



(11) **EP 1 815 492 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
02.09.2009 Bulletin 2009/36

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

(21) Numéro de dépôt: **05810745.9**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2005/050802

(22) Date de dépôt: **03.10.2005**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2006/037918 (13.04.2006 Gazette 2006/15)

(54) **DISPOSITIF GENERATEUR D'ONDES HYPERFREQUENCES A CATHODE VIRTUELLE OSCILLANTE**

MIKROWELLENGENERATOR MIT OSZILLIERENDER VIRTUELLER KATHODE

MICROWAVE GENERATING DEVICE WITH OSCILLATING VIRTUAL CATHODE

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**

(30) Priorité: **05.10.2004 FR 0452264**

(43) Date de publication de la demande:
08.08.2007 Bulletin 2007/32

(73) Titulaire: **COMMISSARIAT A L'ENERGIE
ATOMIQUE
75015 Paris (FR)**

(72) Inventeurs:
• **FAURE, Jean-Louis
F-91360 VILLEMOISSON SUR ORGE (FR)**
• **GOUARD, Philippe
F-91330 YERRES (FR)**

(74) Mandataire: **Poulin, Gérard
Société BREVATOME
3, rue du Docteur Lancereaux
75008 Paris (FR)**

(56) Documents cités:
US-A- 4 553 068 US-A- 5 113 154

- **XUPENG CHEN ET AL INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS: "Cavity resonance effect on a coaxial vircator" 14TH. INTERNATIONAL PULSED POWER CONFERENCE. PPC-2003. DIGEST OF TECHNICAL PAPERS. DALLAS, TX, JUNE 15 - 18, 2003, IEEE PULSED POWER CONFERENCE, NEW YORK, NY : IEEE, US, vol. VOL. 2 OF 2. CONF. 14, 15 juin 2003 (2003-06-15), pages 1165-1168, XP010690864 ISBN: 0-7803-7915-2**
- **MANKOWSKI J ET AL INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS: "Efficiency results from a coaxial vircator using a simple feedback technique" 14TH. INTERNATIONAL PULSED POWER CONFERENCE. PPC-2003. DIGEST OF TECHNICAL PAPERS. DALLAS, TX, JUNE 15 - 18, 2003, IEEE PULSED POWER CONFERENCE, NEW YORK, NY : IEEE, US, vol. VOL. 2 OF 2. CONF. 14, 15 juin 2003 (2003-06-15), pages 455-458, XP010690504 ISBN: 0-7803-7915-2**
- **EUN-HA CHOI ET AL: "High-Power Microwave Generation from an Axially Extracted Virtual Cathode Oscillator" IEEE TRANSACTIONS ON PLASMA SCIENCE, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 28, no. 6, décembre 2000 (2000-12), XP011045674 ISSN: 0093-3813**
- **MITSUYASU YATSUZUKA ET AL: "Plasma Effects on Electron Beam Focusing and Microwave Emission in a Virtual Cathode Oscillator" IEEE TRANSACTIONS ON PLASMA SCIENCE, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 26, no. 4, août 1998 (1998-08), XP011045117 ISSN: 0093-3813**

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).

EP 1 815 492 B1

Description

Domaine technique et art antérieur :

[0001] La présente invention concerne un dispositif générateur d'ondes hyperfréquences à cathode virtuelle oscillante.

[0002] Un dispositif générateur d'ondes hyperfréquences à cathode virtuelle oscillante de l'art antérieur, communément appelé vircator (vircator pour « VIRTual CATHode oscillaTOR »), est représenté aux figures 1 à 3.

[0003] Le vircator comprend une diode constituée d'une cathode 2 et d'une anode 3, 4 et un guide d'onde cylindrique 5. L'anode est constituée d'une armature épaisse 3 et d'une feuille mince ou anode mince 4. Ce type de dispositif est connu pour produire des impulsions hyperfréquences de forte puissance.

[0004] A cette fin, une différence de potentiel dont l'amplitude croît en fonction du temps est appliquée aux bornes des deux électrodes de la diode. Au cours d'une première phase, un faisceau d'électrons 1 d'intensité croissante est émis par la cathode 2. Le faisceau d'électrons 1 s'écoule de façon laminaire selon l'axe ZZ du guide d'onde 5 (cf. figure 1). Lorsque la tension appliquée à la diode atteint une valeur de seuil, le faisceau commence à se pincer sous l'effet de son champ magnétique (cf. figure 2). Ce pincement résulte de l'annulation, au niveau de l'anode 4, des composantes transverses du champ électrique par rapport à l'axe ZZ. Alors que la tension continue à croître, le pincement du faisceau devient si fort et la densité électronique si élevée que le faisceau d'électrons ne peut plus se propager correctement dans le guide d'onde 5. Une accumulation de charges 6, communément appelée cathode virtuelle, se forme alors derrière l'anode mince 4 (cf. figure 3). La cathode virtuelle 6 dévie alors de nombreux électrons jusqu'à renvoyer certains d'entre eux (électrons E sur la figure 3) vers la cathode 2, à travers l'anode 4. Tout en se rapprochant de l'anode 4, la cathode virtuelle 6 accroît sa quantité de charges jusqu'au moment où elle éclate sous l'effet de sa charge d'espace et une nouvelle cathode virtuelle 6 se reconstitue un peu plus loin dans le guide d'onde 5. C'est ce principe d'oscillation de la cathode virtuelle 6 qui est à l'origine de l'émission d'une onde hyperfréquence 7.

