



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 018 856 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
12.07.2000 Bulletin 2000/28

(21) Numéro de dépôt: **99420001.2**

(22) Date de dépôt: **06.01.1999**

(51) Int Cl.7: **H05B 6/70**, H05B 6/72,
H05B 6/74, H05B 6/80,
H01P 5/20, H01P 5/16,
H01P 5/18

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(74) Mandataire: **Moinas, Michel**
MOINAS SAVOYE & CRONIN,
42 rue Plantamour
1201 Genève (CH)

(71) Demandeur: **SNOWDRIFT CORP. N.V.**
Curaçao (AN)

(72) Inventeur: **Roussy, Georges**
54520 Laxou (FR)

Remarques:

Une requête en rectification de la description et de la Fig. 1 a été présentée conformément à la règle 88 CBE. Il est statué sur cette requête au cours de la procédure engagée devant la division d'examen (Directives relatives à l'examen pratiqué à l'OEB, A-V, 3.).

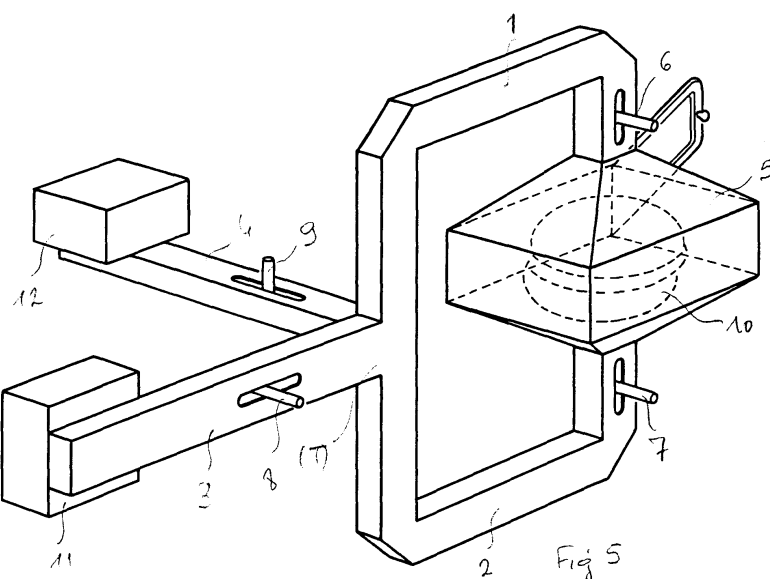
(54) **Installation micro-onde à deux magnétrons au moins et procédé de contrôle d'une telle installation**

(57) On décrit une installation de chauffage ou de traitement micro-onde d'un matériau ou d'objet comprenant un applicateur ou four (5) alimenté par deux magnétrons (11,12) séparés. Les magnétrons sont montés sur les branches (3,4) conjuguées d'un Té magique ou d'un coupleur directif, formant un anneau. Les autres branches (1,2) conjuguées irradient le matériau (10).

On dispose des adaptateurs d'impédance (8,9) dans les branches (3,4) et/ou devant les magnétrons

(11,12) pour découpler le fonctionnement des magnétrons et transmettre toute la puissance émise par les magnétrons au matériau ou à l'objet.

Un procédé est décrit qui permet par réglages des adaptateurs d'impédance, par exemple à l'aide de doubles mélangeurs équilibrés, d'obtenir une distribution constante, homogène et maximale sur le matériau ou l'objet, ou au contraire d'obtenir une distribution modulée sur le matériau ou l'objet, notamment maximale au centre et moindre en surface.



EP 1 018 856 A1

Description

[0001] Réaliser un applicateur micro-onde pour chauffer un produit donné, ayant une géométrie donnée, est toujours un cas d'espèce. Bien que de nombreuses solutions aient été proposées, aucune n'est suffisamment générale pour résoudre tous les problèmes que se pose l'ingénieur. La cavité multimode, qui est à la base de la construction des fours domestiques, fonctionne de façon optimale pour des produits dont le volume est proche de 1 dm³. Pour des produits de plus petit ou de plus gros volume, le rendement du four est médiocre. Le temps de chauffage doit alors être augmenté de façon prohibitive pour beaucoup d'applications semi-industrielles.

