



(11) **EP 2 202 774 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
30.06.2010 Bulletin 2010/26

(51) Int Cl.:
H01J 23/12^(2006.01) H01J 23/36^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **09178423.1**

(22) Date de dépôt: **08.12.2009**

(84) Etats contractants désignés:
**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 SE SI SK SM TR**
Etats d'extension désignés:
AL BA RS

- **Bariou, David**
91120, PALAISEAU (FR)
- **Piquet, Jean- Luc**
91940, LES ULIS (FR)
- **Agogue, Serge**
91440, BURES SUR YVETTE (FR)

(30) Priorité: **23.12.2008 FR 0807393**

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

(72) Inventeurs:
• **Marchesin, Rodolphe**
91190, GIF SUR YVETTE (FR)

(74) Mandataire: **Lucas, Laurent Jacques et al**
Marks & Clerk France
Conseils en Propriété Industrielle
Immeuble " Visium "
22, avenue Aristide Briand
94117 Arcueil Cedex (FR)

(54) **Transition adaptée de sortie RF pour tube électronique hyperfréquences de puissance**

(57) L'invention concerne une transition hyperfréquence de sortie pour tube électronique de puissance comportant un corps (78) de forme tubulaire, selon un axe longitudinal ZZ', ayant deux extrémités (80, 90), un passage (79) entre les deux extrémités ayant des surfaces internes de propagation des ondes électromagnétiques, une des extrémité (90), en forme de tube cylindrique circulaire comportant une surface interne conique (130) de propagation, l'autre extrémité (80), en forme de tube de section rectangulaire comportant deux grands côtés (84, 85) et deux petits côtés (86, 87) perpendiculaires aux grands côtés, le passage ayant deux surfaces

internes planes (120, 122) de propagation parallèles aux grands côtés (84, 85) et deux autres surfaces internes planes (124, 126) parallèles aux petits cotés (86, 87),

Chacune des surfaces internes planes (120, 122) de propagation parallèles aux grands côtés (84, 85) est raccordée à la surface interne conique (130) de propagation par une surface courbe de raccordement (132, 133) respective ayant des rayons de courbure bidirectionnels.

Applications : tubes hyperfréquences de puissance, klystrons, TOP, etc.

EP 2 202 774 A1

Description

[0001] La présente invention concerne une transition entre une sortie radiofréquences d'un tube hyperfréquence de puissance et un guide d'onde.

[0002] Les tubes électroniques hyperfréquences de puissance tels que les klystrons fonctionnant en bande L, soit dans une bande de fréquences de 1000 à 2000 MHz, comportent au moins une sortie RF de puissance destinée à être raccordée à un guide d'onde pour la transmission de la puissance RF fournie par le tube vers un circuit d'utilisation hyperfréquences.

[0003] Le raccordement entre la cavité de sortie du klystron et le guide d'onde se fait par l'intermédiaire d'une fenêtre hyperfréquences transparente aux ondes électromagnétiques. La fenêtre hyperfréquences isole l'intérieur du tube sous vide de l'extérieur éventuellement sous pression de gaz. En outre, une transition après la fenêtre hyperfréquences est nécessaire pour raccorder la sortie de la fenêtre de forme cylindrique circulaire au guide de section rectangulaire.

[0004] Les klystrons conventionnels sont des amplificateurs comportant essentiellement une structure hyperfréquences destinée à amplifier une onde hyperfréquences appliquée à une entrée RF du tube. L'amplification s'effectue par transformation de l'énergie cinétique, d'un ou plusieurs faisceaux d'électrons traversant ladite structure, en énergie électromagnétique.

[0005] La figure 1 montre un schéma simplifié d'un klystron de l'état de l'art monofaisceau comportant une enceinte à vide 10 selon un axe longitudinal XX', le klystron ayant :

- un canon à électrons 20 avec une cathode 22 polarisée émettant un faisceau d'électrons 24 continu ou pulsé accélérés par une anode 26, dans l'axe XX',
- une cavité résonante d'entrée C1 pour moduler la densité des électrons du faisceau lorsqu'un signal radiofréquences (RF) y est injecté par une entrée RF 28 du tube,
- un circuit de focalisation 30 (ou de confinement) du faisceau d'électrons selon l'axe XX' réalisé, soit à partir d'aimants permanents, soit par des solénoïdes 32.
- un collecteur 40 d'électrons 44 du faisceau d'électrons permettant de recevoir la plus grande partie des électrons émis par la cathode 22 du tube et de dissiper leur énergie cinétique résiduelle après passage dans la structure hyperfréquence,
- un circuit résonnant 50, situé entre l'anode 26 et le collecteur 40 d'électrons, ayant pour fonctionnalité la conversion d'une partie de l'énergie cinétique des électrons du faisceau dans le circuit résonnant en énergie RF à la fréquence de résonance du circuit. Le circuit résonnant 50 est aussi désigné structure d'interaction. Le circuit résonnant fait partie intégrante du klystron et comporte une suite de cavités résonnantes C1, C2, C3, C4,... dans la structure hy-

perfréquences.

[0006] Le klystron comporte, en outre, au moins une sortie RF 58 de puissance, sous forme de guide d'onde, raccordé à une transition de sortie 60 pour extraire, vers l'extérieur du tube, la puissance RF amplifiée.

[0007] La transition de sortie 60 comporte, dans cet exemple de réalisation de klystron, une fenêtre en céramique 61 assurant l'étanchéité entre l'intérieur du tube sous vide et un guide d'onde de l'utilisation (non représenté sur la figure 1) sous pression de gaz et le raccordement à l'aide d'une bride 64 au guide d'onde.

[0008] Dans le cas d'un klystron de forte puissance de sortie, le guide d'onde utilisé est, par exemple en bande L, un guide d'onde WR650 de section rectangulaire.

[0009] La figure 2 montre une vue partielle (vue BB) d'une transition de sortie de l'état de l'art du klystron de la figure 1.

[0010] La transition de sortie 60 comporte du côté de la sortie du klystron par l'intermédiaire d'une fenêtre de séparation (non représentée sur la figure 2), une partie cylindrique 66 de section circulaire reliée à la sortie du klystron et, du côté opposé, une autre partie 68 en forme de tube de section rectangulaire comportant la bride 64 pour le raccordement au guide d'onde de l'utilisation. A l'intérieur de la transition, le raccord entre la surface cylindrique et celles planes de la section rectangulaire s'effectue par un raccordement 70 de rayon r.

[0011] Le circuit de sortie hyperfréquences est soumis à des champs électriques intenses par le passage de la puissance RF en sortie du klystron de puissance et notamment dans la transition de sortie 60. Si la valeur du champ électrique généré par l'onde de puissance RF dans la transition de sortie produit entre certains points de la transition (ou électrodes) une tension supérieure à la valeur de la tension de claquage de ladite transition alors un arc électrique se produit ce qui peut conduire à une dégradation du klystron.

[0012] La sortie du klystron comporte des détecteurs d'arcs mais aussi rapides qu'ils soient ces détecteurs ne se déclenchent qu'au moment où le claquage se produit, ce qui limite néanmoins l'évolution de l'arc dans le temps.

