



(11)

EP 2 747 117 A2

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
25.06.2014 Bulletin 2014/26

(51) Int Cl.:
H01J 23/05 (2006.01) H01J 25/587 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **13197779.5**

(22) Date de dépôt: **17.12.2013**

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

(30) Priorité: **19.12.2012 FR 1203487**

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

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

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

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

(54) **Dispositif de génération d'ondes hyperfréquences à double cathodes**

(57) Le dispositif (10) de génération d'ondes hyperfréquences, comprend une anode (20) et une première cathode (16), séparées par un espace d'interaction (22), la première cathode (16) étant adaptée pour émettre des premiers électrons dans l'espace d'interaction (22) lorsque soumise à un champ électrique (E) d'intensité supérieure à une première valeur seuil, et l'anode (20) étant adaptée pour attirer lesdits premiers électrons,

Il comprend une deuxième cathode (18), intercalée entre la première cathode (16) et l'anode (20) et adaptée pour émettre des deuxièmes électrons dans l'espace d'interaction (22) lorsque soumise à un champ électrique (E) d'intensité supérieure à une deuxième valeur seuil, l'anode (20) étant adaptée pour attirer lesdits deuxièmes électrons, et un circuit (21) d'alimentation électrique des cathodes (16, 18), adapté pour établir une différence de potentiel entre les cathodes (16, 18).

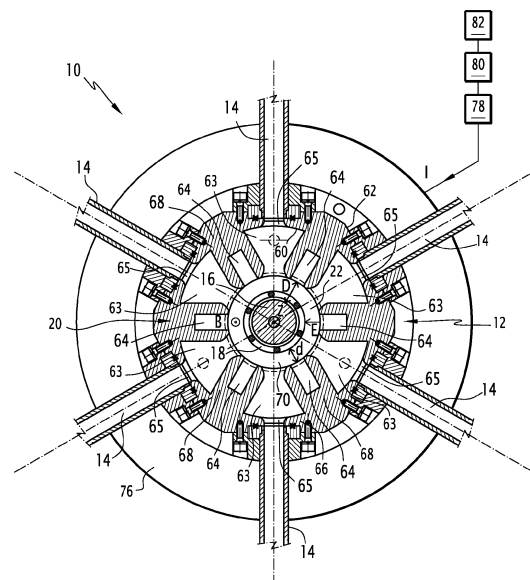


FIG.1

EP 2 747 117 A2

Description

[0001] La présente invention concerne un dispositif de génération d'ondes hyperfréquences, du type comprenant une anode et une première cathode, séparées par un espace d'interaction, la première cathode étant adaptée pour émettre des premiers électrons dans l'espace d'interaction lorsque soumise à un champ électrique d'intensité supérieure à une première valeur seuil, et l'anode étant adaptée pour attirer lesdits premiers électrons

[0002] Les dispositifs de génération d'ondes de ce type sont connus et incluent notamment les magnétrons, les klystrons, et les MILOs (pour « Magnetically Insulated Line Oscillator » en anglais).

[0003] Ces dispositifs ne peuvent pas émettre une onde, à la fois, de forte puissance et de longue durée, du fait du risque de formation d'un court-circuit entre l'anode et la cathode dans l'espace d'interaction. Ainsi, certains de ces dispositifs sont conçus pour générer des ondes de longue durée et de faible puissance, d'autres sont conçus pour générer des impulsions longues de moyenne puissance, et le reste de ces dispositifs est conçu pour générer des impulsions courtes de forte puissance.

[0004] Les dispositifs de génération connus ne présentent donc généralement pas une grande souplesse de fonctionnement, en ce sens qu'ils ne sont adaptés pour n'émettre qu'un seul type d'onde.

[0005] On connaît des équipements d'émission, par exemple les armes hyperfréquences, adaptés pour émettre à la fois des ondes continues de faible puissance et des impulsions courtes de forte puissance, par exemple en vue de la guerre électronique. Du fait de leur très large plage de fonctionnement, ces équipements nécessitent l'utilisation de plusieurs dispositifs de génération pour les alimenter.

[0006] On comprend que la présence de ces multiples dispositifs de génération constitue un obstacle à la miniaturisation des équipements d'émission.

[0007] Un objectif de l'invention est donc de proposer un dispositif de génération compact et présentant une grande souplesse de fonctionnement.

[0008] A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif de génération du type précité, comprenant une deuxième cathode, intercalée entre la première cathode et l'anode et adaptée pour émettre des deuxièmes électrons dans l'espace d'interaction lorsque soumise à un champ électrique d'intensité supérieure à une deuxième valeur seuil, l'anode étant adaptée pour attirer lesdits deuxièmes électrons, et un circuit d'alimentation électrique des cathodes, adapté pour établir une différence de potentiel entre les cathodes.

[0009] Dans des modes de réalisation préférés de l'invention, le dispositif de génération présente l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou suivant toute(s) combinaison(s) techniquement possible(s) :

- la première valeur seuil est strictement inférieure à

la deuxième valeur seuil,

- la première cathode est adaptée pour émettre continûment des électrons sur une durée supérieure à 1 μ s,
- la deuxième cathode est adaptée pour délivrer une densité de courant supérieure à 10 A/cm²,
- la deuxième cathode comprend une pluralité de régions d'émission définissant entre elles au moins une fenêtre, interposée entre la première cathode et l'anode,
- les régions d'émission de la deuxième cathode définissent entre elles plusieurs fenêtres, et la première cathode comprend une pluralité de zones d'émission distantes les unes des autres, chaque zone d'émission de la première cathode étant disposée en regard de l'une des fenêtres de la deuxième cathode,
- l'anode est tubulaire et s'étend suivant un axe, chaque cathode étant entourée par l'anode en étant sensiblement centrée sur l'axe,
- il comprend un module de commande du circuit d'alimentation des cathodes, programmé pour porter le potentiel électrique de la première cathode à un premier potentiel de consigne, inférieur à un potentiel d'émission de la première cathode, et pour porter le potentiel électrique de la deuxième cathode à un deuxième potentiel de consigne inférieur au potentiel de l'anode et supérieur au premier potentiel de consigne, lorsque le dispositif de génération est dans un premier mode de fonctionnement,
- la différence de potentiel entre le deuxième potentiel de consigne et le potentiel de l'anode est sensiblement

égale à $\frac{U_1}{D} \times d$, où U_1 est la différence de

potentiel entre la premier potentiel de consigne et le potentiel de l'anode, D est la distance entre l'anode et la première cathode, et d est la distance entre l'anode et la deuxième cathode,

- le module de commande est programmé pour maintenir le potentiel électrique de la première cathode au premier potentiel de consigne pendant une durée supérieure à 1 μ s dans le premier mode de fonctionnement,
- le module de commande est programmé pour porter le potentiel électrique de la deuxième cathode à un troisième potentiel de consigne, inférieur à un potentiel d'émission de la deuxième cathode, lorsque le dispositif de génération est dans un autre mode de fonctionnement, le potentiel électrique de la première cathode étant sensiblement égal au potentiel électrique de la deuxième cathode,
- le module de commande est programmé pour faire varier cycliquement le potentiel électrique de la deuxième cathode entre le troisième potentiel de consigne et le potentiel de l'anode, lorsque le dispositif de génération est dans l'autre mode de fonctionnement.
- l'anode est tubulaire et s'étend suivant un axe, cha-

que cathode étant entourée par l'anode en étant sensiblement centrée sur l'axe, et le dispositif de génération comprend un focalisateur pour former un champ magnétique dans l'espace d'interaction, orienté suivant l'axe, le module de commande étant adapté pour commander une alimentation du focalisateur de façon à faire varier cycliquement l'intensité du champ magnétique, lorsque le dispositif de génération est dans le deuxième mode de fonctionnement, entre une intensité maximale lorsque le potentiel électrique de la deuxième cathode est égal au troisième potentiel de consigne, et une intensité nulle lorsque le potentiel électrique de la deuxième cathode est au potentiel de l'anode.

[0010] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention 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 radiale d'un dispositif de génération selon l'invention,
- la Figure 2 est une vue en élévation et en coupe partielle d'une première et d'une deuxième cathode du dispositif de génération de la Figure 1,
- la Figure 3 est une vue en perspective de la deuxième cathode de la Figure 2, selon une première variante de l'invention,
- la Figure 4 est un schéma électrique d'un circuit d'alimentation des première et deuxième cathodes de la Figure 2,
- la Figure 5 est un tableau présentant divers modes de fonctionnement du dispositif de génération de la Figure 1,
- la Figure 6 est une vue en perspective et en coupe selon un plan marqué VI-VI sur la Figure 7 de la deuxième cathode de la Figure 2, selon une deuxième variante de l'invention,
- la Figure 7 est une vue de dessus de la cathode de la Figure 6, dans une première configuration, et
- la Figure 8 est une vue similaire à la Figure 7, dans une deuxième configuration de la cathode.

[0011] Comme visible sur la Figure 1, le dispositif de génération 10 selon l'invention comprend un tube hyperfréquence 12 et au moins un, dans l'exemple représenté une pluralité de, guide(s) d'ondes 14. Le tube hyperfréquence 12 comprend une première cathode 16, une deuxième cathode 18, une anode 20, et un circuit 21 (Figure 2) d'alimentation électrique des cathodes 16, 18.

[0012] Les cathodes 16, 18 sont séparées de l'anode 20 par un espace d'interaction 22. Le circuit d'alimentation 21 des cathodes est adapté pour porter chaque cathode, respectivement 16, 18, à un potentiel électrique, respectivement V_1 , V_2 , inférieur au potentiel électrique V_0 de l'anode 20 lorsque le tube 12 est alimenté en énergie électrique, de sorte qu'il existe une différence de potentiel entre l'anode 20 et chaque cathode, respective-

ment 16, 18. Cette différence de potentiel génère un champ électrique E à l'intérieur de l'espace d'interaction 22, orienté de l'anode 20 vers les cathodes 16, 18.