[0002] Comparons, par exemple, le cas du réchauffage d'un petit pain contenant une tranche de viande ou de fromage qui sort du congélateur où il a été conservé à -18°C. Pour en ramener la température à 35°, avec un four domestique micro-onde, de puissance nominale 800 W, il faut chauffer cinq minutes.

[0003] Supposons qu'on sache guider le rayonnement émis par un générateur dans un guide de même dimension que l'objet, la pénétration des ondes dans le produit est voisine de 2 cm. Ceci veut dire que si on néglige la réflexion des ondes sur la face d'entrée de l'objet, ou si on adapte la puissance reçue en disposant devant elle un adaptateur d'impédance convenable, l'objet sera parcouru par une onde dont l'atténuation sera de moitié tous les 4 cm. Compte tenu de l'épaisseur de l'objet, un tiers de la puissance incidente sortira de l'objet par la face opposée. Bien qu'il soit possible de réfléchir cette puissance vers l'objet, la face d'entrée sera toujours mieux chauffée que la face opposée. Le produit pourra éventuellement brûler sur la face d'entrée, avant qu'il soit chaud sur la face opposée.

[0004] Dans EP 0 136 453, il est proposé, pour remédier à cette situation, de diviser la puissance émise par le magnétron en deux parties égales et d'irradier chaque face de l'objet avec celle-ci. La distribution du champ électromagnétique, à l'intérieur de l'objet, est alors symétrique et peut être ajustée au mieux. On peut transmettre toute la puissance émise par le magnétron par une double adaptation, une devant chaque face. Les adaptateurs neutralisent les réflexions sur les faces et les ondes transmises à travers le produit.

[0005] Le problème se complique cependant si le chauffage de l'objet nécessite d'utiliser deux magnétrons à la fois, parce que la puissance émise par un seul magnétron est trop faible. Si on irradie chaque face par un magnétron, les ondes transmises peuvent gêner le fonctionnement de l'autre magnétron, parfois jusqu'à la destruction des tubes. La solution qui consiste à polariser les ondes incidentes et à tourner la polarisation des ondes l'une par rapport à l'autre a été souvent décrite. Elle est bien connue, mais n'est pas toujours applicable, ni efficace, car les ondes transmises ont une polarisation souvent multiple à cause des phénomènes de dif-

fraction qui ont lieu sur les faces de l'objet.

[0006] De même, on a préconisé des solutions où les sources n'émettent pas leur puissance continûment dans le temps, mais alternativement selon un régime pulsé, de sorte que l'onde émise par l'un des magnétrons et reçue par l'autre arrive pendant des instants où ce dernier est éteint. Ce découplage est efficace, mais présente aussi des limites.

[0007] L'invention qui suit permet de découpler, d'une façon complète, les ondes émises par chaque magnétron avec un Té magique ou autre coupleur directif.

[0008] Ainsi, pour fixer les idées et reprendre l'exemple plus haut, un petit pain contenant une tranche de viande ou de fromage qui sort du congélateur où il a été conservé à 18°C est selon l'invention réchauffé en 30 secondes environ au lieu de 5 minutes.

[0009] Elle concerne une installation de chauffage ou de traitement micro-onde d'un matériau, alimentée par deux magnétrons séparés. Les magnétrons sont montés sur les branches conjuguées d'un Té magique ou d'un coupleur directif ; les autres branches conjuguées, formant un anneau, irradient le matériau et des adaptateurs d'impédance sont situés dans les branches latérales et/ou devant les magnétrons pour découpler le fonctionnement des magnétrons et transmettre toute la puissance émise par les magnétrons au matériau ou à l'objet.

[0010] L'invention concerne aussi un procédé de contrôle d'une installation à deux magnétrons à l'aide de doubles mélangeurs équilibrés pour séparer des distributions électromagnétiques générées par les deux magnétrons les contributions venant de chacun d'entre eux.