[0013] La tenue aux claquages du circuit de sortie de puissance du klystron dépend de différents paramètres tels que, le taux d'ondes stationnaire dans le circuit de sortie, les harmoniques du signal RF, la température de la transition et du guide d'onde ainsi que l'influence d'autres éléments présents dans le circuit de sortie tels que les composants de mesure ou les raccords, mais aussi les particules en suspension dans le gaz du circuit pressurisé qui diminuent la tenue aux amorçages d'arcs.

[0014] Afin d'éviter l'amorçage des arcs dans le circuit de sortie RF du tube, il est important de ne pas dépasser le seuil critique de claquage. Le champ électrique dans le circuit de sortie correspondant à cette limite est ce que l'on appelle la rigidité électrique du gaz. Cette rigidité électrique dépend du produit de la pression du gaz par la distance entre les parties du circuit de sortie suscep-

tible de provoquer l'arc (équivalent à des électrodes) ainsi que du matériau de ces parties du circuit.

[0015] En général, les arcs se produisent notamment dans la transition reliant la sortie du tube et le guide d'onde à l'intérieur de la transition, au niveau du raccordement 70 entre la partie cylindrique 66 et la partie rectangulaire 68 de la transition. Un point faible de ce type de transition de l'état de l'art représentée à la figure 2 est de présenter une zone à champ électrique renforcé localement du fait de la géométrie de cette zone, le champ électrique pouvant dépasser localement le seuil de claquage. Le champ électromagnétique dans la transition atteint un niveau maximum au niveau du raccordement 70 dans une partie centrale de ce raccordement.

[0016] La tenue aux arcs électriques de ce type de transition de l'état de l'art est limitée du fait d'un petit rayon r de raccordement, par exemple, de l'ordre de 2 à 3 mm en bande L, entre la surface interne de la partie cylindrique 66 et celle de la partie rectangulaire 68.

[0017] Le seuil de claquage dans un volume fermé et parcouru par une onde électromagnétique dépend de la composition du gaz utilisé mais aussi de la pression. Pour l'air sec, une valeur maximum de champ électrique de l'ordre de 1 kV/mm est usuelle dans le circuit de puissance RF.

[0018] Par exemple, dans des conditions de puissance et de fréquence déterminées, le champ électrique dans la transition peut être localement le double du champ électrique dans le guide d'onde. De ce fait, la transition devient l'élément du circuit hyperfréquences qui limite la puissance RF transmissible à cause du risque de claquage.

[0019] Pour augmenter le seuil de claquage de ce type de transition de l'état de l'art une solution consiste à utiliser un gaz comme l'hexafluorure de soufre, ou SF_6 , sous pression dans la transition et dans le guide d'onde d'utilisation.

[0020] La transition hyperfréquence 60 et le guide d'onde d'utilisation doivent être pressurisés d'un gaz de type SF_6 ou équivalent. Une pressurisation avec ce type de gaz SF_6 permet une transmission de puissance crête en sortie du klystron beaucoup plus importante qu'une pressurisation avec de l'air ou de l'azote.

[0021] Néanmoins, l'utilisation du gaz SF_6 pour la pressurisation comporte des inconvénients. En effet le SF_6 est un gaz à effet de serre, la maintenance du circuit de sortie, soit pour le pressuriser, soit pour le dépressuriser, nécessite des précautions pour éviter qu'une partie du gaz ne s'échappe dans l'atmosphère.

[0022] Toute une procédure doit être respectée afin d'éviter des fuites de ce gaz dans l'atmosphère tel que l'utilisation de bouteilles pour recueillir le gaz dans le circuit de sortie du klystron, la vidange du circuit par mise en pression du circuit par d'autre gaz ne présentant pas ces inconvénients.

[0023] En outre, le gaz SF_6 , bien que ne présentant pas de nocivité pour le personnel lorsqu'il est pur, peut devenir par la suite nocif lors de son remplacement après

une utilisation dans le circuit de sortie. En effet des claquages répétitifs dans le circuit de sortie RF produisent, par la décomposition du gaz SF_6 initialement pur, d'autres gaz, eux nocifs.

[0024] Pour pallier les inconvénients des transitions de puissance hyperfréquences de l'état de l'art l'invention propose une transition hyperfréquence de sortie pour tube électronique de puissance comportant un corps de forme tubulaire, selon un axe longitudinal ZZ' , ayant deux extrémités, un passage entre les deux extrémités ayant des surfaces internes de propagation des ondes électromagnétiques, une des extrémités, en forme de tube cylindrique circulaire comportant une surface interne conique de propagation, l'autre extrémité, en forme de tube de section rectangulaire comportant deux grands côtés et deux petits côtés perpendiculaires aux grands côtés, le passage ayant deux surfaces internes planes de propagation parallèles aux grands côtés et deux autres surfaces internes planes parallèles aux petits côtés, **caractérisée en ce que** chacune des surfaces internes planes de propagation parallèles aux grands côtés est raccordée à la surface interne conique de propagation par une surface courbe de raccordement respective ayant des rayons de courbure bidirectionnels.

[0025] Avantageusement, les rayons de courbure bidirectionnels sont de longueurs variables.

[0026] Dans une réalisation, les rayons de courbure bidirectionnels comportent des rayons de courbure horizontale tournant autour d'un respectif axe de rotation parallèle aux petits côtés de l'extrémité rectangulaire du corps et des rayons de courbure verticale, tournant autour d'un respectif axe de rotation parallèle aux grands côtés de ladite extrémité rectangulaire du corps.

[0027] Dans une autre réalisation, les deux surfaces courbes de raccordement, des surfaces internes planes de propagation parallèles aux grands côtés, à la surface interne conique de propagation, sont symétriques de part et d'autre de l'axe ZZ' .

[0028] Dans une autre réalisation, un rayon de courbure verticale R_{vc} dans un plan passant par l'axe ZZ' du corps est de longueur plus grande qu'un premier R_{v1} ou dernier R_{vp} rayon de courbure verticale dans son respectif plan perpendiculaire aux grands côtés de l'extrémité rectangulaire passant par les surfaces internes planes des petits côtés de la section rectangulaire, ces premier et dernier rayons de courbure verticale de valeurs égales étant les plus petits des rayons de courbure verticale des deux surfaces internes de raccordement avec les surfaces internes parallèles aux grands côtés de l'extrémité rectangulaire.

[0029] Dans une autre réalisation, le corps de la transition comporte une partie centrale entre l'extrémité en forme de tube de section rectangulaire et l'extrémité en forme de tube cylindrique circulaire, ladite partie centrale ayant des surfaces externes en contact avec le milieu ambiant, d'une part, deux surfaces externes planes de raccordement dans des respectifs plans inclinés symétriques par rapport à un plan passant par l'axe ZZ' paral-

lèle aux grands côtés de l'extrémité rectangulaire du corps et, d'autre part, deux autres surfaces externes planes de raccordement symétriques de part et d'autre d'un autre plan passant par l'axe ZZ', parallèles aux petits côtés de l'extrémité rectangulaire de la transition.

[0030] Dans une autre réalisation particulière, les dimensions du corps de la transition sont :

- longueur L = 99 mm, selon l'axe ZZ',
- l'extrémité circulaire de diamètre D = 205 mm.
- la surface interne conique, celle d'un cône d'angle au sommet $\theta = 135^\circ$
- la section rectangulaire interne de l'extrémité rectangulaire de hauteur H = 82 mm. et de largeur L = 165 mm,
- le rayon de courbure verticale Rvc dans le plan P3 perpendiculaire à l'axe ZZ' et passant par cet axe est de 60 mm.