[0013] Le tube hyperfréquence 12 comprend également un focalisateur 76 pour focaliser des électrons émis par les cathodes 16, 18 à l'intérieur de l'espace d'interaction 22. A cet effet, le focalisateur 76 est adapté pour générer un champ magnétique B à l'intérieur de l'espace d'interaction 22.

[0014] Les champs électrique E et magnétique B sont orientés perpendiculairement l'un à l'autre. Ils respectent chacun les conditions de synchronisme imposées par la géométrie du tube 12. Ils sont adaptés l'un à l'autre pour conférer aux électrons émis par les cathodes 16, 18 un mouvement cycloïdal dans l'espace d'interaction 22.

[0015] La première cathode 16 est adaptée pour émettre des premiers électrons dans l'espace d'interaction 22, à destination de l'anode 20, sous l'effet du champ électrique E, à condition que ce champ électrique ait une intensité supérieure à une première valeur de seuil E_1 .

[0016] La première cathode 16 est en particulier adaptée pour émettre continûment des électrons sur une durée supérieure à 1 μ s lorsqu'elle est soumise au champ électrique E.

[0017] A cet effet, la première cathode 16 est avantageusement, comme représenté sur la Figure 2, une cathode à émission de champ à micropointes émettrices d'électrons. De telles cathodes sont connues, par exemple de FR-A-2 734 076.

[0018] Cette cathode 16 comprend, de façon connue, un substrat conducteur 24, par exemple en silicium, ayant une face active 26 sur laquelle sont disposées des micropointes 28. La face active 26 est recouverte d'une couche isolante 30, par exemple en oxyde de silicium, la séparant d'une grille 32 conductrice. Les micropointes 28 sont logées dans des cavités respectives 34 ménagées dans la couche isolante 30. Ces cavités 34 communiquent avec l'espace d'interaction 22 par des ouvertures correspondantes prévues dans la grille 32. Les extrémités des micropointes 28 opposées au substrat 24 viennent en affleurement de la surface extérieure de la grille 32.

[0019] La dimension des cavités 34, et donc des micropointes, est de l'ordre du micron en hauteur et en largeur. La densité de micropointes 28 est de l'ordre de 10 000 à 100 000 micropointes par mm^2 de face active 26. On notera que, pour des raisons de lisibilité des Figures, les proportions n'ont pas été respectées sur la Figure 2.

[0020] Les micropointes 28 sont de préférence constituées par des nanotubes en carbone.

[0021] Des moyens (non représentés) de polarisation positive de la grille 32 sont connectés entre le substrat 24 et la grille 32. Ces moyens sont adaptés faire varier sur commande la tension entre le substrat 24 la grille 32 entre une première valeur, inférieure à une tension seuil, dans laquelle le flux d'électrons émis par la cathode 16 est nul, et une deuxième valeur, supérieure à la tension seuil, dans laquelle la cathode 16 produit un courant

d'électrons.

[0022] De tels moyens de polarisation sont connus.

[0023] Les micropointes 28 ne sont pas réparties uniformément sur la face active 26. Elles sont groupées au sein de zones d'émission 36 de la cathode 16. Ces zones d'émission 36 sont distantes les unes des autres.

[0024] Dans l'exemple représenté, le substrat 24 est cylindrique, de préférence cylindrique de révolution, et s'étend suivant un axe longitudinal Z. Les micropointes 28 sont réparties sur toute la périphérie du cylindre. Chaque zone d'émission 36 est allongée parallèlement à l'axe longitudinal Z.

[0025] En variante, la première cathode 16 est une cathode thermoélectronique, adaptée pour émettre des électrons dans l'espace d'interaction si et seulement si le champ E est supérieur à la première valeur de seuil E_1 et la cathode 16 est chauffée à une température supérieure à une valeur seuil. La cathode 16 est alors en tungstène, ou en carbone pyrolytique.

[0026] En variante encore, la première cathode 16 est en mélange de tungstène et de Sc_2O_3 , comme décrit dans le document ZHAO Jinfeng, Scandia-added Tungsten Dispenser Cathode Fabrication for THz Vacuum Integrated Power Amplifiers, Terahertz Science and Technology décembre 2011, vol. 4, n° 4, pages 240-252..

[0027] La première cathode 16 est à une distance D de l'anode 20.

[0028] De retour à la Figure 1, la deuxième cathode 18 est adaptée pour émettre des deuxième électrons dans l'espace d'interaction 22, à destination de l'anode 20, sous l'effet du champ électrique E, à condition que ce champ électrique ait une intensité supérieure à une deuxième valeur de seuil E_2 .

[0029] La deuxième valeur de seuil E_2 est de préférence différente de la première valeur de seuil E_1 . En particulier, la deuxième valeur de seuil E_2 est strictement supérieure à la première valeur de seuil E_1 .

[0030] La deuxième cathode 18 est intercalée entre la première cathode 16 et l'anode 20.

[0031] En particulier, la deuxième cathode 18 est tubulaire et entoure la première cathode 16.

[0032] De préférence, les cathodes 16, 18 sont concentriques. Elles sont chacune centrée sur l'axe longitudinal Z.

[0033] Les premiers électrons émis par la première cathode 16 doivent donc traverser la deuxième cathode 18 pour atteindre l'anode 20. A cet effet, la deuxième cathode 18 délimite, comme visible sur la Figure 2, une pluralité de fenêtres 40 chacune interposée entre la première cathode 16 et l'anode 20. Chaque fenêtre 40 est délimitée entre deux régions d'émission 42 de la deuxième cathode 28.

[0034] Chacune desdites fenêtres 40 est disposée en regard de l'une des zones d'émission 36 de la première cathode 16. Ainsi, le nombre d'électrons émis par la première cathode 16 heurtant la deuxième cathode 18 est réduit, ce qui permet d'augmenter le rendement du dispositif de génération 10.

[0035] En référence à la Figure 3, la deuxième cathode 18 est avantageusement une cathode « transparente ». De telles cathodes sont connues, par exemple de US 2008/0246385.

[0036] La deuxième cathode 18 comprend ainsi un corps 44 tubulaire s'étendant autour de l'axe Z, depuis une première extrémité 46 de raccordement au circuit d'alimentation 21 jusqu'à une deuxième extrémité 48 libre. Le corps 44 est formé dans un matériau ayant une bonne conductivité électrique, typiquement en cuivre.

[0037] Une pluralité de barreaux 50 s'étendent parallèlement à l'axe Z depuis l'extrémité libre 48, à l'opposée du corps 44. Chaque barreau 50 constitue une région d'émission 42 de la deuxième cathode 18.

[0038] Chaque barreau 50 est typiquement en carbone pyrolytique, en tungstène ou en molybdène. Ces matériaux ont en effet en commun de présenter une bonne conductivité électrique et thermique, de dégazer peu et d'être rigides, ce qui les rend particulièrement adaptés pour la réalisation des barreaux 50. Le carbone pyrolytique ayant une outre une faible densité, son utilisation permet d'alléger le dispositif de génération 10.

[0039] Les barreaux 50 sont régulièrement répartis autour de l'axe Z. Ils délimitent entre eux une cavité 52 de réception de la première cathode 16, centrée sur l'axe Z.

[0040] Les barreaux 50 sont espacés les uns des autres. Pour chaque paire de barreaux 50 consécutifs, un vide 54 est ainsi laissé entre ces barreaux 50. Ce vide 54 constitue une fenêtre 40 de la deuxième cathode 18. Il permet le passage des électrons émis par la première cathode 16, ainsi que le passage des champs électromagnétiques pour qu'ils pénètrent à l'intérieur de la deuxième cathode 18.

[0041] On notera que, dans l'exemple représenté, les barreaux 50 ont une forme cylindrique de révolution. En variante, les barreaux 50 ont toute autre forme appropriée, par exemple une forme de prisme. On notera que l'utilisation de barreaux 50 en forme de prismes permet d'allonger la durée pendant laquelle la deuxième cathode 18 peut émettre continuellement des électrons.

[0042] De même, dans l'exemple représenté, l'extrémité 56 des barreaux 50 opposée au corps 44 est laissée libre. En variante, un organe de liaison des barreaux 50 les uns aux autres, typiquement un anneau, relie lesdites extrémités 56, de façon à renforcer la deuxième cathode 18.

[0043] La deuxième cathode 18 est typiquement une cathode à émission de champ.

[0044] La deuxième cathode 18 est avantageusement adaptée pour émettre des électrons dans l'espace d'interaction 22 avec une densité de courant supérieure à 10 A/cm².

[0045] La deuxième cathode 18 est à une distance $\underline{d}$ de l'anode 20.

[0046] De retour à la Figure 1, l'anode 20 est tubulaire. Elle présente une surface intérieure 60, et une surface extérieure 62, opposée à la surface intérieure 60. Elle

est formée dans un matériau conducteur, typiquement en acier, en graphite ou en cuivre.

[0047] La surface intérieure 60 délimite une pluralité de cavités résonnantes 63, 64. Ces cavités résonnantes 63, 64 sont adaptées pour amplifier une onde électromagnétique formée par la circulation des électrons émis par les cathodes 16, 18 dans l'espace d'interaction 22.

[0048] L'anode 20 délimite au moins un, dans l'exemple représenté une pluralité, d'orifice(s) traversant 65 débouchant dans la surface intérieure 60 et dans la surface extérieure 62.

[0049] L'anode 20 est de préférence, comme représenté, co-axiale avec la première cathode 16.

[0050] Dans l'exemple représenté, le tube hyperfréquences 12 est du type magnétron. Ainsi, l'anode 20 est disposée radialement autour des cathodes 16, 18, et les cavités 63, 64 sont réparties sur la périphérie de l'anode 20.