[0011] Ce procédé est avantageusement automatisé et les doubles mélangeurs équilibrés, ajustent en permanence les réglages des adaptateurs pour optimiser les paramètres de fonctionnement des magnétrons, selon un processus d'asservissement.

[0012] De la sorte, on peut obtenir une distribution homogène et constante sur le matériau ou l'objet. S'il y a lieu, on peut aussi mettre à profit les réglages pour distribuer le champ d'une façon modulée ou inhomogène, par exemple un maximum au coeur de l'objet et un champ moindre en surface.

[0013] L'installation correspondante pour le chauffage ou le traitement micro-onde d'un matériau comprend un applicateur ou four alimenté par deux ou plusieurs magnétrons et plusieurs adaptateurs d'impédance permettant d'annuler les ondes réfléchies par l'applicateur, que chacun des magnétrons reçoit. Un ou plusieurs doubles mélangeurs équilibrés, dont les références sont alimentées par un magnétron, détectent la part des ondes émises par celui-ci, parmi toutes celles reçues, afin de régler les adaptateurs d'impédance et transmettre toute la puissance émise par les magnétrons au matériau.

[0014] Dans un autre aspect encore, l'invention concerne une installation de chauffage ou de traitement mi-

cro-onde d'un matériau, comprenant un applicateur alimenté par deux ou plusieurs magnétrons et plusieurs circuits de réglages permettant de modifier la distribution des ondes émises par chacun des magnétrons, transmises à l'applicateur et réfléchies par celui-ci. Un ou plusieurs doubles mélangeurs équilibrés dont les voies de référence sont alimentées par un magnétron, détectent la contribution des ondes émises par chacun des autres magnétrons, parmi toutes les ondes reçues, afin de régler les circuits modifiant la répartition du champ électromagnétique appliqué au matériau et lui transmettre toute la puissance émise par les magnétrons.

[0015] Dans les deux derniers cas, les voies de référence des doubles mélangeurs peuvent être alimentées par un générateur annexe dont la fréquence est stabilisée sur la fréquence d'un des magnétrons.

- par un générateur annexe dont la fréquence est décalée de celle d'un magnétron d'une valeur fixe ;
- les voies de référence des doubles mélangeurs équilibrés sont alimentées par un magnétron après égalisation du niveau du signal.

[0016] Dans ce contexte et comme on le verra en détail plus loin, on peut utiliser quatre doubles mélangeurs équilibrés. Pour une meilleure optimisation encore, les doubles mélangeurs équilibrés seront au nombre total de six, les deux doubles mélangeurs supplémentaires étant utilisés pour des mesures faites à proximité immédiate ou directement au coeur du matériau ou de l'objet ou produit soumis aux micro-ondes.

[0017] L'invention sera mieux comprise en référence aux dessins annexés, donnés uniquement à titre d'exemples non limitatifs. Dans ces dessins :

- la figure 1 est un schéma de montage de principe d'un exemple d'applicateur d'une installation de chauffage ou de traitement micro-onde qui, selon l'invention, comprend un Té magique (T) et son anneau associé,
- la figure 2 est une vue schématique en perspective (tel qu'un observateur le verrait selon l'axe matérialisé par la flèche P) du Té magique de l'applicateur esquissé dans la figure 1,
- la figure 3 est une vue de détail d'un adaptateur d'impédance à tige plongeant pour un applicateur tel que sur la figure 1,
- la figure 4 montre les distributions stationnaires des champs électromagnétiques créés par chacun des magnétrons, et par la conjugaison des deux dans l'anneau,
- la figure 5 est une vue en perspective géométrique

d'une première réalisation d'une installation selon l'invention répondant au schéma de principe de la figure 1,