[0031] Dans une autre réalisation, la transition comporte une bride de raccordement solidaire de l'extrémité rectangulaire du corps et une fenêtre de séparation cylindrique circulaire solidaire de l'extrémité circulaire dudit corps.

[0032] L'invention concerne aussi un tube électronique choisi parmi les Klystrons, TOP, ou autre tube de puissance hyperfréquences, **caractérisé en ce qu'il** comporte une transition de sortie RF selon l'invention.

[0033] Un principal objectif de transition, selon l'invention, est de rendre possible l'utilisation, dans le circuit de sortie RF de puissance d'un tube, d'un gaz de pressurisation sans effet de serre et sans nocivité pour le personnel de maintenance, tel que l'air ou l'azote, tout en obtenant une tenue au claquage suffisante dans la transition.

[0034] Un second objectif, par exemple, est de diminuer le taux de claquage pour une puissance de sortie et pour un gaz de pressurisation donnés.

[0035] L'invention sera mieux comprise à l'aide d'exemples de réalisations de transitions selon l'invention et d'un klystron équipé de la transition en référence aux dessins indexés dans lesquels :

- la figure 1, déjà décrite, montre un schéma simplifié d'un klystron de l'état de l'art ;
- la figure 2, déjà décrite, montre une vue partielle d'une transition de sortie de l'état de l'art du klystron de la figure 1 ;
- les figures 3a et 3b montrent deux vues filaires en perspective du corps d'une transition selon l'invention ;
- la figure 4a représente une vue de face de la partie cylindrique circulaire du corps de la transition des figures 3a et 3b ;
- la figure 4b une vue en coupe axiale du corps de la transition des figures 3a et 3b ;
- la figure 5 montre une variante d'une transition, selon l'invention, comportant une bride de raccordement

à un guide d'onde d'utilisation ;

- la figure 6 montre une autre variante de la transition selon l'invention comportant une bride de raccordement à un guide d'onde d'utilisation et une fenêtre de séparation cylindrique circulaire et ;
- la figure 7 montre le klystron de la figure 1 comportant une transition selon l'invention.

[0036] Les figures 3a et 3b montrent deux vues filaires en perspective du corps d'une transition selon l'invention.

[0037] La transition selon l'invention comporte un corps 78 de forme tubulaire, selon un axe longitudinal ZZ', ayant deux extrémités, un passage 79 entre les deux extrémités. Une des extrémités 80 est en forme de tube de section rectangulaire comportant deux grands côtés 84, 85 parallèles et deux petits côtés 86, 87 perpendiculaires aux grands côtés, l'autre extrémité 90 est en forme de tube circulaire.

[0038] L'extrémité 80 de section rectangulaire est destinée à recevoir une bride de raccordement (non représentée sur la figure) à un guide d'onde d'utilisation, de même section rectangulaire, l'extrémité circulaire 90 étant destinée à être raccordée à la sortie RF du tube électronique.

[0039] Le corps de la transition comporte, en outre, une partie centrale 94 entre l'extrémité tubulaire rectangulaire 80 et l'extrémité tubulaire circulaire 90.

[0040] Le corps de la transition comporte des surfaces externes en contact avec le milieu ambiant et, dans le passage 79, des surfaces internes de propagation des ondes électromagnétiques en sortie RF du tube vers le guide d'onde.

[0041] Les surfaces externe du corps de la transition comportent, au niveau de la partie centrale 94 du corps, d'une part, deux surfaces externes planes 100, 102 de raccordement aux extrémités du corps, dans des respectifs plans Ph, Pb, inclinés symétriques par rapport à un plan P1 passant par l'axe ZZ' parallèle aux grands côtés 84, 85 de l'extrémité rectangulaire 80 du corps 78 et, d'autre part, deux autres surfaces externes planes 104, 106 de raccordement auxdites extrémités du corps, symétriques de part et d'autre d'un autre plan P2 passant par l'axe ZZ', parallèles aux petits côtés 86, 87 de l'extrémité rectangulaire de la transition.

[0042] La forme des deux surfaces externes planes 100, 102 de raccordement inclinées symétriques résulte de l'intersection des plans inclinés Ph, Pb passant par ces surfaces et de l'extrémité cylindrique circulaire 90 du corps.

[0043] Le raccordement entre l'extrémité rectangulaire 80 du corps et la partie centrale 94 comportent un décrochement 110 dans un plan perpendiculaire à l'axe ZZ' formant une butée pour le positionnement d'une bride de raccordement (non représentée sur les figures) avec un guide d'onde

[0044] Le volume interne du passage 79 délimité par les surfaces internes du corps 78 détermine la propagation des ondes électromagnétiques dans la transition.

Ces surfaces internes comportent, du côté de l'extrémité rectangulaire du corps, deux surfaces internes planes 120, 122 parallèles aux grands côtés 84, 85 du guide et deux autres surfaces internes planes 124, 126 parallèles aux petits côtés 86, 87 et, du côté de l'extrémité cylindrique circulaire 90 une surface interne conique 130 de propagation.

[0045] La surface interne conique 130 présente deux bords d'intersection 140, 142 avec les surfaces internes planes 124, 126 parallèles aux petits côtés 86, 87 de l'extrémité rectangulaire 80 du corps.

[0046] Chacune des deux surfaces internes planes 120, 122 parallèles aux grands côtés 84, 85 de l'extrémité rectangulaire du corps est raccordée à la surface interne conique 130 de l'extrémité cylindrique circulaire 90 par une surface courbe 132, 133 respectivement symétriques de part et d'autre de l'axe ZZ' ayant, selon une principale caractéristique de l'invention, des rayons de courbure bidirectionnels de longueurs variables.

[0047] Les inclinaisons par rapport à l'axe ZZ' des deux surfaces externes planes 100, 102 de raccordement inclinées permet un raccordement des surfaces internes des deux extrémités de la transition par les surfaces courbes 132, 133 avec des rayons de raccordement beaucoup plus importants que les rayons de raccordement r des transitions de l'état de l'art tel que représenté à la figure 2.

[0048] La figure 4a représente une vue de face de la partie cylindrique circulaire 90 du corps de la transition des figures 3a et 3b montrant les surfaces courbes de raccordement 132, 133 sous forme de courbes de niveau horizontal $h_1, h_2, h_i, \dots, h_n$ de ladite surface courbe, i étant un nombre entier compris entre 1 et n , n étant le nombre de courbes de niveau horizontal, et la figure 4b une vue en coupe axiale du corps de la transition des figures 3a et 3b.

[0049] La figure 4b montre une vue en coupe selon AA (voir figure 4a) dans un plan P3 perpendiculaire aux grands côtés 84, 85 de l'extrémité rectangulaire du corps de la transition passant par l'axe longitudinal ZZ'.

[0050] En se référant à la figure 4a, chacune des courbes de niveau horizontal $h_1, h_2, h_i, \dots, h_n$ des bords des surfaces de raccordement 132, 133 s'inscrit dans une portion de courbe ayant un respectif rayon de courbure horizontale $Rh_1, Rh_2, \dots, Rhi, \dots, Rhn$, chacun desdits rayons de courbure horizontale tournant au tour d'un respectif axe de rotation parallèle aux petits côtés 86, 87 de l'extrémité rectangulaire 80 du corps.