[0005] La cathode virtuelle 6 oscille autour d'une position moyenne qui se situe à une distance de l'anode mince 4 égale à la distance qui sépare l'anode mince 4 de la cathode 2. Les électrons E qui sont renvoyés par la cathode virtuelle 6 vers l'anode 4 reviennent dans la diode, sont modulés par cette dernière à la fréquence de l'onde hyperfréquence et modulent légèrement à leur tour le faisceau d'électrons accélérés 1 dans l'espace cathode-anode. Ces électrons rétro-diffusés sont freinés entre l'anode 4 et la cathode 2 et sont déviés vers l'armature de l'anode 3. Les électrons qui franchissent la cathode virtuelle reprennent en moyenne de l'énergie à l'onde qui se propage dans le guide 5, diminuant ainsi son intensité.

[0006] Le dimensionnement d'un vircator de l'art connu va maintenant être explicité.

[0007] La fréquence f de l'onde émise (exprimée en GHz) est estimée à partir de la distance d (exprimée en cm) qui sépare la cathode 2 de l'anode mince 4 et du facteur relativiste γ du faisceau d'électrons 1 par la formule suivante :

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

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

[0008] L'onde ayant une symétrie axiale de révolution évolue dans des modes dits transverses magnétiques TM_{0n} (la composante axiale de son champ magnétique est nulle). Pour qu'elle se propage à l'intérieur du guide circulaire 5 dans le seul mode fondamental TM_{01} , il faut que le rayon R du guide d'onde 5 soit supérieur à la longueur d'onde de coupure du mode TM_{01} et inférieur à celui du mode suivant TM_{02} . L'équation ci-dessous rend compte de ces conditions de propagation :

$$\frac{2\pi c}{k_{01} f} \leq R \leq \frac{2\pi c}{k_{02} f} \quad (2)$$

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

[0009] La longueur du guide d'onde 5 doit être égale à plusieurs fois la longueur d'onde λ de l'onde électromagnétique 7 ($\lambda=c/f$).

[0010] Un meilleur fonctionnement du couplage cathode virtuelle - onde électromagnétique est obtenu lorsque la

position moyenne de la cathode virtuelle 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} , le rayon r de la cathode 2 doit alors vérifier la relation suivante :

$$R \geq r \geq \frac{1,8412 R}{k_{01}} \approx 0,75 R \quad (3)$$

[0011] Le dispositif décrit ci-dessus est de conception simple et son fonctionnement est robuste. 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.

[0012] L'invention ne présente pas ces inconvénients.

[0013] Un dispositif générateur d'ondes hyperfréquences à cathode virtuelle oscillante est décrit dans US-4553068;

Eun-Ha Choi "High-Power Microwave Generation from an Axially Extracted Virtual Cathode Oscillator", IEEE 2000;

Mitsuyasu Yatsuzuka, "Plasma Effects on Electron Beam Focusing and Microwave Emission in a Virtual Cathode Oscillator", IEEE 1998; et

US-5113154.

[0014] L'utilisation d'un réflecteur dans un vircator coaxial est décrit dans Xupeng Chen, "Cavity resonance effect on a coaxial vircator", IEEE 2003; et J. Mankowski, "Efficiency results from a coaxial vircator using a simple feedback technique", IEEE 2003.

Exposé de l'invention :

[0015] En effet, l'invention concerne un dispositif générateur d'ondes hyperfréquences comprenant une diode constituée d'une anode et d'une cathode et apte à créer une cathode virtuelle par accumulation d'électrons qui se propagent sensiblement selon un axe longitudinal d'un guide d'ondes circulaire apte à propager, selon ledit axe longitudinal, une onde hyperfréquence émise par oscillation de la cathode virtuelle, **caractérisé en ce qu'il** comprend un premier réflecteur transparent aux électrons et réfléchissant l'onde hyperfréquence et situé dans le guide d'ondes de façon que la cathode virtuelle soit positionnée entre l'anode et le premier réflecteur.

[0016] Selon une caractéristique supplémentaire de l'invention, le premier réflecteur est positionné à l'intérieur du guide d'ondes à une distance de l'anode égale à sensiblement deux fois la distance qui sépare l'anode de la cathode.