- 5 - la figure 6 correspond à la figure 5, où sont indiqués les capteurs permettant le réglage du fonctionnement des magnétrons,
- la figure 7 illustre une autre disposition spatiale d'une installation selon l'invention, comprenant deux guides d'ondes supplémentaires, intercalés entre les branches et l'applicateur, à l'entrée de celui-ci,
- 10 - la figure 8 décrit illustre une autre disposition spatiale encore pour une installation selon l'invention employant quatre magnétrons (deux fois deux magnétrons).
- 15 - la figure 9 décrit encore un autre arrangement mettant en oeuvre un applicateur micro-onde à fente, avantageuse pour le traitement en continu de matériaux défilant devant la fente délivrant l'énergie micro-onde, et
- 20 - les figures 10s (10a à 10d) regroupent sous forme d'un croquis schématique les principes des mesures et des calculs utilisés dans les doubles mélangeurs équilibrés pour le réglage du fonctionnement de l'anneau.
- 25
- 30

[0018] On comprendra aisément le fonctionnement du montage à l'aide des figures 1 et 2. L'objet ou le matériau à chauffer 10 placé à l'intérieur d'un applicateur ou four micro-onde 5, est irradié par les branches conjuguées symétriques (guides d'ondes) 1 et 2 d'un Té magique (T). Les autres branches conjuguées (guides d'ondes) 3 et 4, orthogonales aux deux autres comme illustré sur la figure 2, comportent les sources micro-onde ou magnétrons 11 et 12 matérialisés par une double flèche ($\leftrightarrow$). Les branches 1 et 2 ont des longueurs égales et le montage est totalement symétrique. L'ensemble des guides d'ondes 1, 2 forment un guide d'ondes en forme d'anneau ou anneau-guide.

45 **[0019]** L'énergie émise par le magnétron 11, en provenance de la branche 3 ne sort pas par la branche 4. Elle est répartie au niveau du Té en deux ondes de même phase dans les branches 1 et 2. Ces ondes se réfléchissent chacune sur les faces 13 et 14 du matériau 10. Elles restent en phase et se combinent dans le Té pour s'additionner dans la branche 3. Ces ondes réfléchies s'annulent dans la branche 4 par raison de symétrie. Il suffit donc de disposer de deux adaptateurs d'impédance 6,7 symétriquement dans les branches 1 et 2, en avant des faces de l'objet 10 pour les annuler. Si l'objet n'absorbe pas totalement l'énergie, les ondes transmises sont elles-mêmes en phase. Elles s'additionnent au niveau du Té dans la branche 3 également. Il suffit

donc de disposer d'un troisième adaptateur 8 dans la branche 3 en avant du magnétron 11 pour éviter que celles-ci ne parviennent et perturbent le fonctionnement du magnétron 11.

[0020] Le magnétron 12, qui est situé dans la branche 4 fonctionne de même. Il émet des ondes dans les branches 1 et 2 ayant des phases opposées, qui se réfléchissent sur les faces 13 et 14 avec des phases évidemment opposées. Dans le Té elles s'annulent dans la branche 3 et s'additionnent dans la branche 4 comme précédemment, si des adaptateurs symétriques 6,7 devant les faces 13 et 14 éliminent ces réflexions. Le magnétron 12 ne reçoit par d'énergie. Comme précédemment aussi, les ondes transmises qui proviennent du magnétron 12 sont en opposition de phase l'une par rapport à l'autre. Elles s'annulent également dans la branche 3 du Té et se combinent dans la branche 4 du magnétron 12 qui les a émises. Un quatrième adaptateur d'impédance 9, placé devant le magnétron 12, évite qu'elles parviennent jusqu'à lui.

[0021] Le découplage entre les deux magnétrons est ainsi aussi parfait que possible. Aucune onde émise par le magnétron 11 ne parvient au magnétron 12 et vice-versa. De plus, il est possible de réduire la réflexion des ondes émises par chaque magnétron et reçues par lui-même au moyen d'adaptateurs d'impédance qui fonctionnent de façon séparée.

[0022] De tels adaptateurs d'impédance 6,7,8,9 sont représentés à la figure 3. Ils sont du type plongeur, à vis par exemple, et jouissent de 2 degrés de liberté, en hauteur et pénétration dans le guide d'onde selon f1, et longitudinalement selon f2 (tige 6 et fente 6' dans l'exemple de l'adaptateur placé sur le guide d'onde 1).