[0051] Les rayons de courbure horizontale sont de longueur variable et de centre de rotation variable dans des plans perpendiculaires aux petits côtés 86, 87 de la section rectangulaire du corps en fonction de la courbe de niveau horizontal $h_1, h_2, h_i, \dots, h_n$ considérée.

[0052] En effet, un premier rayon de courbure horizontale Rh_1 aura une longueur finie déterminant le niveau horizontal h_1 , intersection entre la surface interne conique 130 et la surface courbe 132, 134 respectivement. Le dernier rayon de courbure horizontale Rhn sera de lon-

gueur infinie déterminant le dernier niveau horizontal h_n , intersection entre la surface courbe 132, 133 et cette fois-ci une surface interne plane 120, 122 respectivement des grands côtés de la section rectangulaire du corps. L'ensemble des rayons intermédiaires de courbure horizontale $Rh_1, Rh_2, \dots, Rhi, \dots, Rhn$, parmi lesquels le rayon de courbure horizontale Rhi intermédiaire de rang i , déterminent la forme de la surface courbe 132, 133.

[0053] La figure 4b montre des courbes de niveau vertical $v_1, v_2, \dots, vx, \dots, vp$ de la surface courbe interne dans un respectif plan de coupe $Pv_1, Pv_2, \dots, Pvx, \dots, Pvp$ perpendiculaires aux grands côtés 84, 85 des extrémités rectangulaires 80 du corps, x étant un nombre entier compris entre 1 et p nombre de courbes de niveau vertical.

[0054] En se référant à la figure 4b, chacune des courbes de niveau vertical $v_1, v_2, \dots, vx, \dots, vp$ des bords de la surface de raccordement interne s'inscrit dans une portion de courbe ayant un respectif rayon de courbure vertical $Rv_1, Rv_2, \dots, Rvx, \dots, Rvc, \dots, Rvp$, chacun desdits rayons de courbure vertical tournant au tour d'un respectif axe de rotation parallèle aux grands côtés 84, 85 de l'extrémité rectangulaire 80 du corps.

[0055] Les rayons de courbure verticale sont de longueurs variables et de centres de rotation variables dans les plans $Pv_1, Pv_2, \dots, Pvx, \dots, Pvp$ parallèles aux petits côtés de la section rectangulaire du corps en fonction de la courbe de niveau vertical $v_1, v_2, \dots, vx, \dots, vp$ considérée.

[0056] En effet, le rayon de courbure verticale Rvc dans le plan P3 passant par l'axe ZZ' du corps est de longueur plus grande qu'un premier Rv_1 ou dernier Rvp rayon de courbure verticale dans leur respectif plan perpendiculaire aux grands côtés de l'extrémité passant par les surfaces internes 124, 126 des petits côtés de la section rectangulaire. Ces premier Rv_1 et dernier Rvp rayons de courbure verticale, de valeurs égales, sont les plus petits des rayons de courbure verticale des deux surfaces internes de raccordement 132, 133 avec les surfaces internes 120, 122 parallèles aux grands côtés 84, 85 de l'extrémité rectangulaire du corps.

[0057] Dans la transition selon l'invention, la distance entre deux points symétriques des surfaces courbes de raccordement, dans des plans perpendiculaire aux grands côtés 84, 85 de la section rectangulaire, augmente progressivement lorsqu'on passe de la section rectangulaire à l'extrémité circulaire.

[0058] La forme des surfaces internes du corps de la transition permet d'obtenir des courbures, notamment dans la partie centrale de la transition, bien plus importantes que dans les transitions de l'état de l'art. Cette caractéristique se traduit par une baisse notable du champ électrique pour une même puissance RF transmise au niveau des surfaces internes de raccordement de la transition. La tenue au claquage de la transition s'en trouve considérablement améliorée.

[0059] Dans une réalisation particulière de la transition des figures 3a, 3b, 4a, 4b les dimensions du corps de la transition s sont :

- longueur $L = 99$ mm, selon l'axe ZZ' ,
- l'extrémité circulaire 90 est de diamètre $D = 205$ mm.
- la surface interne conique 130 est celle d'un cône d'angle au sommet $\theta = 135^\circ$
- la section rectangulaire interne de l'extrémité rectangulaire 80 est de hauteur $H = 82$ mm. et de largeur $L = 165$ mm,
- les plans Ph et Pb des surfaces externes inclinées par rapport à l'axe ZZ' , d'angle $\alpha = 52^\circ$,
- le rayon de courbure verticale R_{vc} dans le plan P3 perpendiculaire à l'axe ZZ' et passant par cet axe est de 60 mm. Ce rayon de courbure verticale R_{vc} est bien plus important que le rayon r de raccordement de la transition de l'état de l'art de la figure 2 qui est de l'ordre de 2 à 3 mm.

[0060] Une des principales conséquences de ce nouveau type de transition selon l'invention est que le gaz de pressurisation dans le guide d'onde et dans la transition peut être un gaz sans effet de serre et sans nocivité pour le personnel de maintenance, tel que l'air ou l'azote, tout en obtenant une tenue au claquage suffisante dans la transition.

[0061] Par exemple, pour une puissance RF fournie de 5 MW en sortie du klystron fonctionnant en bande L de la figure 1 et une transition, selon l'invention, sous pression d'air de 2 bars, le champ électrique au niveau des surfaces internes planes 120, 122, 124, 126 de la partie de section rectangulaire sera de l'ordre de 0,88 KV/mm. Le champ électrique au niveau des surfaces de raccordement 130, 132 sera de l'ordre 0,94 KV/mm. C'est un niveau de champ électrique bien inférieur à celui (1,8 KV/mm) apparaissant au niveau du raccordement 70 de la transition de l'état de l'art représentée à la figure 2.

[0062] Le profil spécifique à rayons variables bidirectionnels de la transition selon l'invention permet donc de réduire suffisamment les champs électriques générés par le passage de la puissance hyperfréquences sous forme d'onde dans ce circuit (transition + guide d'onde WR650) pour n'avoir à utiliser que de l'air ou de l'azote à l'intérieur de ce dernier.

[0063] L'avantage de l'utilisation d'air comme gaz de pressurisation est une maintenance plus simple et sans danger pour le personnel.

[0064] La transition, selon l'invention, est aussi adaptée au passage des ondes électromagnétiques se traduisant par un coefficient de réflexion optimisé.

[0065] La figure 5 montre une variante d'une transition, selon l'invention, comportant le corps 78 de la transition solidaire d'une bride 150 de raccordement à un guide d'onde d'utilisation (non représenté sur la figure).

[0066] La bride 150, de même section rectangulaire que le guide d'onde, est solidaire de façon étanche de l'extrémité rectangulaire 80 du corps 78 de la transition.

[0067] la figure 6 montre une autre variante de la transition selon l'invention comportant une bride de raccordement à un guide d'onde d'utilisation et une fenêtre de

séparation cylindrique circulaire.

[0068] La figure 6 montre une autre variante de la transition selon l'invention comportant la bride 150 de raccordement telle que représentée à la figure 5 solidaire de l'extrémité rectangulaire 80 du corps 78 et une fenêtre de séparation 160 cylindrique circulaire. La fenêtre de séparation 160 est coaxiale, de même diamètre et solidaire de façon étanche de la partie circulaire 90 du corps 78.

