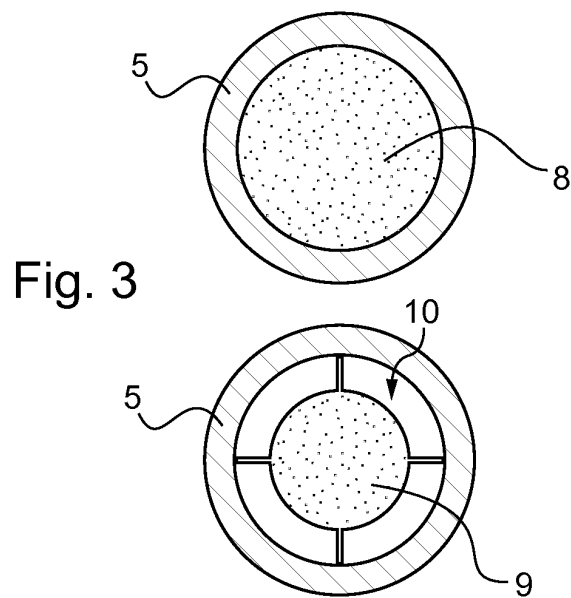
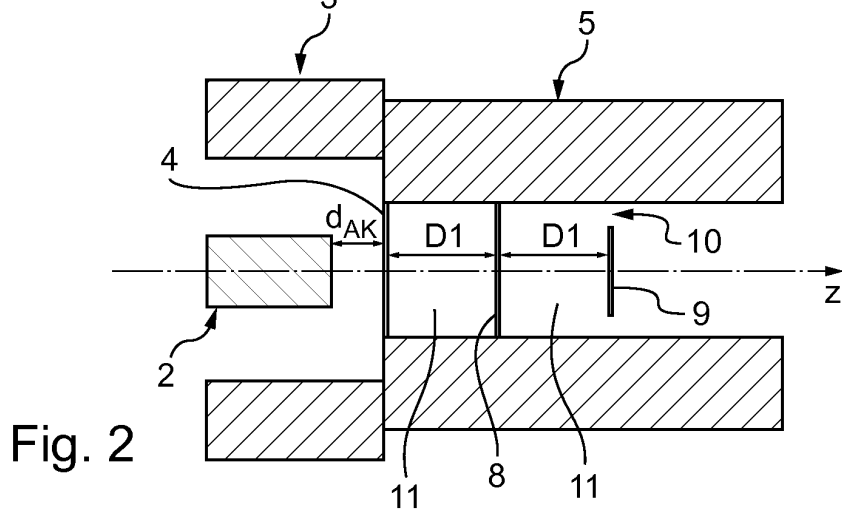
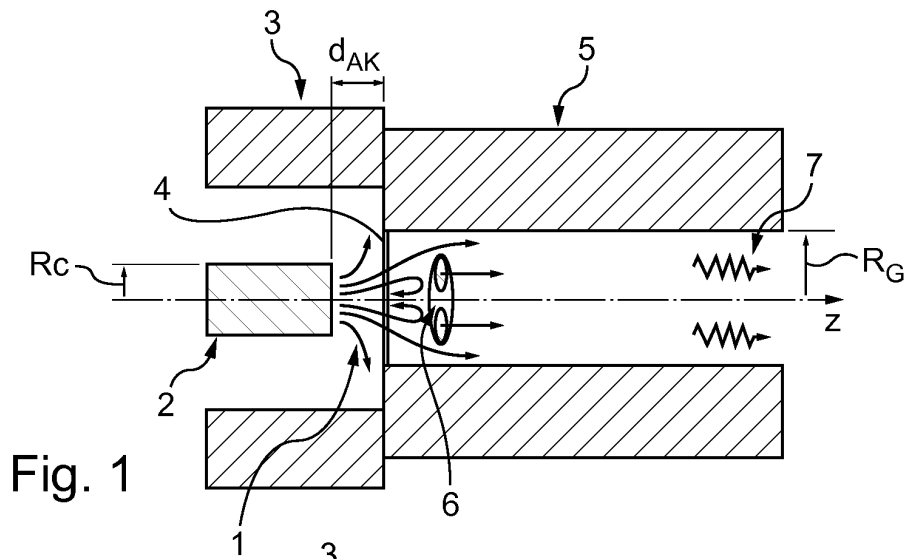
35