[0051] En particulier, l'anode 20 comprend un corps cylindrique 66 et une pluralité d'aillettes 68 s'étendant chacune radialement vers la cathode 20. Le corps cylindrique 66 délimite la surface extérieure 62 et une partie de la surface intérieure 60. Chaque ailette 68 fait saillie depuis le corps cylindrique 66 vers l'intérieur de l'anode 20 et délimite une partie de la surface intérieure 60. Chaque ailette 68 est orientée longitudinalement.

[0052] 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.

[0053] Chaque cavité 63, 64 est symétrique relativement à un plan longitudinal médian de la cavité 63, 64. Ce plan longitudinal médian inclut l'axe longitudinal Z.

[0054] Chaque cavité 63, 64 débouche dans un espace central 70 sensiblement cylindrique s'étendant au centre de l'anode 20. L'espace central 70 s'étend longitudinalement. Les cathodes 16, 18 sont disposées sensiblement au centre de l'espace central 70. Le reste de l'espace central 70 constitue l'espace d'interaction 22.

[0055] Dans l'exemple représenté, la pluralité de cavités résonnantes 63, 64 comprend une pluralité de grandes cavités résonnantes 63 et de petites cavités résonnantes 64, disposées en alternance les unes des autres autour de l'espace central 70. La section radiale de chaque petite cavité résonnante 64 est inférieure à la section radiale de chaque grande cavité résonnante 63.

[0056] Chaque grande cavité 63 est délimitée par deux ailettes 68 et par le corps cylindrique 66. Chaque petite cavité 64 est délimitée à l'intérieur d'une ailette 68 par un orifice radial débouchant dans l'espace central 70. L'anode 20 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.

[0057] Selon une variante préférée de l'invention, chaque grande cavité 63 constitue une cavité résonnante de sortie, et chaque petite cavité résonnante 64 constitue

une cavité résonnante intermédiaire. Les cavités 63, 64 sont disposées de sorte que le nombre de cavités intermédiaires 64 disposées entre deux cavités de sortie 63 consécutives soit égal pour chaque paire de cavités de sortie 63 consécutives.

[0058] Chaque orifice traversant 65 débouche dans une cavité de sortie 63 respective. Aucun orifice traversant 65 ne débouche dans une des cavités intermédiaires 64.

[0059] De préférence, les cavités de sortie 63 sont identiques les unes aux autres et les cavités intermédiaires 64 sont identiques les unes aux autres.

[0060] En variante, toutes les cavités résonnantes sont des cavités de sortie 63.

[0061] Pour chaque cavité de sortie 63, une zone d'émission 42 de la deuxième cathode 18 est disposée sensiblement en face de ladite cavité de sortie 63. De préférence, ladite zone d'émission 42 n'est pas rigoureusement alignée avec la cavité de sortie 63, mais est décalée d'un côté amont du plan longitudinal médian de la cavité 63. Le terme « amont » est à entendre en référence à un sens de circulation des électrons dans l'espace d'interaction 22, comme cela sera détaillé plus loin.

[0062] En variante, une zone d'émission 42 de la deuxième cathode 18 est disposée sensiblement en face de chaque cavité 63, 64 de l'anode 20.

[0063] L'anode 20 comprend également deux anneaux (non représentés) de fermeture longitudinale des cavités 63, 64. Chaque anneau délimite ainsi une extrémité longitudinale de l'anode 20.

[0064] Dans une autre variante (non représentée), les positions respectives des cathodes 16, 18 d'une part et de l'anode 20 d'autre part sont inversées, c'est-à-dire que les cathodes 16, 18 sont disposées radialement autour de l'anode 20. Dans une troisième variante (non représentée), le tube hyperfréquence 12 est du type MILO.

[0065] L'espace d'interaction 22, ainsi que les cavités résonnantes 63, 64, sont maintenus sous vide.

[0066] Le focalisateur 76 comprend typiquement un électroaimant s'étendant autour de l'anode 20, en particulier deux électroaimants s'étendant chacun autour de l'anode 20 et disposés longitudinalement de part et d'autre des guides d'ondes 14.

[0067] Le focalisateur 76 est alimenté par une alimentation électrique 78 du dispositif de génération 10. La troisième alimentation 78 est adaptée pour délivrer un courant I au focalisateur 76.

[0068] Chaque guide d'onde 14 est disposé en regard d'un orifice traversant 65 de l'anode 20, et s'étend depuis la surface extérieure 62 de l'anode 20 vers l'extérieur du dispositif de génération 10.

[0069] Le circuit d'alimentation 21 est adapté pour établir une différence de potentiel significative, c'est-à-dire supérieure à 10%, entre les cathodes 16, 18, et pour alimenter les cathodes 16, 18 sélectivement en tension continue ou en tension impulsionnelle.

[0070] A cet effet, en référence à la Figure 4, le circuit

d'alimentation 21 comprend une alimentation en tension continue 100, une alimentation en tension impulsionnelle 102, et un circuit électrique 104 raccordant électriquement les alimentations 100, 102 aux cathodes 16, 18.

[0071] L'alimentation en tension continue 100 est adaptée pour générer une haute tension stable, de préférence comprise entre 50 et 100kV. Elle est typiquement constituée par une alimentation secteur stabilisée.

[0072] L'alimentation en tension impulsionnelle 102 est par exemple un générateur de Marx. Elle est raccordée électriquement à l'alimentation en tension continue 100 par un premier interrupteur 110 de pilotage de l'alimentation électrique de l'alimentation 102 par l'alimentation 100.

[0073] L'interrupteur 110 est adapté pour basculer entre une configuration fermée, dans laquelle il raccorde électriquement une sortie de l'alimentation continue 100 à une entrée de l'alimentation impulsionnelle 102, et une configuration ouverte, dans laquelle la sortie de l'alimentation continue 100 et l'entrée de l'alimentation impulsionnelle 102 sont isolées électriquement l'une de l'autre.

[0074] Le circuit électrique 104 comprend une première liaison électrique 112 raccordant électriquement l'alimentation continue 102 aux cathodes 16, 18, une deuxième liaison électrique 114 raccordant électriquement l'alimentation impulsionnelle 102 aux cathodes 16, 18, un deuxième interrupteur 116 de commande de la première liaison électrique 112, et un module 118 de décalage en tension de la deuxième cathode 18 par rapport à la première cathode 16.

[0075] Le deuxième interrupteur 116 est spécifique à la première liaison électrique 112. Il est adapté pour basculer entre une configuration fermée, dans laquelle il raccorde électriquement l'alimentation continue 100 aux cathodes 16, 18, et une configuration ouverte, dans laquelle il isole électriquement l'alimentation continue 100 des cathodes 16, 18.

[0076] Le module de décalage en tension 118 est commun aux première et deuxième liaisons électriques 112, 114. Il comprend un organe 120 consommateur de tension, interposé entre la cathode 18 et les alimentations 100, 102, et un court-circuit 122 de contournement de l'organe 120.

[0077] L'organe 120 est adapté pour consommer une tension sensiblement égale au produit de la différence de potentiel entre la première cathode 16 et l'anode 20 par le rapport d/D. L'organe 120 est typiquement une résistance.

[0078] Le court-circuit 122 comprend un troisième interrupteur 124, pour sélectivement ouvrir ou fermer le court-circuit 122.

[0079] En référence aux Figures 1, 2 et 4, le dispositif de génération 10 comprend également un module 80 de commande du circuit d'alimentation 21 et de l'alimentation 78. Ce module de commande 80 est programmé pour piloter le circuit d'alimentation 21, en particulier les alimentations 100, 102 et les interrupteurs 110, 116, 124, ainsi que l'alimentation 78 suivant plusieurs modes de

fonctionnement du dispositif de génération 10. Ces modes de fonctionnement sont synthétisés dans le tableau présenté en Figure 5.

[0080] Le module de commande 80 est programmé pour piloter le circuit d'alimentation 21 dans un premier mode de fonctionnement (Mode 1) du dispositif de génération 10, de façon à ce qu'il porte le potentiel électrique V_1 de la première cathode 16 à un premier potentiel de consigne $V_{1,1}$, et le potentiel électrique V_2 de la deuxième cathode 18 à un deuxième potentiel de consigne $V_{2,1}$.

[0081] A cet effet, le module de commande 80 est programmé pour piloter l'alimentation continue 100 de sorte qu'elle génère une tension électrique au premier potentiel électrique $V_{1,1}$, commander la fermeture du deuxième interrupteur 116, et commander l'ouverture des premier et troisième interrupteurs 110, 124.

[0082] Le premier potentiel de consigne $V_{1,1}$ est inférieur au potentiel électrique V_0 de l'anode 20. En particulier, le premier potentiel de consigne $V_{1,1}$ est inférieur à un premier potentiel W_1 d'émission de la première cathode 16, en deçà duquel la première cathode 16 émet des premiers électrons, et supérieur à un deuxième potentiel W_2 d'émission de la deuxième cathode 18, en deçà duquel la première cathode 16 émet des premiers électrons. Le premier potentiel d'émission W_1 est égal à $V_0 - D \times E_1$. Le deuxième potentiel d'émission W_2 est égal à $V_0 - d \times E_2$.

[0083] Le deuxième potentiel de consigne $V_{2,1}$ est inférieur au potentiel électrique V_0 de l'anode 20, et supérieur au premier potentiel de consigne $V_{1,1}$. En particulier, le deuxième potentiel de consigne $V_{2,1}$ est adapté pour minimiser la perturbation induite par la deuxième cathode 18 sur le champ électrique créé dans l'espace d'interaction 22 par la première cathode 16 portée au premier potentiel de consigne $V_{1,1}$. En d'autres termes, le deuxième potentiel de consigne $V_{2,1}$ est adapté pour que le champ électrique créé dans l'espace d'interaction 22 par la première cathode 16 portée au premier potentiel de consigne $V_{1,1}$ en l'absence de la deuxième cathode 18 soit sensiblement égal au champ électrique créé dans l'espace d'interaction 22 par la première cathode 16 portée au premier potentiel de consigne $V_{1,1}$ en présence de la deuxième cathode 18 portée au deuxième potentiel de consigne $V_{2,1}$.