[0017] Selon encore une caractéristique supplémentaire de l'invention, le premier réflecteur ferme entièrement une section droite du guide.

[0018] Selon encore une caractéristique supplémentaire de l'invention, le premier réflecteur ferme une section droite du guide sur une partie centrale de ladite section droite de sorte qu'une ouverture sensiblement annulaire soit présente entre le réflecteur et la paroi du guide.

[0019] Selon encore une caractéristique supplémentaire de l'invention, la partie centrale du premier réflecteur qui ferme la section droite du guide a un rayon supérieur ou égal à sensiblement 0,75 fois le rayon interne du guide circulaire.

[0020] Selon encore une caractéristique supplémentaire de l'invention, le premier réflecteur est réalisé en mylar aluminisé.

[0021] Selon encore une caractéristique supplémentaire de l'invention, le dispositif comprend un ensemble de N réflecteurs supplémentaires placés dans le guide d'ondes, N étant un entier supérieur ou égal à 1, chaque réflecteur supplémentaire étant un réflecteur ouvert ou fermé transparent aux électrons et réfléchissant l'onde hyperfréquence, le réflecteur supplémentaire de rang i ($i=1, 2, \dots, N$) étant situé, dans le guide d'ondes, au-delà du premier réflecteur de sorte que la distance entre deux réflecteurs successifs soit sensiblement égale à deux fois la distance qui sépare l'anode de la cathode.

[0022] Selon encore une caractéristique supplémentaire de l'invention, dans le cas d'un réflecteur ouvert, la partie centrale du réflecteur ouvert ferme la section droite du guide sur un rayon supérieur ou égal à sensiblement 0,75 fois le rayon du guide circulaire.

[0023] Selon encore une caractéristique supplémentaire de l'invention, chaque réflecteur supplémentaire est réalisé en mylar aluminisé.

[0024] Le dispositif générateur d'ondes hyperfréquences à cathode virtuelle selon l'invention permet d'obtenir des performances très sensiblement améliorées par rapport aux performances des dispositifs de l'art connu. L'onde hyper-

fréquence émise est de meilleure qualité spectrale et le rendement de conversion est très sensiblement amélioré.

Brève description des figures

[0025] D'autres caractéristiques préférées et avantages de l'invention apparaîtront à la lumière de la description qui va suivre faite en référence aux figures jointes, parmi lesquelles :

- les figures 1 à 3 représentent un vircator en fonctionnement selon l'art connu ;
- la figure 4 représente une vue longitudinale d'un exemple de dispositif générateur d'ondes hyperfréquences à cathode virtuelle selon l'invention ;
- la figure 5 représente une première vue en coupe du dispositif générateur d'ondes hyperfréquences à cathode virtuelle de la figure 4 ;
- la figure 6 représente une deuxième vue en coupe du dispositif générateur d'ondes hyperfréquences à cathode virtuelle de la figure 4.

Description détaillée de modes de réalisation de l'invention

[0026] Les figures 1 à 3 ont été décrites précédemment. Il est donc inutile d'y revenir.

[0027] La figure 4 représente une vue longitudinale d'un exemple de dispositif générateur d'ondes hyperfréquences à cathode virtuelle selon l'invention. En plus des éléments décrits en référence aux figures 1 à 3, le dispositif comprend deux éléments réflecteurs 8 et 9 situés dans le guide d'ondes 5. Les réflecteurs 8 et 9 sont transparents aux électrons et aptes à réfléchir les ondes électromagnétiques générées dans le guide d'ondes. Ils sont réalisés, par exemple, en mylar aluminisé. A titre d'exemple non limitatif, le premier réflecteur 8, qui est le plus proche de l'anode mince 4, ferme sur toute sa surface une section droite du guide d'ondes 5 (cf. figure 5) alors que le deuxième réflecteur 9 ne ferme qu'une fraction centrée de section droite du guide d'ondes (cf. figure 6), laissant ainsi une ouverture sensiblement annulaire 10 entre sa périphérie et la paroi du guide. Dans la suite de la description, l'expression « réflecteur fermé » sera utilisée pour un réflecteur qui ferme sur toute sa surface une section droite du guide d'ondes et l'expression « réflecteur ouvert » pour tout réflecteur qui ne ferme qu'une fraction centrée de section droite du guide, laissant une ouverture sensiblement annulaire entre sa périphérie et la paroi interne du guide.

[0028] Le premier réflecteur 8 est positionné de façon que la cathode virtuelle 6 soit sensiblement au centre de la cavité cylindrique formée par l'anode mince 4, le guide d'ondes 5 et le premier réflecteur 8. La distance D1 qui sépare le premier réflecteur 8 de l'anode mince 4 est alors sensiblement égale au double de la distance d qui sépare l'anode mince 4 de la cathode 2. De même, la distance D2 qui sépare le deuxième réflecteur 9 du premier réflecteur 8 est sensiblement égale à la distance D1.