[0069] La fenêtre de séparation 160 comporte une rondelle de séparation 162 coaxiale en céramique transparente aux ondes électromagnétiques séparant deux milieux physiques différents, d'un côté le vide du tube électronique, de l'autre le gaz sous pression dans le guide d'onde.

[0070] La bride 150 et la fenêtre de séparation 160 peuvent être rendues solidaires du corps 78 par exemple par une opération de brassage.

[0071] La figure 7 montre le klystron de la figure 1 comportant une transition, selon l'invention, selon la variante de la figure 6.

[0072] Dans cette variante de la figure 6, la sortie RF de puissance du tube est reliée à la fenêtre 160 de la transition selon l'invention de façon étanche. Le guide d'onde d'utilisation comporte aussi une bride de raccordement (non représentée sur la figure) le rendant aussi solidaire et de façon étanche de la transition du côté de son extrémité rectangulaire par l'intermédiaire de la bride 150 de la transition.

Revendications

1. Transition hyperfréquence de sortie pour tube électronique de puissance comportant un corps (78) de forme tubulaire, selon un axe longitudinal ZZ' , ayant deux extrémités (80, 90), un passage (79) entre les deux extrémités ayant des surfaces internes (120, 122, 124, 126, 130, 132, 133) de propagation des ondes électromagnétiques, une des extrémités (90), en forme de tube cylindrique circulaire comportant une surface interne conique (130) de propagation, l'autre extrémité (80), en forme de tube de section rectangulaire comportant deux grands côtés (84, 85) et deux petits côtés (86, 87) perpendiculaires aux grands côtés, le passage ayant deux surfaces internes planes (120, 122) de propagation parallèles aux grands côtés (84, 85) et deux autres surfaces internes planes (124, 126) parallèles aux petits côtés (86, 87),

caractérisée en ce que chacune des surfaces internes planes (120, 122) de propagation parallèles aux grands côtés (84, 85) est raccordée à la surface interne conique (130) de propagation par une surface courbe de raccordement (132, 133) respective ayant des rayons de courbure bidirectionnels.

2. Transition hyperfréquence selon la revendication 1,

caractérisée en ce que les rayons de courbure bidirectionnels sont de longueurs variables.

3. Transition hyperfréquence selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisée en ce que** les rayons de courbure bidirectionnels comportent des rayons de courbure horizontale (Rh1, Rh2,... Rhi,...Rhn), tournant autour d'un respectif axe de rotation parallèle aux petits côtés (86, 87) de l'extrémité rectangulaire (80) du corps (78) et des rayons de courbure verticale (Rv1, Rv2..., Rvx,...Rvp), tournant autour d'un respectif axe de rotation parallèle aux grands côtés (86, 87) de ladite extrémité rectangulaire du corps.

4. Transition hyperfréquence selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** les deux surfaces courbes (132, 133) de raccordement, des surfaces internes planes (120, 122) de propagation parallèles aux grands côtés, à la surface interne conique (130) de propagation, sont symétriques de part et d'autre de l'axe ZZ'.

5. Transition hyperfréquence selon lune des revendications 3 ou 4, **caractérisée en ce qu'un** rayon de courbure verticale Rvc dans un plan (P3) passant par l'axe ZZ' du corps est de longueur plus grande qu'un premier Rv1 ou dernier Rvp rayon de courbure verticale dans son respectif plan (Pv1, Pvp) perpendiculaire aux grands côtés de l'extrémité rectangulaire (80) passant par les surfaces internes planes (124, 126) des petits côtes de la section rectangulaire, ces premier et dernier rayons de courbure verticale de valeurs égales étant les plus petits des rayons de courbure verticale des deux surfaces internes de raccordement (132, 133) avec les surfaces internes (120, 122) parallèles aux grands côtés de l'extrémité rectangulaire.

6. Transition hyperfréquence selon lune des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce que** le corps (78) de la transition comporte une partie centrale (94) entre l'extrémité (80) en forme de tube de section rectangulaire et l'extrémité (90) en forme de tube cylindrique circulaire, ladite partie centrale ayant des surfaces externes en contact avec le milieu ambiant, d'une part, deux surfaces externes planes (100, 102) de raccordement dans des respectifs plans (Ph, Pb), inclinés symétriques par rapport à un plan (P1) passant par l'axe ZZ' parallèle aux grands côtés (84, 85) de l'extrémité rectangulaire (80) du corps (78) et, d'autre part, deux autres surfaces externes planes (104, 106) de raccordement symétriques de part et d'autre d'un autre plan (P2) passant par l'axe ZZ', parallèles aux petits côtés (86, 87) de l'extrémité rectangulaire (80) de la transition.

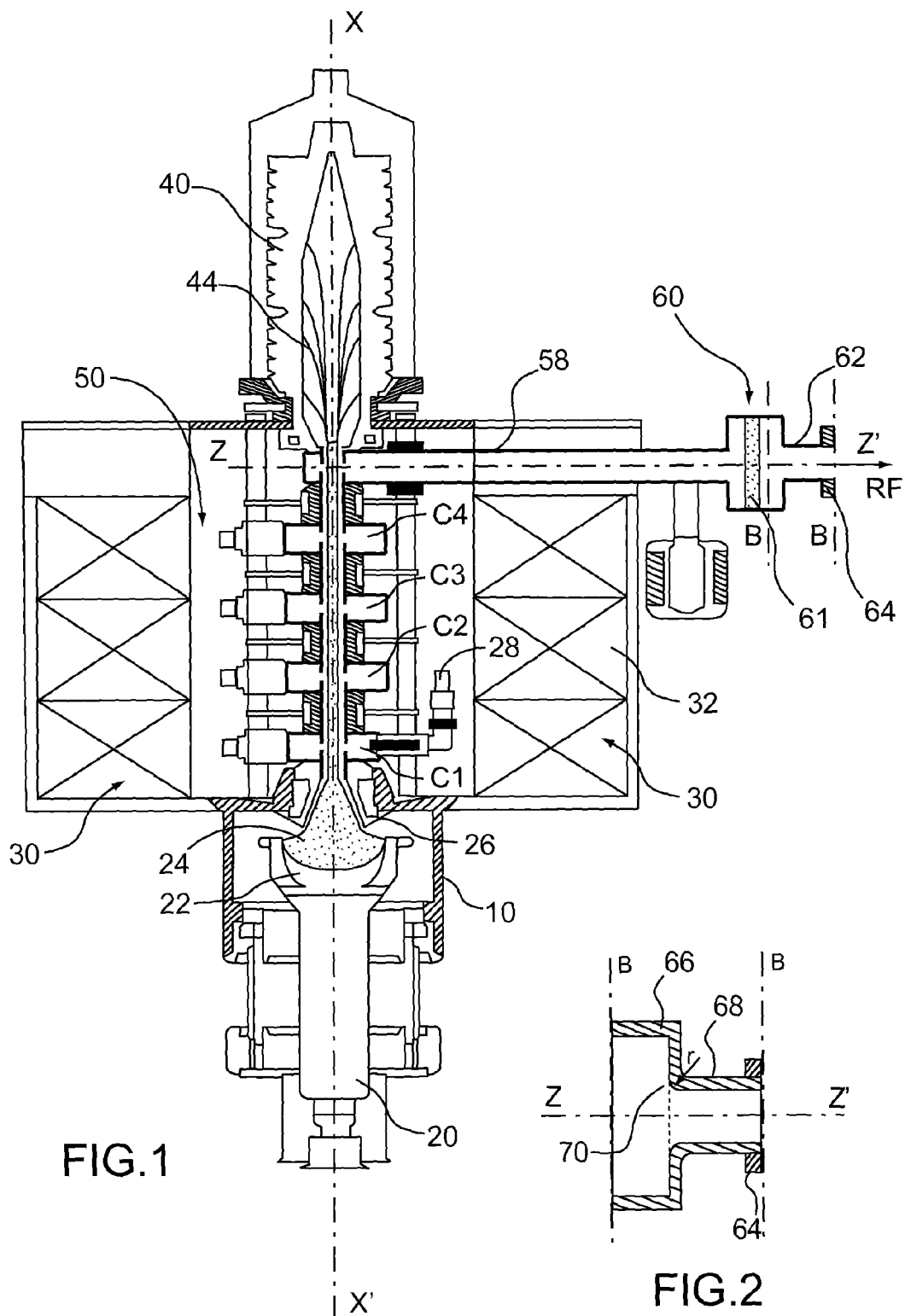
7. Transition hyperfréquence selon lune des revendications