[0084] A cet effet, le deuxième potentiel de consigne

$$V_{2,1} \text{ est sensiblement égal à } V_0 - \frac{V_0 - V_{1,1}}{D} \times d.$$

Par « sensiblement égal », on entend que le potentiel $V_{2,1}$ est compris 90% et 110 % de la valeur précitée. Ainsi, le champ électrique créé par la deuxième cathode 18 portée au deuxième potentiel de consigne $V_{2,1}$ dans l'espace d'interaction 22 est sensiblement identique à celui créé par la première cathode 16 portée au premier potentiel de consigne $V_{1,1}$. La perturbation induite par la deuxième cathode 18 sur la circulation des premiers

électrons émis par la première cathode 16 est donc réduite.

[0085] Le module de commande 80 est programmé pour piloter le circuit d'alimentation 21 dans le premier mode de fonctionnement (Mode 1) de manière à maintenir la première cathode 16 au premier potentiel de consigne $V_{1,1}$ pendant plus de 1 μ s.

[0086] Le module de commande 80 est également programmé pour piloter le circuit d'alimentation 21, en particulier les alimentations 100, 102 et les interrupteurs 110, 116, 124, ainsi que l'alimentation 78, dans un deuxième mode de fonctionnement (Mode 2) du dispositif de génération 10, de manière à faire varier cycliquement le potentiel électrique V_1 de la première cathode 16 entre le potentiel V_0 et un troisième potentiel de consigne $V_{1,2}$, strictement inférieur au premier potentiel de consigne $V_{1,1}$, en gardant les rapports $(V_0 - V_1)/(V_0 - V_2)$ et $(V_0 - V_1)/I$ sensiblement constants.

[0087] A cet effet, le module de commande 80 est programmé pour commander la fermeture du premier interrupteur 110, commander l'ouverture des deuxième et troisième interrupteurs 116, 124, et piloter l'alimentation impulsionnelle 102 de sorte qu'elle génère une tension électrique variant cycliquement entre le potentiel V_0 et le troisième potentiel de consigne $V_{1,2}$.

[0088] En particulier, le troisième potentiel de consigne $V_{1,2}$ est supérieur au deuxième potentiel d'émission W_2 .

[0089] Le module de commande 80 est en outre programmé pour piloter le circuit d'alimentation 21, en particulier les alimentations 100, 102 et les interrupteurs 110, 116, 124, dans un troisième mode de fonctionnement (Mode 3) du dispositif de génération 10, de manière à ce qu'il fasse varier cycliquement le potentiel V_2 de la deuxième cathode 18 entre le potentiel V_0 , et un quatrième potentiel de consigne $V_{2,2}$ strictement inférieur au troisième potentiel de consigne $V_{1,2}$, le potentiel V_1 de la première cathode 16 étant à tout instant sensiblement égal au potentiel V_2 de la deuxième cathode 18, c'est-à-dire compris 90% et 110 % du potentiel V_2 .

[0090] A cet effet, le module de commande 80 est programmé pour commander la fermeture des premier et troisième interrupteurs 110, 124, commander l'ouverture du deuxième interrupteur 116, et piloter l'alimentation impulsionnelle 102 de sorte qu'elle génère une tension électrique variant cycliquement entre le potentiel V_0 et le quatrième potentiel de consigne $V_{2,2}$.

[0091] En particulier, le quatrième potentiel électrique de consigne $V_{2,2}$ est inférieur au deuxième potentiel d'émission W_2 .

[0092] Le module de commande 80 est enfin programmé pour piloter l'alimentation 78 dans le troisième mode de fonctionnement (Mode 3) de manière à ce que le rapport $(V_0 - V_2)/I$ soit maintenu sensiblement constant.

[0093] Le dispositif de génération 10 comprend en outre une interface de pilotage 82. Cette interface 82 comprend des moyens 84 de sélection d'un mode de fonctionnement du dispositif de génération 10, et des moyens 86 d'envoi d'une instruction de lancement du

mode de fonctionnement sélectionné au module de commande 80.

[0094] L'interface de pilotage 82 est typiquement destinée à servir d'interface avec un système informatique. A cet effet, les moyens de sélection 84 comprennent des ports d'entrées/sorties connus de l'homme de l'art.

[0095] Un procédé de génération d'une onde hyperfréquence au moyen du dispositif de génération 10 va maintenant être décrit.

[0096] Initialement, le dispositif de génération 10 est à l'arrêt. Les première et deuxième cathodes 16, 18 sont au même potentiel que l'anode 20, et le champ magnétique longitudinal B est nul.

[0097] Dans une première étape, le dispositif de génération 10 est basculé dans le premier mode de fonctionnement. Le dispositif de génération 10 étant préalablement à l'arrêt, ce basculement correspond à un démarrage du dispositif de génération 10 dans le premier mode de fonctionnement.

[0098] A cet effet, le premier mode de fonctionnement est sélectionné au moyen de l'interface de pilotage 82, qui émet une instruction de lancement du premier mode de fonctionnement à destination du module de commande 80. Le module de commande 80, recevant ladite instruction de lancement du premier mode de fonctionnement, envoie une consigne à l'alimentation continue 100 de générer une tension électrique au premier potentiel de consigne $V_{1,1}$, ferme le deuxième interrupteur 116, et ouvre les interrupteurs 110, 124. Il démarre également l'alimentation 78, avec pour consigne d'injecter un courant I dans le focalisateur 76, adapté pour que le focalisateur 76 génère un champ magnétique longitudinal B d'intensité adaptée pour maintenir le tube hyperfréquences 12 en régime oscillant. Les conditions que doit dans ce but vérifier le champ magnétique longitudinal B, sont connues de l'homme du métier.

[0099] La première cathode 16 est ainsi portée au premier potentiel de consigne $V_{1,1}$, et la deuxième cathode 18 est portée au deuxième potentiel de consigne $V_{2,1}$. Il s'établit donc une différence de potentiel négative entre l'anode 20 d'une part et chaque cathode 16, 18 d'autre part. Cette différence de potentiel génère un champ électrique radial E orienté de l'anode 20 vers les cathodes 16, 18. Ce champ électrique radial E a une intensité supérieure à la première valeur de seuil E_1 mais inférieure à la deuxième valeur de seuil E_2 . Sous l'effet de ce champ électrique E, chaque zone d'émission 36 de la première cathode 16 émet des premiers électrons dans l'espace d'interaction 22.

[0100] Chaque zone d'émission 36 étant disposée en regard d'une fenêtre 40 de la deuxième cathode 18, les premiers électrons sont peu gênés par la deuxième cathode 18 pour atteindre l'espace d'interaction 22.

[0101] Sous l'effet conjugué du champ électrique radial E et du champ magnétique longitudinal B, les premiers électrons tournent autour des cathodes 16, 18 dans l'espace d'interaction 22, en se groupant par paquets. Le sens de rotation des premiers électrons est

déterminé de façon connue par l'orientation du champ électrique E et du champ magnétique B. Ce déplacement des premiers électrons génère une onde électromagnétique radiofréquence dans le tube hyperfréquence 12. Cette onde est amplifiée grâce aux cavités résonnantes 63, 64 et est captée pour être utilisée, par exemple pour alimenter une antenne d'arme hyperfréquence, grâce aux guides d'ondes 14.

[0102] Cette émission d'électrons générant une onde hyperfréquence continue indéfiniment, en l'absence de modification de la différence de potentiel entre l'anode 20 et chaque cathode 16, 18.

[0103] A cette première étape succède une deuxième étape de basculement du dispositif de génération 10 dans le deuxième mode de fonctionnement.

[0104] A cet effet, le deuxième mode de fonctionnement est sélectionné au moyen de l'interface de pilotage 82, qui émet une instruction de lancement du deuxième mode de fonctionnement à destination du module de commande 80. Le module de commande 80, recevant ladite instruction de lancement du deuxième mode de fonctionnement, ferme le premier interrupteur 110, ouvre le deuxième interrupteur 116, et communique une consigne à l'alimentation impulsionnelle 102, l'instruisant de générer une tension électrique variant cycliquement entre le potentiel V_0 et le troisième potentiel de consigne $V_{1,2}$.

[0105] Le module de commande 80 communique également une nouvelle consigne à l'alimentation 78, l'instruisant de faire varier le courant I en maintenant le rapport $I/(V_0 - V_1)$ constant.

[0106] Le potentiel V_1 de la première cathode 16 varie ainsi cycliquement entre le potentiel V_0 et le troisième potentiel de consigne $V_{1,2}$, et le potentiel V_2 de la deuxième cathode 18 varie également cycliquement, le rapport $(V_0 - V_1)/(V_0 - V_2)$ demeurant sensiblement constant. En conséquence, le champ électrique radial E prend une intensité variable, variant entre une intensité maximale, supérieure à la première valeur de seuil E_1 et inférieure à la deuxième valeur de seuil E_2 , et une intensité minimale, sensiblement nulle.

[0107] A chaque fois que le champ électrique E est supérieur à la première valeur de seuil E_1 , chaque zone d'émission 36 de la première cathode 16 émet des premiers électrons dans l'espace d'interaction 22. Comme décrit précédemment, ces premiers électrons génèrent une onde radiofréquence dans le tube hyperfréquence 12 en se déplaçant dans l'espace d'interaction 22.

[0108] A chaque fois que le champ électrique E repasse sous la première valeur de seuil E_1 , l'émission de premiers électrons s'arrête. De préférence, la durée des cycles de variation du premier potentiel V_1 est adaptée pour que le champ électrique E repasse sous la première valeur de seuil E_1 lorsque l'énergie électromagnétique accumulée dans l'espace d'interaction 22 atteint un seuil déclenchement d'un court-circuit entre la première cathode 16 et l'anode 20.