[0029] Le premier réflecteur 8 a pour fonction de réfléchir l'onde créée par la cathode virtuelle 6. L'onde réfléchie vient alors interagir à nouveau avec les électrons et la cathode virtuelle 6, accroissant l'onde hyperfréquence. La cavité cylindrique formée par le premier réflecteur fermé 8, l'anode mince 4 et le guide d'ondes 5 permet ainsi de renforcer la puissance de l'onde créée par la cathode virtuelle 6. Ce renforcement de la puissance de l'onde contribue à renforcer la mise en paquet des électrons de la cathode virtuelle à la fréquence d'oscillation souhaitée. Les électrons qui franchissent le premier réflecteur 8 pour se diriger vers le deuxième réflecteur 9 créent alors une deuxième cathode virtuelle dont la fréquence d'oscillation est optimisée dans la pseudo cavité constituée par le premier réflecteur 8, le guide d'ondes 5 et le deuxième réflecteur 9. L'onde électromagnétique émise par cette deuxième cathode virtuelle peut alors se propager dans le guide d'ondes 5, via l'ouverture sensiblement annulaire 10.

[0030] Le dispositif de l'invention selon l'exemple donné aux figures 4 à 6 comprend un premier réflecteur 8 fermé et un deuxième réflecteur 9 ouvert. De façon plus générale, le dispositif de l'invention comprend au moins un réflecteur fermé ou ouvert.

[0031] Quel que soit son mode de réalisation, le dispositif de l'invention permet une amélioration très sensible du rendement. Un dispositif à un seul réflecteur fermé conduit à une amélioration du rendement de l'ordre de 4%. Un dispositif à deux réflecteurs tel que celui représenté aux figures 4 à 6 conduit à une amélioration du rendement de l'ordre de 6%, l'adjonction de réflecteurs pouvant encore accroître le rendement.

[0032] De façon générale, les réflecteurs peuvent être fermés ou ouverts. Dans le cas d'une pluralité de réflecteurs, le réflecteur le plus éloigné de l'anode est préférentiellement ouvert, afin de permettre plus facilement à l'onde de se propager dans le guide. La distance entre les réflecteurs et celle entre l'anode mince et le premier réflecteur est sensiblement égale à deux fois la distance d entre anode et cathode. Le rayon interne d'un réflecteur ouvert est préférentiellement supérieur à $0,75 R$ pour réfléchir le maximum de la composante radiale du champ électrique de l'onde (cf. équation (3)).

[0033] Il faut également noter l'existence d'une autre pseudo cavité ouverte constituée par la diode, entre la cathode 2 et l'anode 3, 4. Si la fréquence fondamentale de résonance de cette autre pseudo cavité est identique à celle créée

dans le guide d'onde où se trouvent les réflecteurs, le rendement est encore meilleur.

[0034] Le dispositif de l'invention peut avantageusement être utilisé dans de nombreuses configurations parmi lesquelles on peut citer :

- plusieurs vircators en phase couplés entre eux ;
- une structure maître/esclave(s) dans laquelle un ou plusieurs magnétrons ou klystrons relativistes en phase couplés entre eux (les esclaves) sont déclenchés par un vircator externe (le maître) ;
- un vircator alimenté par une source de rayonnement externe dans la région de la diode qui favorise la mise en paquets du faisceau d'électrons.

Revendications

1. Dispositif générateur d'ondes hyperfréquences comprenant une diode (4,2) constituée d'une anode (4) et d'une cathode (2) et apte à créer une cathode virtuelle (6) par accumulation d'électrons qui se propagent sensiblement selon un axe longitudinal (zz) d'un guide d'onde circulaire (5) apte à propager, selon ledit axe longitudinal, une onde hyperfréquence émise par oscillation de la cathode virtuelle (6), **caractérisé en ce qu'il** comprend un premier réflecteur (8) transparent aux électrons et réfléchissant l'onde hyperfréquence et situé dans le guide d'ondes (5) de façon que la cathode virtuelle (6) soit positionnée entre l'anode (4) et le premier réflecteur (8).
2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le premier réflecteur est positionné à l'intérieur du guide d'ondes (5) à une distance (D1) de l'anode (4) égale à sensiblement deux fois la distance (d) qui sépare l'anode (4) de la cathode (2).
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le premier réflecteur (8) ferme entièrement une section droite du guide (5).
4. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le premier réflecteur (8) ferme une section droite du guide (5) sur une partie centrale de ladite section droite de sorte qu'une ouverture sensiblement annulaire soit présente entre le réflecteur et la paroi du guide (5).
5. Dispositif selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la partie centrale du premier réflecteur (8) qui ferme la section droite du guide a un rayon supérieur ou égal à sensiblement 0,75 fois le rayon interne du guide circulaire (5).
6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le premier réflecteur est réalisé en mylar aluminisé.
7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comprend un ensemble de N réflecteurs supplémentaires (9) placés dans le guide d'ondes (5), N étant un entier supérieur ou égal à 1, chaque réflecteur supplémentaire (9) étant un réflecteur ouvert ou fermé transparent aux électrons et réfléchissant l'onde hyperfréquence, le réflecteur supplémentaire de rang i (i=1, 2, ..., N) étant situé, dans le guide d'ondes (5), au-delà du premier réflecteur (8) de sorte que la distance entre deux réflecteurs successifs soit sensiblement égale à deux fois la distance (d) qui sépare l'anode (4) de la cathode (2).
8. Dispositif selon la revendications 7, **caractérisé en ce que**, dans le cas d'un réflecteur ouvert, la partie centrale du réflecteur ouvert ferme la section droite du guide sur un rayon supérieur ou égal à sensiblement 0,75 fois le rayon du guide circulaire (5).
9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 ou 8, **caractérisé en ce que** chaque réflecteur supplémentaire (9) est réalisé en mylar aluminisé.