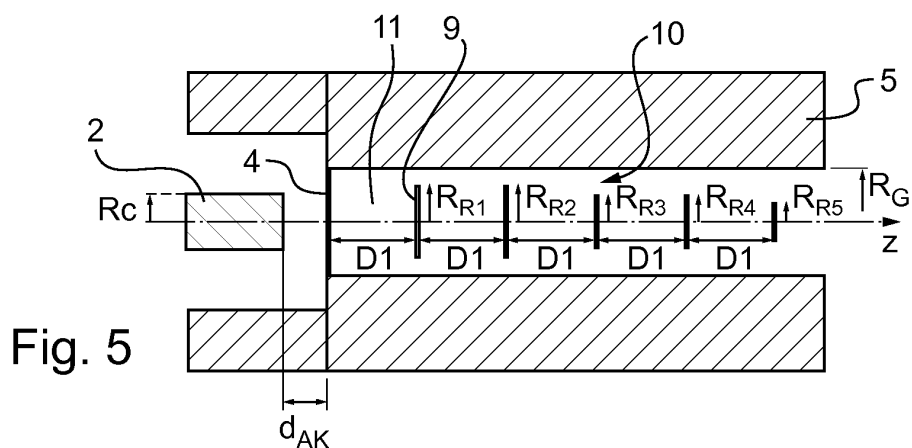
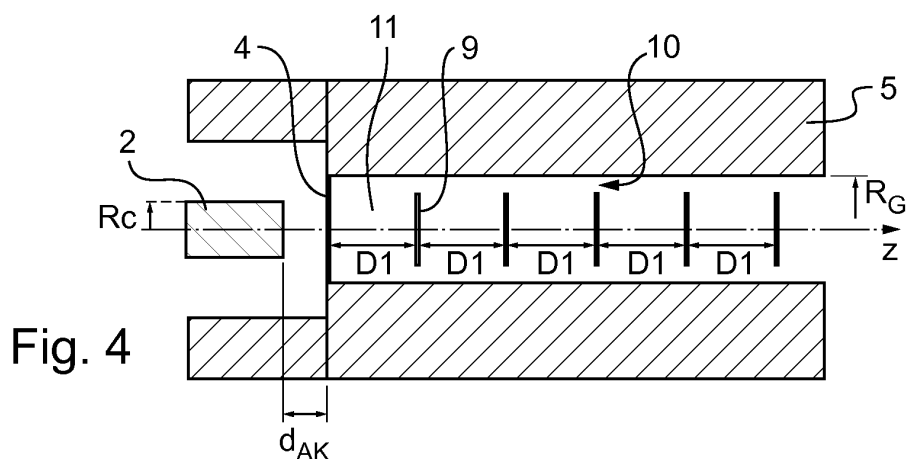
40

45

50

55





Virator axial avec réflecteurs « ouverts » de rayon constant										
réflecteurs	#1		#2		#3		#4		#5'	
nombre	Position [mm]	Rayon [mm]	Position [mm]	Rayon [mm]	Position [mm]	Rayon [mm]	Position [mm]	Rayon [mm]	Position [mm]	Rayon [mm]
1	60	60								
2	60	60	120	60						
3	60	60	120	60	180	60				
4	60	60	120	60	180	60	240	60		
5	60	60	120	60	180	60	240	60	300	60