[0109] Ce deuxième mode de fonctionnement permet

ainsi l'émission d'ondes de plus fortes puissances que dans le premier mode de fonctionnement. La durée d'émission doit cependant être réduite en conséquence.

[0110] A cette deuxième étape succède une troisième étape de basculement du dispositif de génération 10 dans le troisième mode de fonctionnement.

[0111] A cet effet, le troisième mode de fonctionnement est sélectionné au moyen de l'interface de pilotage 82, qui émet une instruction de lancement du troisième mode de fonctionnement à destination du module de commande 80. Le module de commande 80, recevant ladite instruction de lancement du troisième mode de fonctionnement, ferme le troisième interrupteur 124, et communique une nouvelle consigne à l'alimentation impulsionnelle 102, l'instruisant de générer une tension électrique variant cycliquement entre le potentiel V_0 et le quatrième potentiel de consigne $V_{2,2}$.

[0112] Le module de commande 80 communique également une nouvelle consigne à l'alimentation 78, l'instruisant de faire varier le courant I en maintenant le rapport $I/(V_0 - V_2)$ constant.

[0113] Les potentiels V_1 et V_2 des cathodes 16, 18 varient ainsi tous deux cycliquement entre le potentiel V_0 et le quatrième potentiel de consigne $V_{2,2}$, lesdits potentiels V_1 , V_2 demeurant sensiblement égaux l'un à l'autre. En conséquence, le champ électrique radial E prend une intensité variable, variant entre une intensité maximale supérieure à la deuxième valeur de seuil E_2 , et une intensité minimale, sensiblement nulle.

[0114] A chaque fois que le champ électrique E est supérieur à la deuxième valeur de seuil E_2 , chaque région d'émission 42 de la deuxième cathode 18 émet des deuxièmes électrons dans l'espace d'interaction 22. Comme décrit précédemment, ces deuxièmes électrons génèrent une onde radiofréquence dans le tube hyperfréquences 12 en se déplaçant dans l'espace d'interaction 22.

[0115] Du fait de la ponctualité de chaque région d'émission 42, les deuxièmes électrons émis sont déjà répartis en paquets, ce qui permet d'accélérer la génération de l'onde radiofréquence.

[0116] Les première et deuxième cathodes 16, 18 étant sensiblement au même potentiel, il n'existe pas de champ électrique entre les deux. La première cathode 16 est donc en permanence soumise à un champ électrique d'intensité nulle, de sorte qu'elle n'émet pas d'électron.

[0117] A chaque fois que le champ électrique E repasse sous la deuxième valeur de seuil E_2 , l'émission de deuxièmes électrons s'arrête. De préférence, la durée des cycles de variation du deuxième potentiel V_2 est adaptée pour que le champ électrique E repasse sous la deuxième valeur de seuil E_2 lorsque l'énergie électromagnétique accumulée dans l'espace d'interaction 22 atteint un seuil déclenchement d'un court-circuit entre la deuxième cathode 16 et l'anode 20.

[0118] Ce troisième mode de fonctionnement permet ainsi l'émission d'ondes de plus fortes puissances que

dans le deuxième mode de fonctionnement. La durée d'émission doit cependant être réduite en conséquence.

[0119] Au terme de la troisième étape, le dispositif de génération 10 est arrêté. En d'autres termes, le module de commande 80 commande l'arrêt du circuit d'alimentation 21 et de l'alimentation 78. Chaque cathode 16, 18 se stabilise à un potentiel sensiblement égal au potentiel V_0 de l'anode 20, et le champ magnétique longitudinal B prend une valeur nulle.

[0120] Selon des variantes du procédé de génération :

- le dispositif de génération est arrêté au terme de la première ou de la deuxième étape, et/ou
- l'ordre des étapes est modifié : la troisième étape succède par exemple directement à la première étape, et est suivie de la deuxième étape, et/ou
- le procédé débute par la deuxième ou la troisième étape, et/ou
- le procédé ne comprend qu'une ou deux des trois étapes décrites ci-dessus.

[0121] Grâce à l'invention décrite ci-dessus, il est possible de combiner un grand nombre de modes de fonctionnement différents au sein d'un même dispositif de génération compact. En particulier il est possible, au moyen du dispositif de génération, d'émettre aussi bien des ondes de faibles puissances sur des durées longues, que des ondes de fortes puissances sur des durées brèves. Ce dispositif de génération est ainsi tout particulièrement adapté à l'alimentation d'armes hyperfréquences.

[0122] En option, le dispositif de génération 10 est raccordé à une source (non représentée) d'alimentation de l'espace d'interaction 22 en onde électromagnétique par l'intermédiaire de l'un des guides d'ondes 14. Cette source est en particulier adaptée pour émettre une onde électromagnétique avec une fréquence et/ou une phase prédéterminée. Cette source est typiquement un magnétron ou un klystron.

[0123] Le dispositif de génération 10 est alors démarré dans le premier mode de fonctionnement, la source alimentant l'espace d'interaction 22. Sous l'effet de l'onde électromagnétique émise par la source, l'onde générée par le dispositif de génération 10 se cale sur la fréquence et sur la phase de ladite onde électromagnétique.

[0124] Une fois le dispositif de génération 10 démarré, la source est arrêtée. Le dispositif de génération 10 est ensuite basculé dans le deuxième mode de fonctionnement puis, optionnellement, dans le troisième mode de fonctionnement. A chaque basculement, l'onde générée par le dispositif de génération 10 conserve la fréquence et la phase de l'onde précédemment émise dans l'espace d'interaction 22.

[0125] Il est ainsi possible de maîtriser la fréquence et/ou la phase de l'onde générée par le dispositif de génération 10, en particulier lorsque celui-ci fonctionne dans le deuxième ou le troisième mode de fonctionnement, modes dans lesquels l'onde générée est de forte

puissance, au moyen d'un pilote de faible puissance. Cela est particulièrement avantageux dans le cas où l'on voudrait associer plusieurs dispositifs de génération d'ondes de fortes puissances de manière à ce qu'ils émettent en phase.

[0126] Une variante de l'invention est présentée sur les Figure 6 à 8. Dans cette variante, la deuxième cathode 18 est cylindrique de révolution et est formée de deux pièces 90, 92 rotatives l'une par rapport à l'autre autour de l'axe longitudinal Z entre une première configuration de la cathode 18, représentée sur la Figure 7, et une deuxième configuration de la cathode 18, représentée sur la Figure 8. La deuxième cathode 18 comprend également des moyens d'entraînement (non représentés) d'une première 90 des deux pièces 90, 92 en rotation relativement à la deuxième pièce 92.

[0127] Les deux pièces 90, 92 sont raccordées au circuit d'alimentation 21 de manière à être portées sensiblement au même potentiel électrique.

[0128] Chaque pièce 90, 92 porte une moitié des régions d'émission 42 de la deuxième cathode 18.

[0129] Dans la première configuration, les régions d'émission 42 sont régulièrement réparties le long de la circonférence de la deuxième cathode 18. En d'autres termes, chaque région d'émission 42 est à équidistance des deux autres régions d'émission 42 dont elle est la plus proche.

[0130] Dans la deuxième configuration, les régions d'émission 42 sont regroupées par paires de régions d'émissions 42 adjacentes. En d'autres termes, chaque région d'émission 42 est adjacente à une autre région d'émission 42 et à distance des autres régions d'émission 42. En particulier, chaque région d'émission 42 portée par la première pièce 90 est adjacente à une région d'émission 42 portée par la deuxième pièce 92, les régions d'émission 42 portées par chaque pièce 90, 92 demeurant à distance les unes des autres.

[0131] Ainsi, lorsque la cathode 18 est dans la deuxième configuration, le nombre de fenêtres 40 est divisé par deux, du fait de l'absence de fenêtre 40 entre les régions d'émission 42 adjacentes. Toutefois, les fenêtres 40 restantes sont plus grandes que dans la première configuration, ce qui permet de favoriser le passage des premiers électrons lorsque la première cathode 16 émet.

[0132] En outre, chaque paire de régions d'émission 42 adjacentes est équivalente à un unique secteur d'émission de la cathode 18. Ainsi, dans le cas où le tube hyperfréquence 12 est un magnétron, comme décrit plus haut, il est possible de faire émettre la deuxième cathode 18 en ayant au choix un secteur d'émission, formé d'une seule région d'émission 42, en face de chaque cavité résonnante 63, 64, de façon à faire fonctionner le magnétron en mode 2π , ou un secteur d'émission, formé d'une paire de régions d'émission 42 adjacentes, en face d'une cavité résonnante 63, 64 sur deux, de façon à faire fonctionner le magnétron en mode π . Il est ainsi possible de faire varier la fréquence de l'onde générée lorsque le dispositif de génération 10 est dans le troisième mode

de fonctionnement

[0133] Dans l'exemple représenté sur les Figures 6 à 8, la deuxième cathode 18 est du type « cathode transparente », comme décrit plus haut.

[0134] Le corps 44 est formé de deux cylindres 94, 96 orientés longitudinalement et emmanchés l'un dans l'autre. Le cylindre intérieur 94 appartient à la première pièce 90. Le cylindre extérieur 96 appartient à la deuxième pièce 92.

[0135] Le cylindre intérieur 94 est solidaire de trois des six barreaux 50 de la cathode 18. Ceux-ci sont régulièrement répartis le long de la circonférence du cylindre intérieur 94. En d'autres termes, ils sont disposés aux sommets d'un triangle équilatéral. Lesdits barreaux 50 sont fixes les uns par rapport aux autres.

[0136] Le cylindre extérieur 96 est solidaire des trois barreaux 50 restants. Ceux-ci sont régulièrement répartis le long de la circonférence du cylindre extérieur 96. En d'autres termes, ils sont disposés aux sommets d'un triangle équilatéral. Lesdits barreaux 50 sont fixes les uns par rapport aux autres.