Claims

1. Microwave generating device comprising a diode (4, 2) consisting of an anode (4) and a cathode (2) and able to create a virtual cathode (6) by accumulating electrons which propagate substantially along a longitudinal axis (zz) of a circular waveguide (5) able to propagate, along said longitudinal axis, a microwave emitted by oscillation of the virtual cathode (6), **characterised in that** it comprises a first reflector (8) which is transparent to electrons, reflects

the microwave and is arranged in the waveguide (5) in such a way that the virtual cathode (6) is positioned between the anode (4) and the first reflector (8).

2. Device according to claim 1, **characterised in that** the first reflector is arranged inside the waveguide (5) at a distance (D1) from the anode (4) which is substantially equal to twice the distance (d) which separates the anode (4) from the cathode (2).
3. Device according to either claim 1 or claim 2, **characterised in that** the first reflector (8) completely closes a cross-section of the guide (5).
4. Device according to either claim 1 or claim 2, **characterised in that** the first reflector (8) closes a cross-section of the guide (5) over a central portion of said cross-section in such a way that a substantially annular opening is formed between the reflector and the wall of the guide (5).
5. Device according to claim 4, **characterised in that** the central portion of the first reflector (8) which closes the cross-section of the guide has a radius which is greater than or equal to substantially 0.75 times the inner radius of the circular guide (5).
6. Device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the first reflector is made of aluminised mylar.
7. Device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** it comprises a set of N additional reflectors (9) arranged inside the waveguide (5), N being an integer greater than or equal to 1, each additional reflector (9) being an open or closed reflector which is transparent to electrons and reflects the microwave, the additional reflector of row i (i = 1, 2, ..., N) being arranged, in the waveguide (5), beyond the first reflector (8) in such a way that the distance between two successive reflectors is substantially equal to twice the distance (d) which separates the anode (4) from the cathode (2).
8. Device according to claim 7, **characterised in that** if the reflector is open, the central portion of the open reflector closes the cross-section of the guide over a radius which is greater than or equal to substantially 0.75 times the radius of the circular guide (5).
9. Device according to either claim 7 or claim 8, **characterised in that** each additional reflector (9) is made of aluminised mylar.

Patentansprüche

1. Mikrowellengenerator-Vorrichtung mit einer Diode (4, 2), gebildet durch eine Anode (4) und eine Kathode (2) und fähig, eine virtuelle Kathode (6) zu kreieren durch Akkumulation von Elektronen, die sich im Wesentlichen gemäß einer Längsachse (ZZ) eines zirkularen Wellenleiters (5) fortpflanzen, der geeignet ist zur Fortpflanzung einer durch Oszillation der virtuellen Kathode (6) emittierten Mikrowelle gemäß der genannten Längsachse, **dadurch gekennzeichnet, dass** er einen ersten Reflektor (8) umfasst, der für die Elektronen transparent ist und die Mikrowelle reflektiert und so in dem Wellenleiter (5) angeordnet ist, dass sich die virtuelle Kathode (6) zwischen der Anode (4) und dem ersten Reflektor (8) befindet.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Reflektor sich innerhalb des Wellenleiters (5) befindet, mit einem Abstand (D1) von der Anode (4), der im Wesentlichen zweimal so groß ist wie der Abstands (d), der die Anode (4) von der Kathode (2) trennt.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Reflektor (8) einen geraden Querschnitt des Leiters (5) ganz verschließt.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Reflektor (8) einen geraden Querschnitt des Leiters (5) in einem zentralen Teil des genannten geraden Querschnitts so verschließt, dass zwischen dem Reflektor und der Wand des Leiters (5) eine im Wesentlichen ringförmige Öffnung vorhanden ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zentrale Teil des ersten Reflektors (8), der den

geraden Querschnitt des Leiters verschließt, einen Radius hat, der größer als der Innenradius des zirkularen Leiters (5) oder im Wesentlichen gleich 0,75-mal so groß ist.