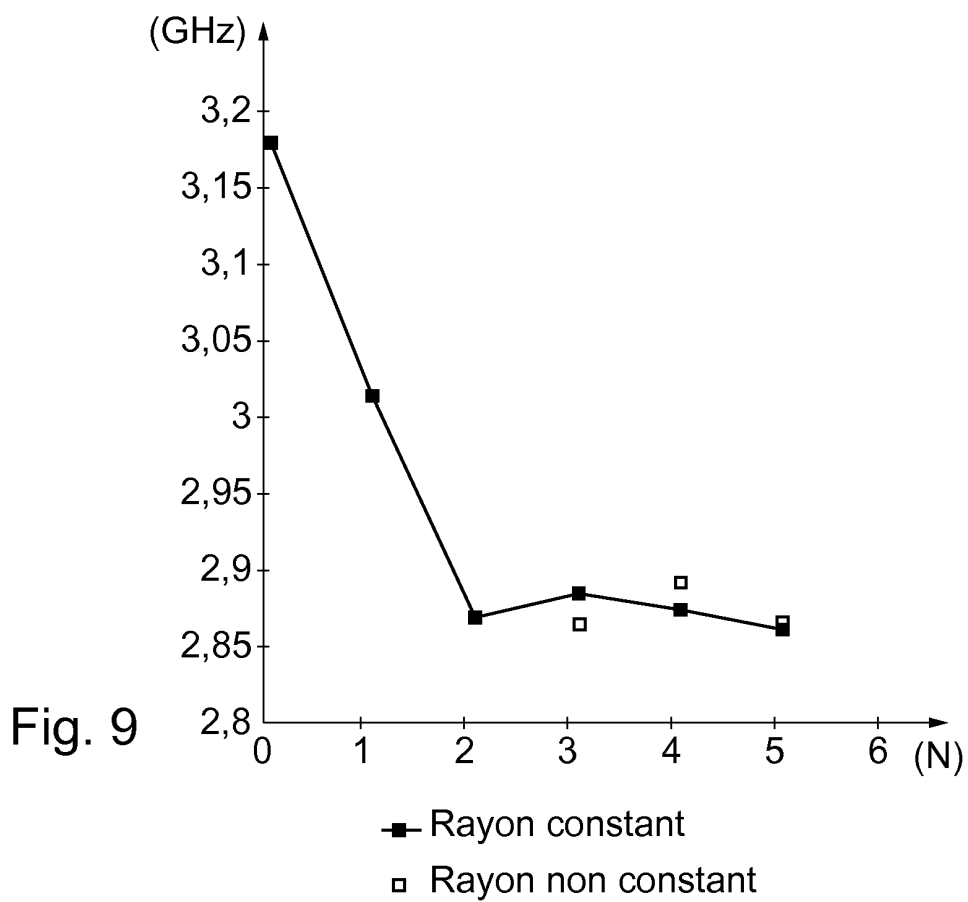
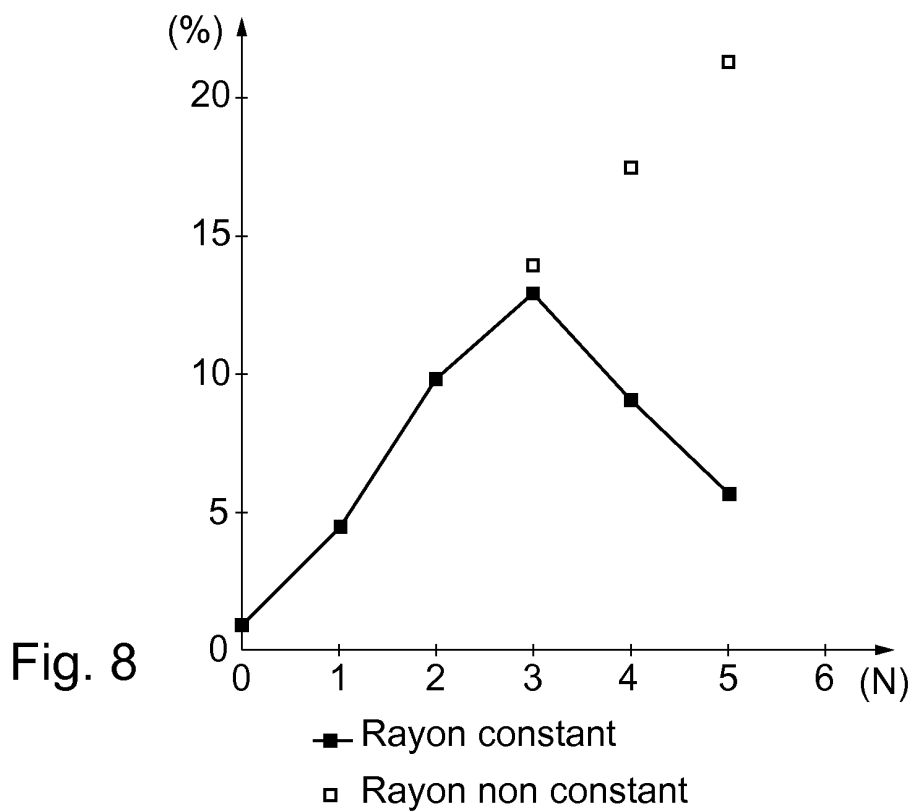
distance anode - réflecteur

Fig. 6

Virator axial avec réflecteurs « ouverts » de rayon décroissant										
réflecteurs	#1		#2		#3		#4		#5	
nombre	Position [mm]	Rayon [mm]	Position [mm]	Rayon [mm]	Position [mm]	Rayon [mm]	Position [mm]	Rayon [mm]	Position [mm]	Rayon [mm]
1	60	60								
2	60	60	120	60						
3	60	60	120	60	180	50				
4	60	60	120	60	180	50	240	50		
5	60	60	120	60	180	50	240	50	300	40

distance anode - réflecteur

Fig. 7



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

- WO 2006037918 A [0006]