[0137] Les barreaux 50 solidaires du cylindre intérieur 94 et les barreaux 50 solidaires du cylindre extérieur 96 sont sensiblement à équidistance de l'axe longitudinal Z. A cet effet, chacun des barreaux 50 solidaires du cylindre intérieur 94 est porté par une saillie 98 faisant saillie radialement vers l'extérieur depuis la surface périphérique extérieure du cylindre intérieur 94. En variante (non représentée), chacun des barreaux 50 solidaires du cylindre extérieur 96 est porté par une saillie faisant saillie radialement vers l'intérieur depuis la surface intérieure du cylindre extérieur 96.

[0138] Cette variante est généralisable à un cas où la deuxième cathode 18 comporte N pièces portant chacune P/N régions d'émissions 42, où P est le nombre total de régions d'émission 42 de la deuxième cathode 18, lesdites pièces étant rotatives les unes par rapport aux autres autour de l'axe longitudinal Z entre une première configuration de la deuxième cathode 18, dans laquelle toutes les régions d'émission 42 sont à distance les unes des autres, et une deuxième configuration de la deuxième cathode 18, dans laquelle au moins deux des régions d'émission 42 sont adjacentes.

[0139] Cette variante de l'invention permet d'augmenter le rendement du dispositif de génération 10 lorsqu'il est dans le premier ou le deuxième mode de fonctionnement, en réduisant les interactions entre les premiers électrons et la deuxième cathode 18.

[0140] En outre, cette variante augmente encore la flexibilité du dispositif de génération 10 en permettant de générer des ondes, lorsque le dispositif de génération 10 est dans le troisième mode de fonctionnement, sur une large plage de fréquences.

[0141] Dans une autre variante (non représentée), la deuxième cathode 18 est également formée de deux pièces, portant chacune une moitié des régions d'émission 42 de la deuxième cathode 18, mais ces pièces ne sont pas rotatives l'une par rapport à l'autre. Un commutateur

permet de sélectivement raccorder électriquement une seule desdites pièces ou les deux pièces simultanément, au circuit d'alimentation 21. De même que la précédente variante, cette variante permet de faire fonctionner le magnétron en mode π et en mode 2π .

[0142] On notera que, dans les exemples donnés ci-dessus, les valeurs de potentiels exprimés, en particulier les valeurs des potentiels d'émission W_1 , W_2 , et la valeur du deuxième potentiel de consigne $V_{2,1}$, sont bâtis sur une approximation selon laquelle le champ électrique serait sensiblement constant dans tout l'espace d'interaction 22. L'homme du métier saura ajuster ces valeurs au moyen de tests de routine pour qu'elles correspondent plus justement à la réalité de la répartition du champ électrique dans l'espace d'interaction 22.

Revendications

1. Dispositif (10) de génération d'ondes hyperfréquences, comprenant une anode (20) et une première cathode (16), séparées par un espace d'interaction (22), la première cathode (16) étant adaptée pour émettre des premiers électrons dans l'espace d'interaction (22) lorsque soumise à un champ électrique (E) d'intensité supérieure à une première valeur seuil, et l'anode (20) étant adaptée pour attirer lesdits premiers électrons, le dispositif de génération (10) comprenant en outre au moins un guide d'ondes (14) disposé en regard d'un orifice traversant (65) de l'anode (20) et s'étendant depuis une surface extérieure (62) de l'anode (20) vers l'extérieur du dispositif de génération (10), **caractérisé en ce qu'il** comprend une deuxième cathode (18), intercalée entre la première cathode (16) et l'anode (20) et adaptée pour émettre des deuxièmes électrons dans l'espace d'interaction (22) lorsque soumise à un champ électrique (E) d'intensité supérieure à une deuxième valeur seuil, l'anode (20) étant adaptée pour attirer lesdits deuxièmes électrons, et **en ce qu'il** comprend un circuit (21) d'alimentation électrique des cathodes (16, 18), adapté pour établir une différence de potentiel entre les cathodes (16, 18).
2. Dispositif de génération (10) selon la revendication 1, dans lequel la première valeur seuil est strictement inférieure à la deuxième valeur seuil
3. Dispositif de génération (10) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la première cathode (16) est adaptée pour émettre continûment des électrons sur une durée supérieure à 1 μ s.
4. Dispositif de génération (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la deuxième cathode (18) est adaptée pour délivrer une densité de courant supérieure à 10 A/cm².

5. Dispositif de génération (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la deuxième cathode (18) comprend une pluralité de régions d'émission (42) définissant entre elles au moins une fenêtre (40), interposée entre la première cathode (16) et l'anode (20). 5
6. Dispositif de génération (10) selon la revendication 5, dans lequel les régions d'émission (42) de la deuxième cathode (18) définissent entre elles plusieurs fenêtres (40), et la première cathode (16) comprend une pluralité de zones d'émission (36) distantes les unes des autres, chaque zone d'émission (36) de la première cathode (16) étant disposée en regard de l'une des fenêtres (40) de la deuxième cathode (18). 10
7. Dispositif de génération (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'anode (20) est tubulaire et s'étend suivant un axe (Z). 20
8. Dispositif de génération (10) selon revendication 7, dans lequel chaque cathode (16, 18) est entourée par l'anode (20) en étant sensiblement centrée sur l'axe (Z). 25
9. Dispositif de génération (10) selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant un module (80) de commande du circuit d'alimentation (21) des cathodes (16, 18), programmé pour porter le potentiel électrique (V_1) de la première cathode (16) à un premier potentiel de consigne ($V_{1,1}$), inférieur à un potentiel (W_1) d'émission de la première cathode (16), et pour porter le potentiel électrique (V_2) de la deuxième cathode (18) à un deuxième potentiel de consigne ($V_{2,2}$) inférieur au potentiel (V_0) de l'anode (20) et supérieur au premier potentiel de consigne ($V_{1,1}$), lorsque le dispositif de génération (10) est dans un premier mode de fonctionnement. 30
10. Dispositif de génération (10) selon la revendication 9, dans lequel la différence de potentiel entre le deuxième potentiel de consigne ($V_{2,2}$) et le potentiel (V_0) de l'anode (20) est sensiblement égale à $\frac{U_1}{D} \times d$, où U_1 est la différence de potentiel entre le premier potentiel de consigne ($V_{1,1}$) et le potentiel (V_0) de l'anode (20), D est la distance entre l'anode (20) et la première cathode (16), et d est la distance entre l'anode (20) et la deuxième cathode (18). 35 40 45 50
11. Dispositif de génération (10) selon la revendication 9 ou 10, dans lequel le module de commande (80) est programmé pour maintenir le potentiel électrique (V_1) de la première cathode (16) au premier potentiel de consigne ($V_{1,1}$) pendant une durée supérieure à

1 μ s dans le premier mode de fonctionnement.

12. Dispositif de génération (10) selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, dans lequel le module de commande (80) est programmé pour porter le potentiel électrique (V_2) de la deuxième cathode (18) à un troisième potentiel de consigne ($V_{2,2}$), inférieur à un potentiel (W_2) d'émission de la deuxième cathode (18), lorsque le dispositif de génération (10) est dans un autre mode de fonctionnement, le potentiel électrique (V_1) de la première cathode (16) étant sensiblement égal au potentiel électrique (V_2) de la deuxième cathode (18). 5
13. Dispositif de génération (10) selon la revendication 12, dans lequel le module de commande (80) est programmé pour faire varier cycliquement le potentiel électrique (V_2) de la deuxième cathode (18) entre le troisième potentiel de consigne ($V_{2,2}$) et le potentiel (V_0) de l'anode (20), lorsque le dispositif de génération (10) est dans l'autre mode de fonctionnement. 10 15 20
14. Dispositif de génération (10) selon la revendication 13, dans lequel l'anode (20) est tubulaire et s'étend suivant un axe (Z), chaque cathode (16, 18) étant entourée par l'anode (20) en étant sensiblement centrée sur l'axe (Z), et le dispositif de génération (10) comprend un focalisateur (76) pour former un champ magnétique (B) dans l'espace d'interaction (22), orienté suivant l'axe (Z), le module de commande (80) étant adapté pour commander une alimentation (78) du focalisateur (76) de façon à faire varier cycliquement l'intensité du champ magnétique (B), lorsque le dispositif de génération (10) est dans le deuxième mode de fonctionnement, entre une intensité maximale lorsque le potentiel électrique (V_2) de la deuxième cathode (18) est égal au troisième potentiel de consigne ($V_{2,2}$), et une intensité nulle lorsque le potentiel électrique (V_2) de la deuxième cathode (18) est au potentiel (V_0) de l'anode (20). 25 30 35 40 45 50