1 à 6, **caractérisée en ce que**, dans une réalisation particulière les dimensions du corps (78) de la transition sont :

- 5 - longueur L = 99 mm, selon l'axe ZZ',
- l'extrémité circulaire (90) de diamètre D = 205 mm.
- 10 - la surface interne conique (130,) celle d'un cône d'angle au sommet $\theta = 135^\circ$
- la section rectangulaire interne de l'extrémité rectangulaire (80) de hauteur H= 82mm. et de largeur L = 165mm,
- 15 - le rayon de courbure verticale Rvc dans le plan ((P3) perpendiculaire à l'axe ZZ' et passant par cet axe est de 60mm.

8. Transition hyperfréquence selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisée en ce qu'elle** comporte une bride (150) de raccordement solidaire de l'extrémité rectangulaire (80) du corps (78) et une fenêtre de séparation (160) cylindrique circulaire solidaire de l'extrémité circulaire (90) dudit corps.

9. Tube électronique choisi parmi les Klystrons, TOP, ou autre tube de puissance hyperfréquences, **caractérisé en ce qu'il** comporte une transition de sortie RF selon l'une des revendications 1 à 8.



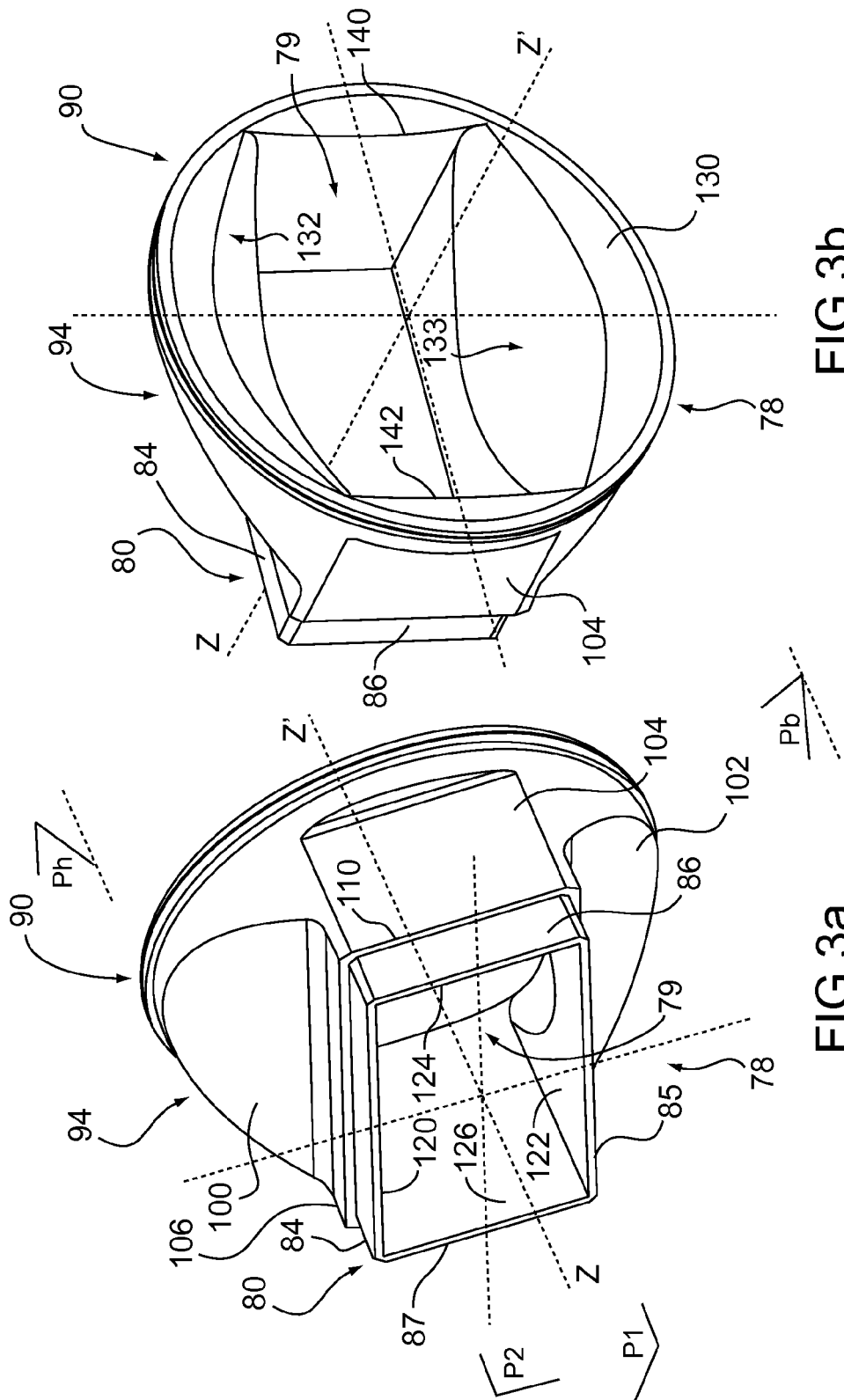


FIG.3b

FIG.3a

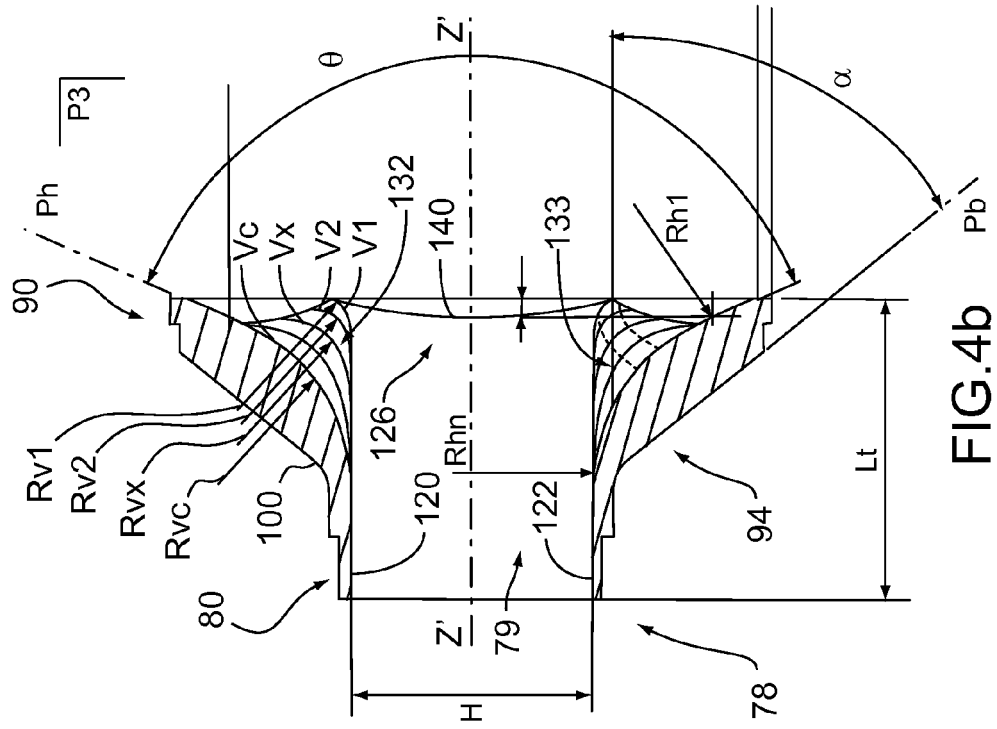


FIG. 4b

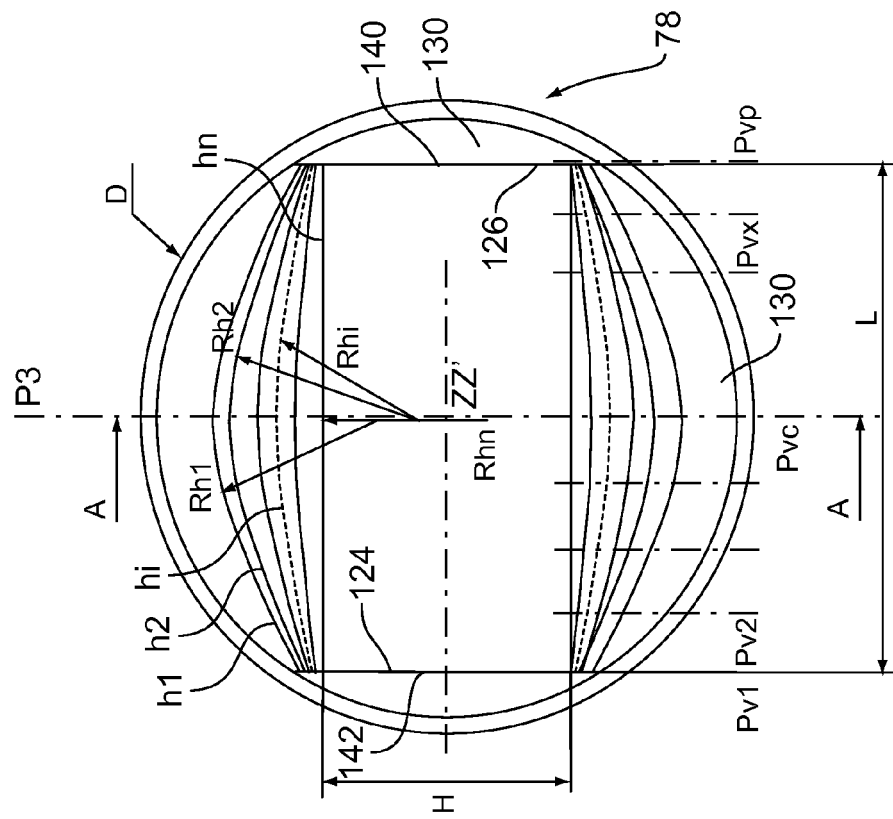


FIG. 4a

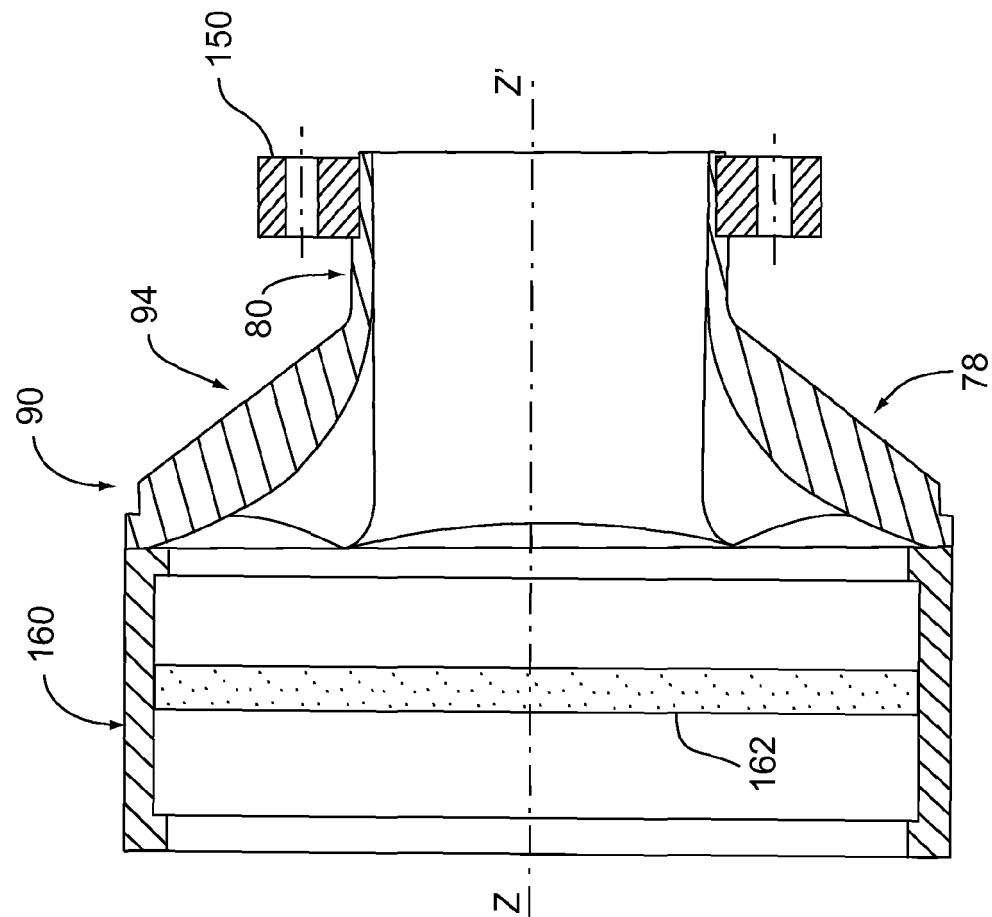


FIG. 6

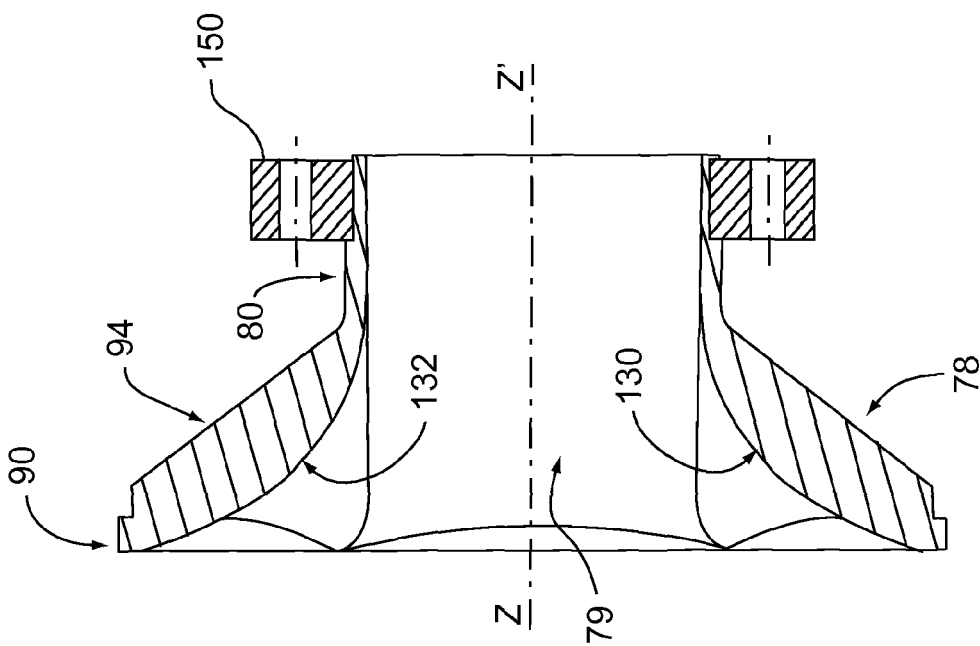


FIG. 5

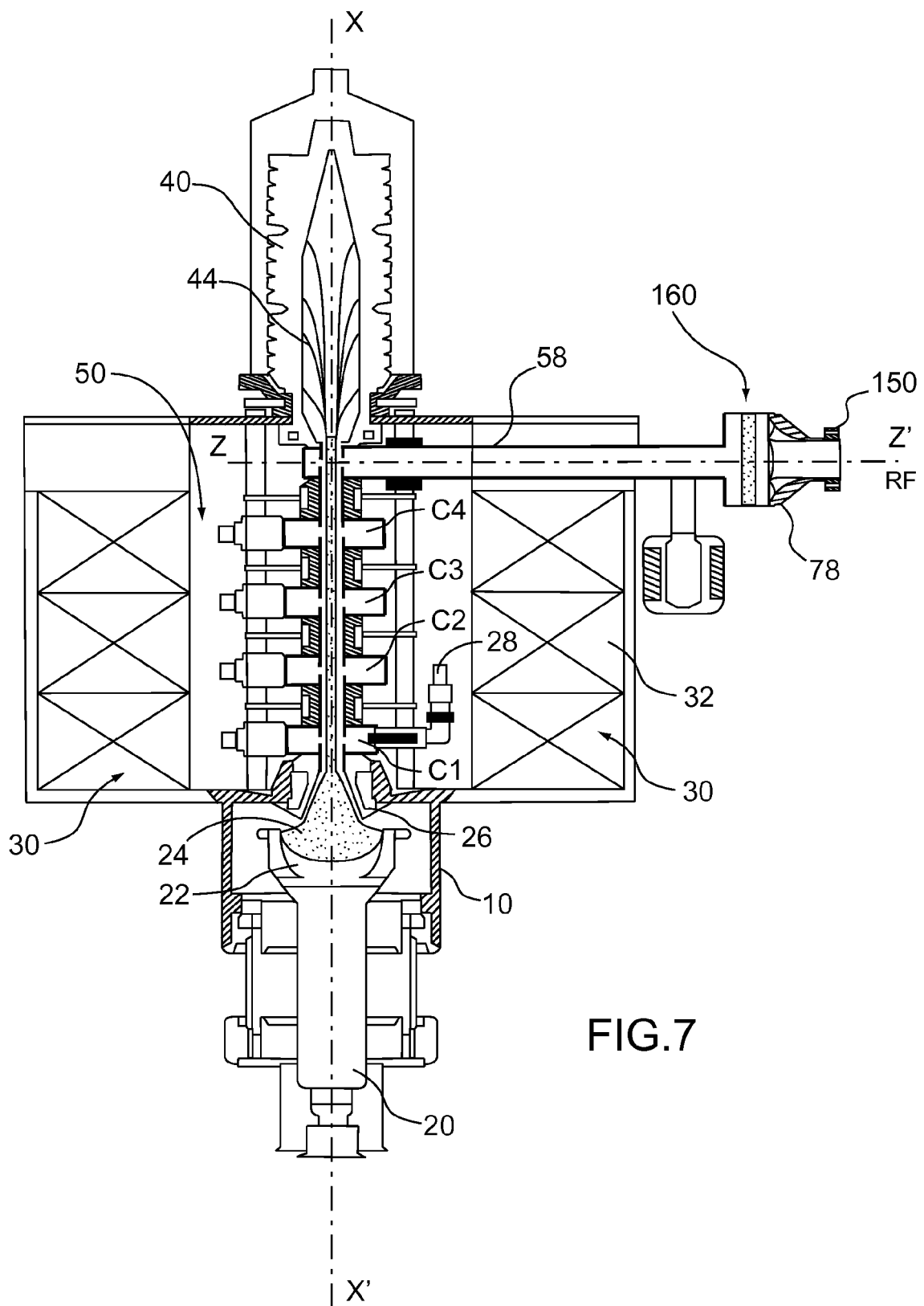


FIG.7



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 09 17 8423

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	EP 1 933 412 A (ANDREW CORP [US]) 18 juin 2008 (2008-06-18)	1-6,8-9	INV. H01J23/12 H01J23/36
Y	* alinéa [0002]; figures 1-4,6,13,14 * -----	7	
X	CA 823 797 A (TELEFUNKEN PATENT) 23 septembre 1969 (1969-09-23)	1,4,8-9	
Y	* figures 1,2 * -----	7	
A	EP 1 223 636 A (SPINNER GMBH ELEKTROTECH [DE]) 17 juillet 2002 (2002-07-17) * abrégé; figures 1a-1d *	1	
A	GB 1 280 842 A (RCA CORP [US]) 5 juillet 1972 (1972-07-05) * figure 6 *	1	
A	US 2003/160663 A1 (VAN METER C STERLING [US]) 28 août 2003 (2003-08-28) * figures 2,3 * -----	1	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			H01J
3	Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examineur
	Munich	18 janvier 2010	Rouzier, Brice
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 09 17 8423

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

18-01-2010

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1933412 A	18-06-2008	BR PI0704442 A	29-07-2008
		CA 2608917 A1	12-06-2008
		US 2008136565 A1	12-06-2008
CA 823797 A	23-09-1969	AUCUN	
EP 1223636 A	17-07-2002	AUCUN	
GB 1280842 A	05-07-1972	AUCUN	
US 2003160663 A1	28-08-2003	AUCUN	

EPO FORM P0460

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