5 6. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Reflektor aus aluminiumbeschichtetem Mylar ist.

10 7. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Gruppe von N zusätzlichen Reflektoren (9) umfasst, angeordnet in dem Wellenleiter (5), wobei N eine Ganzzahl größer oder gleich 1 ist, jeder zusätzliche Reflektor (9) ein offener oder geschlossener, für Elektronen transparenter und die Mikrowelle reflektierender Reflektor ist, der zusätzliche Reflektor des Rangs i ($i=1, 2, \dots, N$) sich in dem Wellenleiter befindet, jenseits des ersten Reflektors (8), so dass der Abstand zwischen zwei sukzessiven Reflektoren im Wesentlichen gleich zweimal so groß wie der Abstand (d) ist, der die Anode (4) von der Kathode (2) trennt.

15 8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Falle eines offenen Reflektors der zentrale Teil des offenen Reflektors den geraden Querschnitt des Leiters über einen Radius verschließt, der größer als der Radius des zirkularen Leiters (5) oder im Wesentlichen gleich 0,75-mal so groß ist.

20 9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder zusätzliche Reflektor (9) aus aluminiumbeschichtetem Mylar ist.

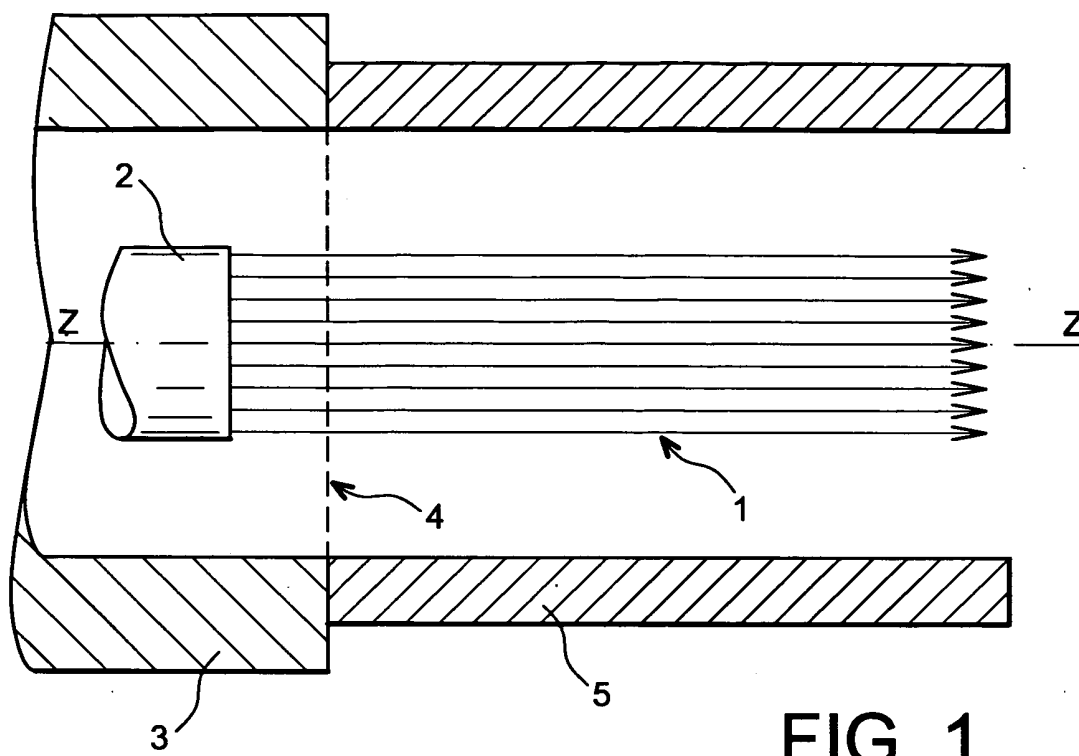


FIG. 1

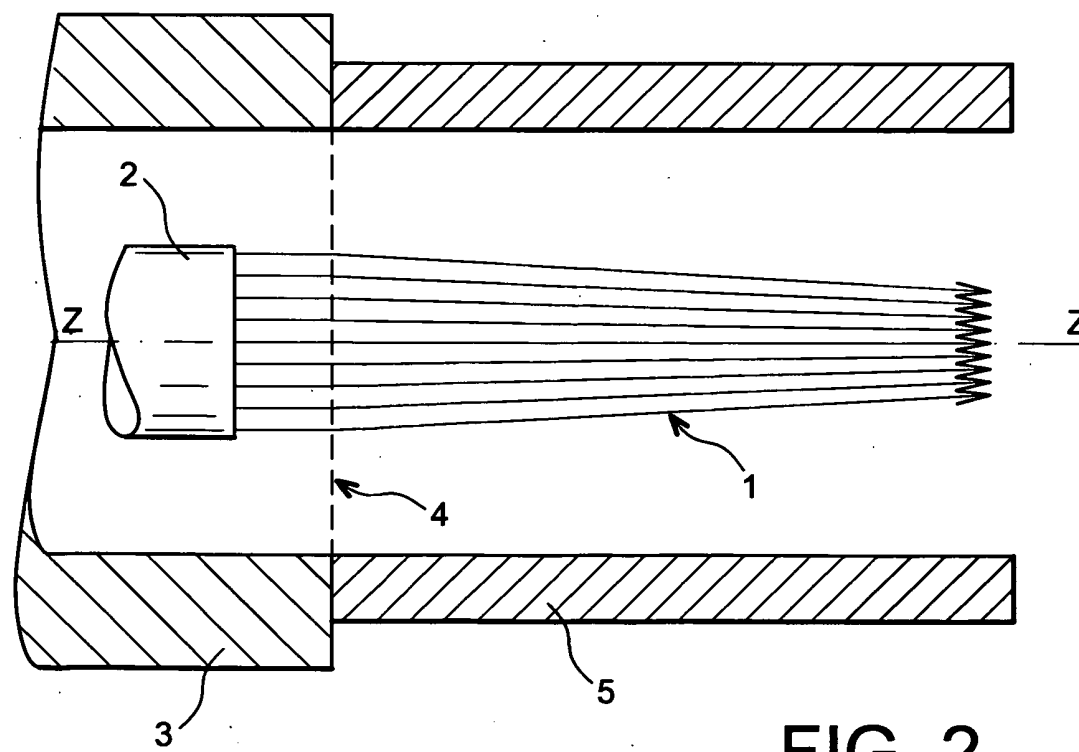


FIG. 2

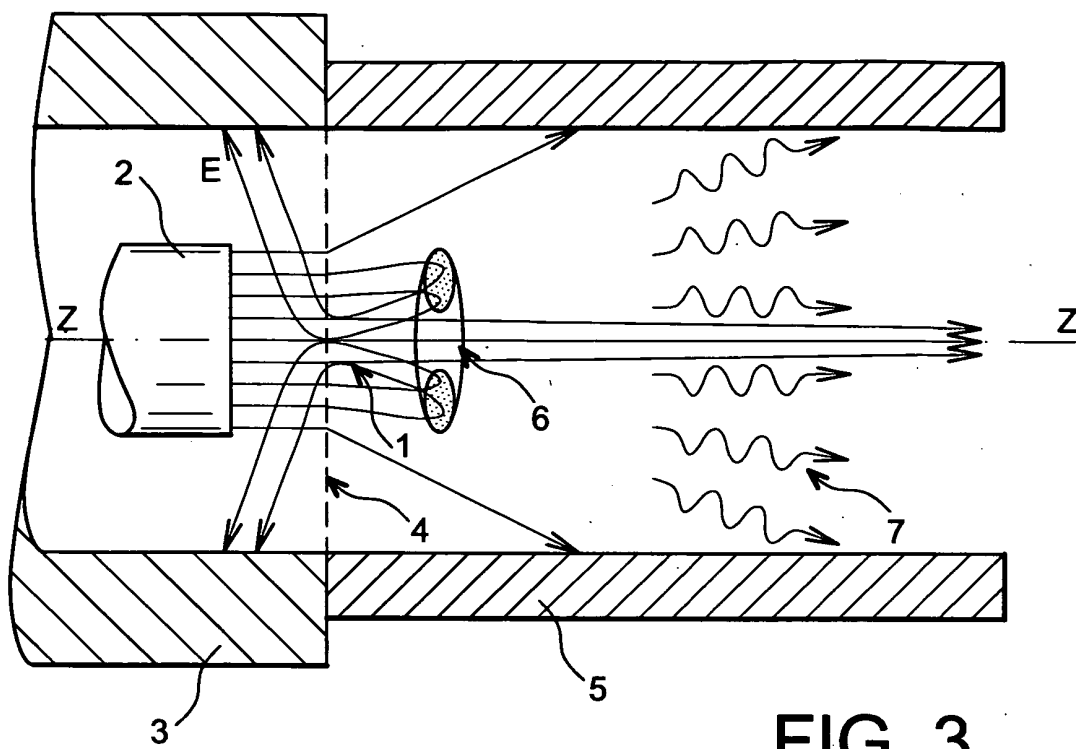


FIG. 3

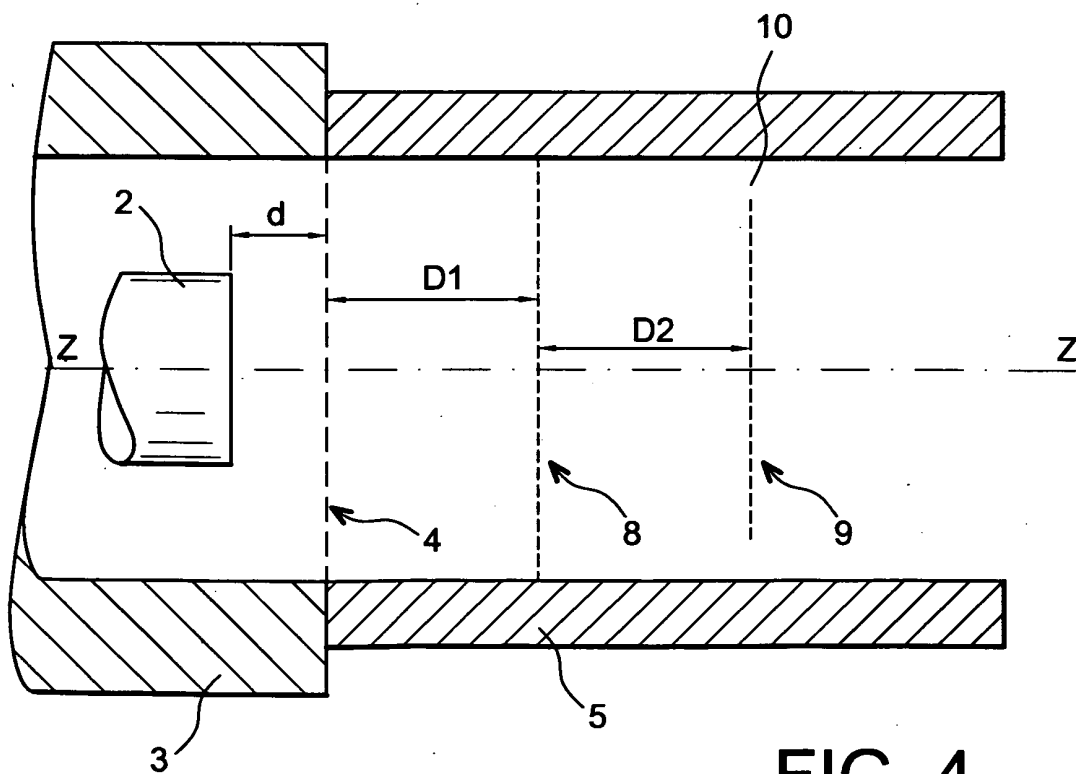


FIG. 4

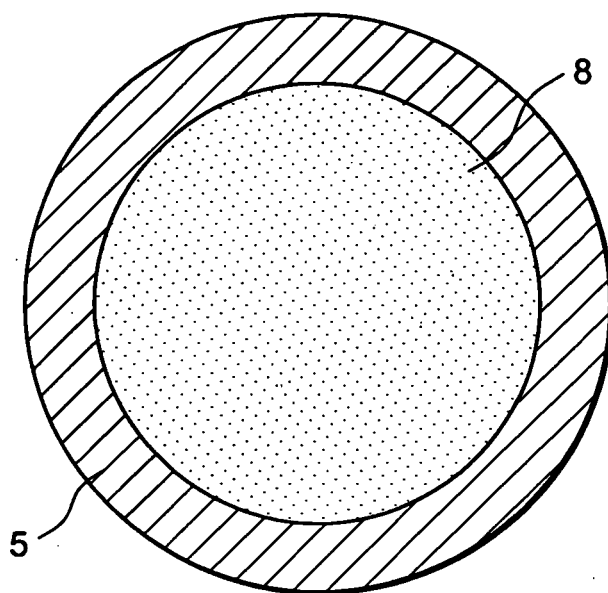


FIG. 5

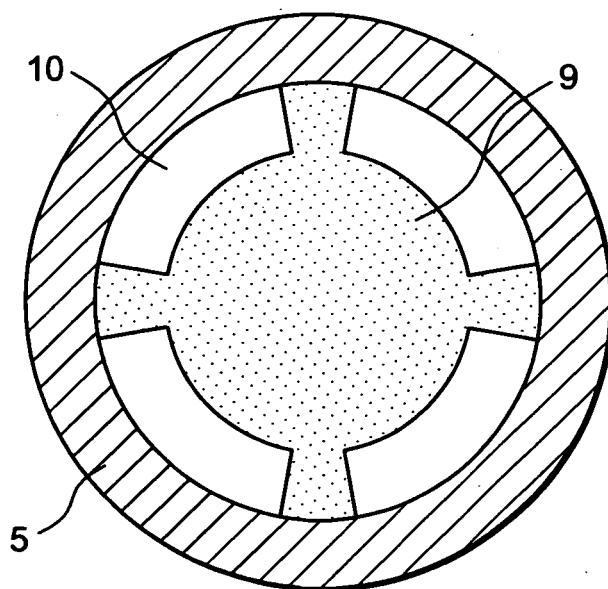


FIG. 6