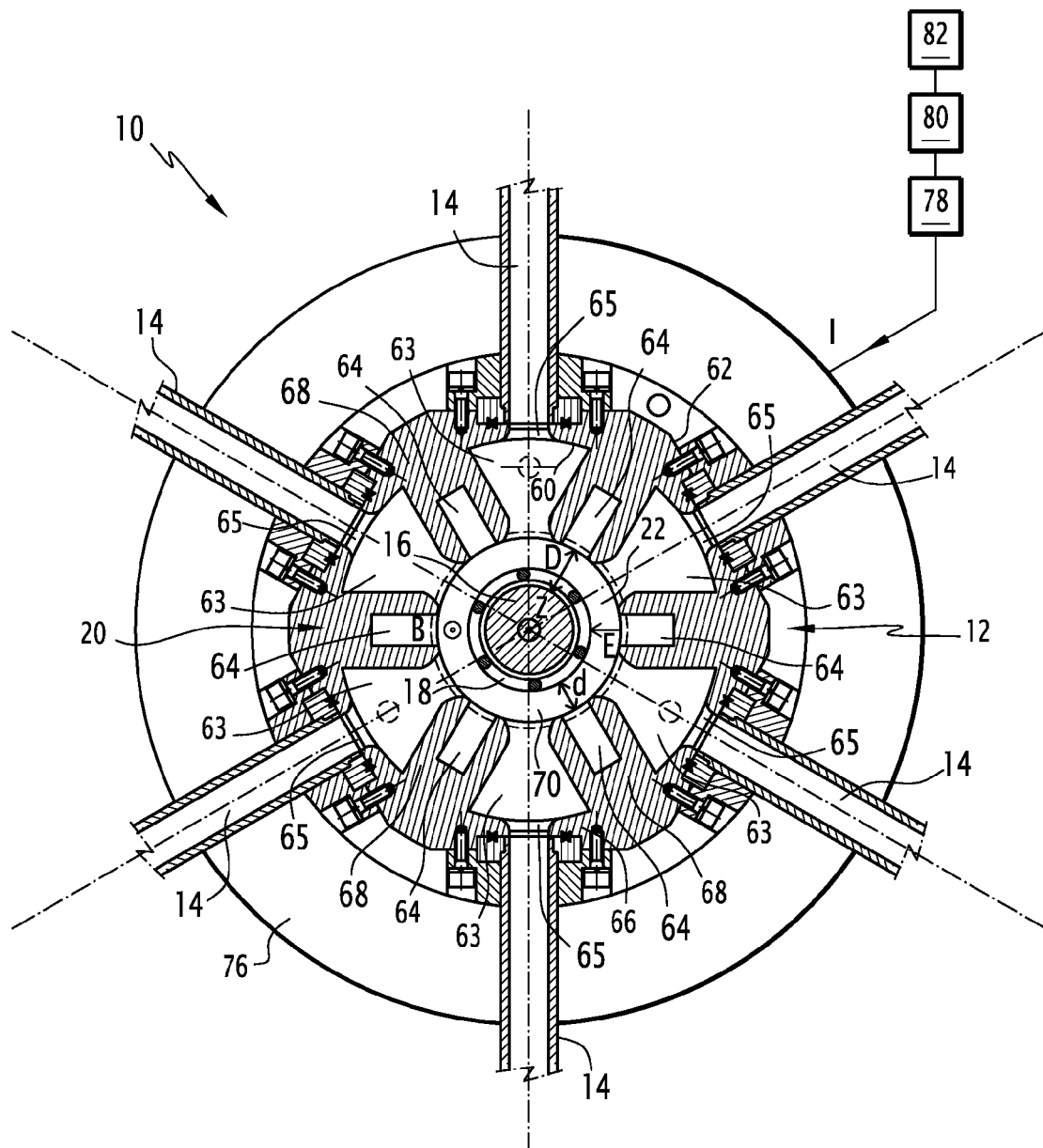


FIG.1

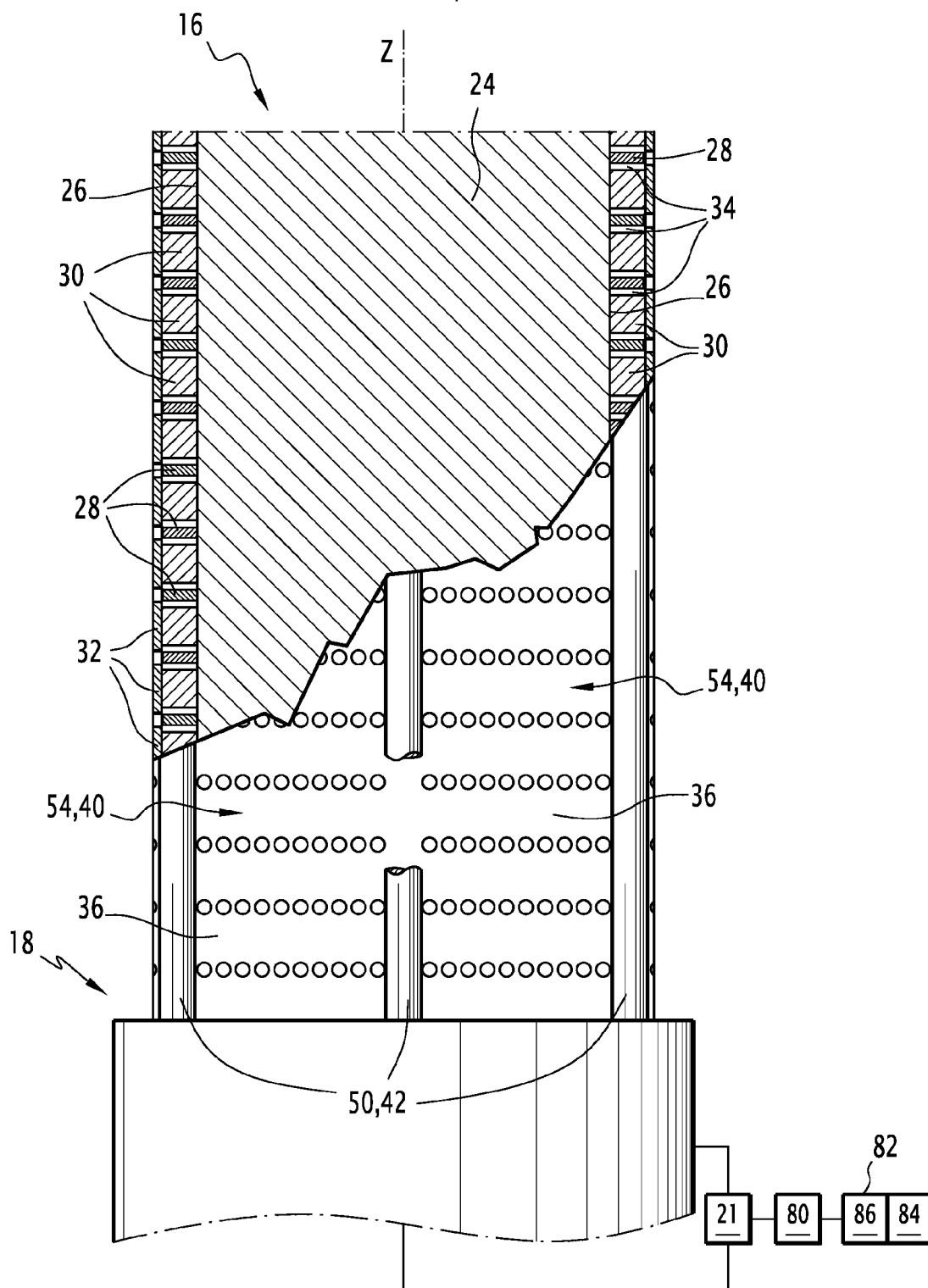


FIG.2

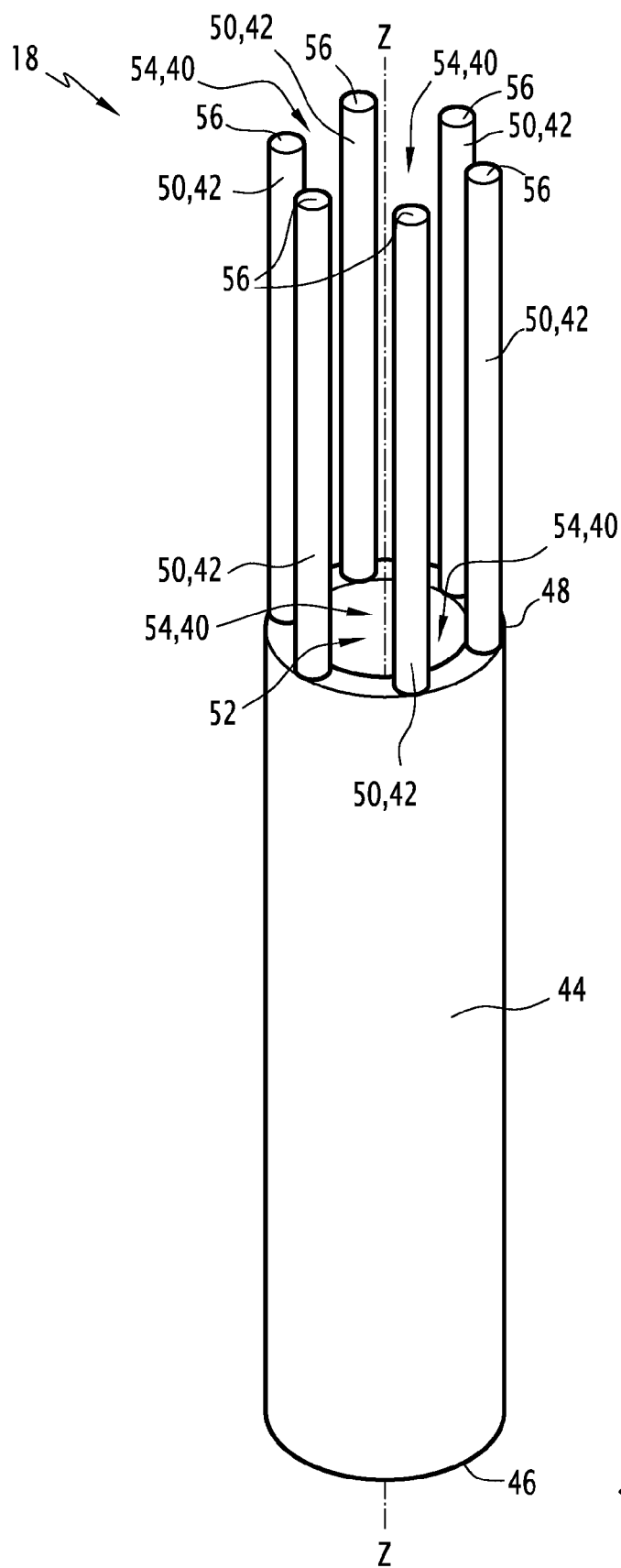


FIG. 3

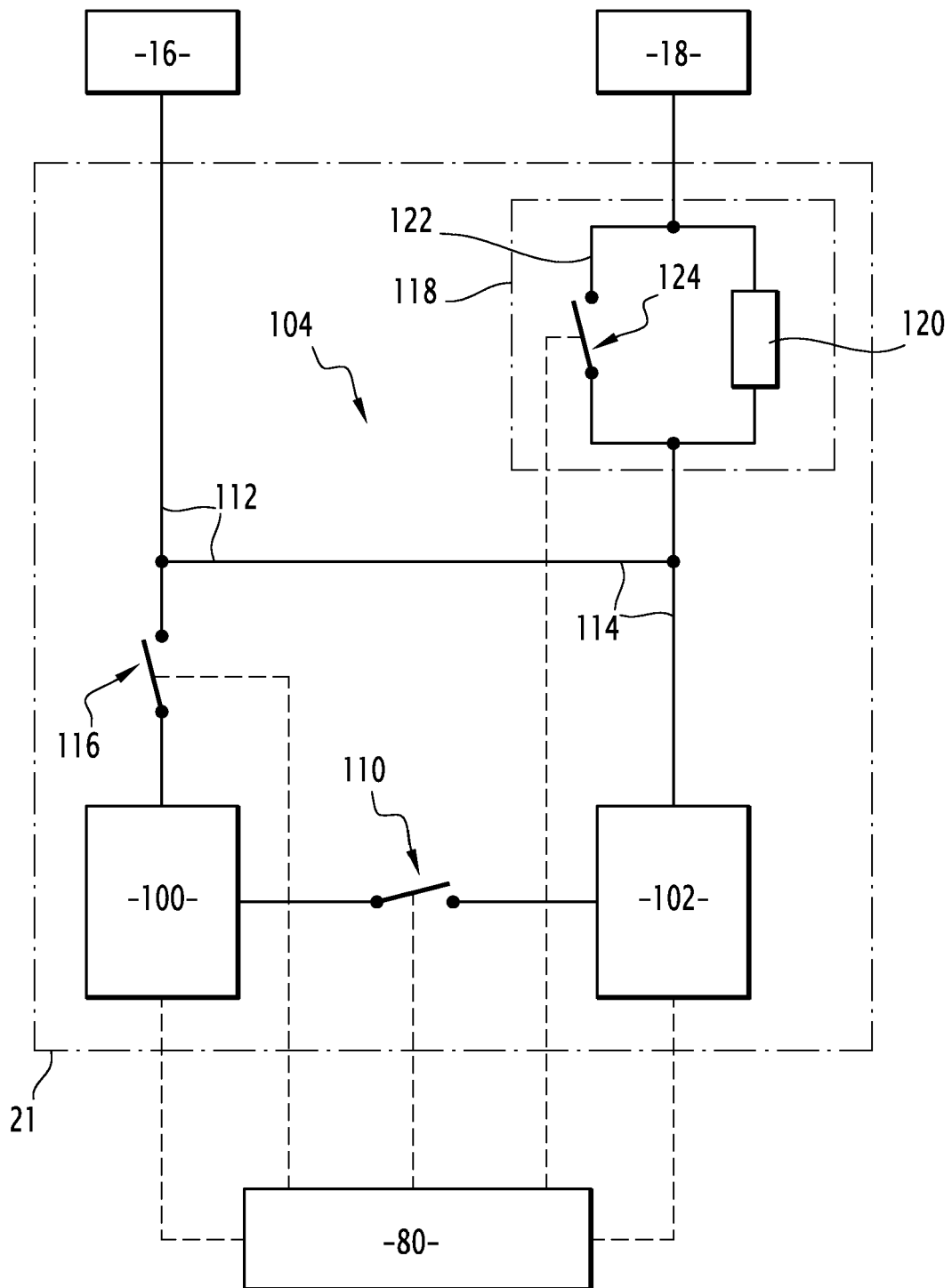


FIG.4

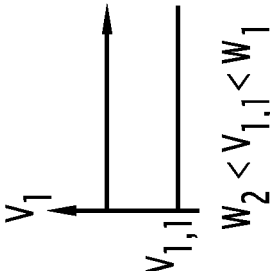
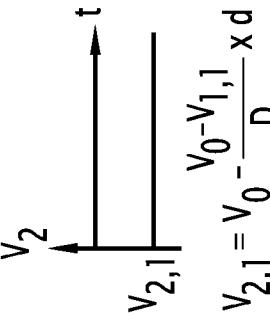
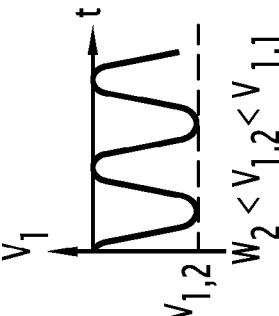
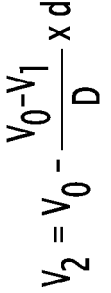
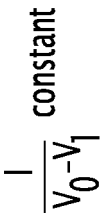
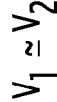
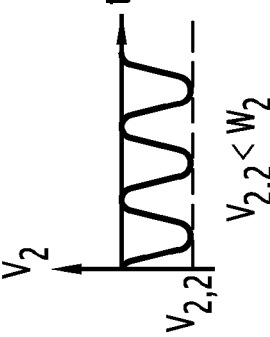
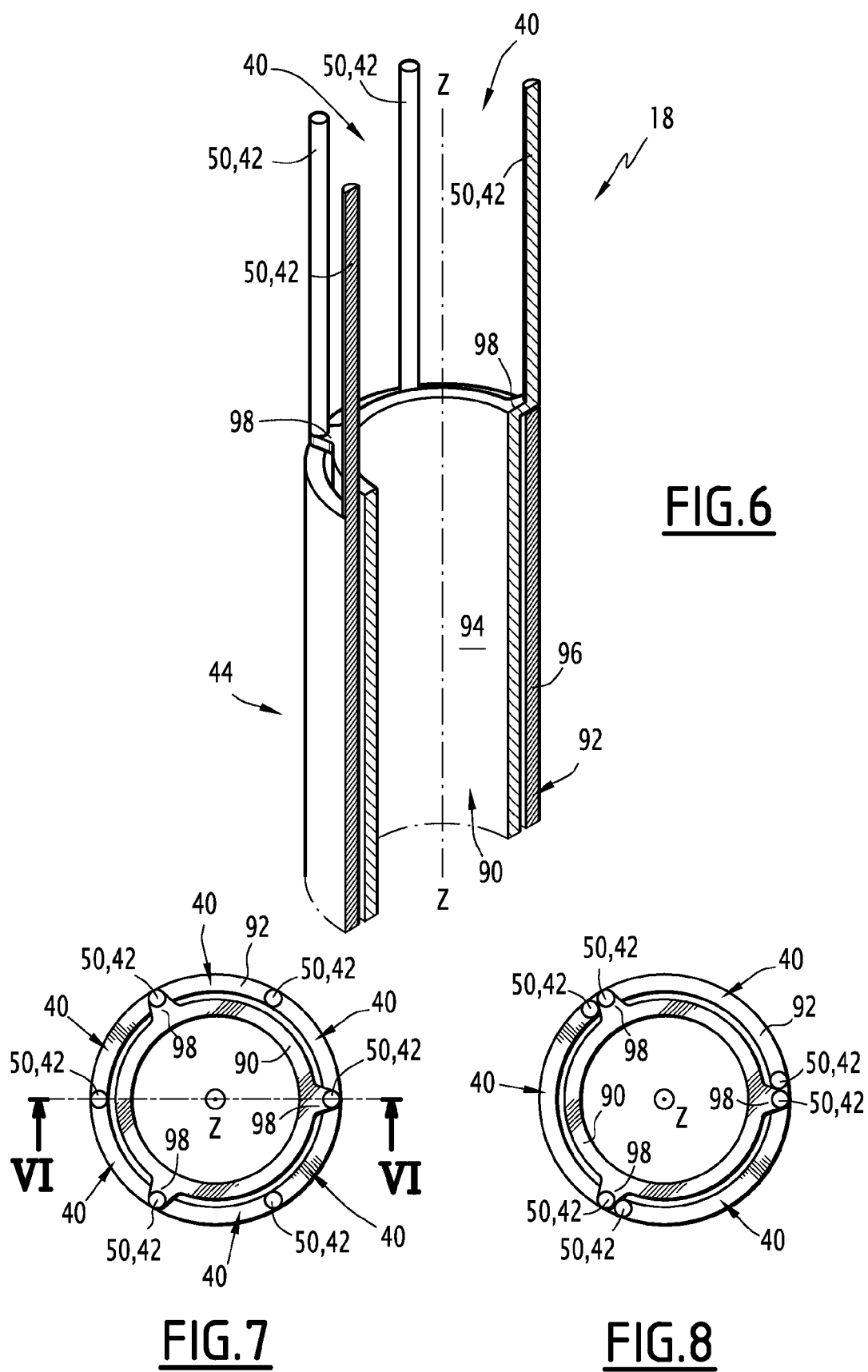
Mode de fonctionnement	V_1	V_2	I
Mode 1	 V_1 $V_{1,1}$ $W_2 < V_{1,1} < W_1$	 V_2 $V_{2,1}$ $V_{2,1} = V_0 - \frac{V_0 - V_{1,1}}{D} \times d$	
Mode 2	 V_1 $V_{1,2}$ $W_2 < V_{1,2} < V_{1,1}$	 V_2 $V_{2,2}$ $V_2 = V_0 - \frac{V_0 - V_1}{D} \times d$	
Mode 3	 $V_1 \approx V_2$	 V_2 $V_{2,2}$ $V_{2,2} < W_2$	

FIG.5



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- FR 2734076 A [0017]
- US 20080246385 A [0035]

Littérature non-brevet citée dans la description

- **ZHAO JINFENG**. Scandia-added Tungsten Dispenser Cathode Fabrication for THz Vacuum Integrated Power Amplifiers. *Terahertz Science and Technology*, Décembre 2011, vol. 4 (4), 240-252 [0026]