[0023] Le montage présente en plus l'avantage de procurer une distribution homogène du champ électromagnétique dans le produit, comme on le voit sur la figure 4, qui représente en ordonnées et en mV les amplitudes E1 et E2 des champs électriques rayonnées séparément par les magnétrons 11, respectivement 12, et le champ associé à l'énergie totale résultant de leur conjugaison, soit $E^* = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$. Dans les cas idéaux, E* est une droite horizontale.

[0024] La distribution stationnaire du champ électromagnétique produite par l'émission du magnétron 11 est symétrique entre les deux adaptateurs d'impédance 6,7. Le champ présente un maximum au centre de l'objet 10, par exemple tel que la courbe (11) de la figure 3 le représente. La distribution présente des maxima et des minima plus ou moins prononcés suivant l'atténuation des ondes dans le produit. La distance entre deux maxima consécutifs est égale à la longueur d'onde dans le matériau, divisée par 2.

[0025] La distribution stationnaire du champ électromagnétique produit par le magnétron 12 correspond à des ondes de même amplitude mais l'une des ondes est en opposition de phase par comparaison à la distribution précédente. Il s'ensuit que la distribution stationnaire est décalée d'un quart de la longueur d'onde de sorte

que ses maxima sont situés aux endroits où sont situés les minima de la distribution stationnaire du champ émise par le magnétron 11.

[0026] L'énergie totale E* dissipée dans le produit étant proportionnelle à la somme des carrés des champs des distributions séparées, on voit que le chauffage est bien plus homogène, si on prend en compte les deux distributions qu'avec chacune d'elles. Si les amplitudes relatives des deux distributions ne sont pas telles qu'on le souhaite, on peut ajuster la répartition locale d'énergie sans sortir du cadre de l'invention, en déreglant légèrement les adaptateurs d'impédance latéraux 6,7, situés dans les branches 1 et 2. Il s'ensuivra, certes, que les ondes réfléchies sur les magnétrons ne seront plus nulles mais comme le montage comporte des adaptateurs d'impédance 8,9 devant chaque magnétron, on saura rattraper les réglages avec ceux-ci, parce que les ondes à compenser en avant de chaque magnétron sont bien émises par chaque magnétron.

[0027] Il est à noter que l'invention décrite, qui utilise un Té magique (T) pour découpler le fonctionnement de deux magnétrons émettant en continu, s'applique aussi à des magnétrons qui fonctionneraient alternativement l'un par rapport à l'autre. L'invention renforce le découplage que cette solution pourrait apporter. De même, l'invention se combine aussi avec les moyens classiques signalés, qui reviennent à tourner les plans de polarisation des ondes transmises et réfléchies ou émises.

[0028] On ne sort pas du cadre de l'invention si l'on dispose les magnétrons dans les branches 1 et 2 du Té magique en alimentant l'applicateur par les branches 3 et 4. Le fonctionnement peut être décrit de la même façon.

[0029] On peut aussi utiliser des Tés magiques autres que le Té dessiné à la figure 2, qui sont différents par leur forme mais qui fonctionnent de façon identique.

[0030] De même, on peut utiliser un coupleur directif 3 db appelé Té à 90°, constitué par deux guides ayant une ouverture commune sur le petit côté commun. Ce Té a un plan de symétrie différent du Té magique ; les ondes sortant par les branches conjuguées 1 et 2 sont en quadrature de phase l'une par rapport à l'autre, quelle que soit la source en 3 ou 4. Cette différence revient à la situation décrite pour le Té magique classique à condition de choisir des longueurs de branche 1 et 2 différentes (de $\lambda_g/4$).

[0031] De même, on peut utiliser sans sortir du cadre de l'invention, un coupleur directif, ayant un coefficient de couplage différent de 3 db, par exemple 10 db, avec deux générateurs de même puissance nominale ou de puissance nominale différente. La circulation des ondes a lieu comme décrit. Les distributions stationnaires sont évidemment modifiées en amplitude, on pourra par exemple en tirer partie pour surchauffer, éventuellement pendant un temps donné, une face de l'objet.

[0032] D'une façon générale et sachant que le prix de revient des magnétrons industriels croît beaucoup plus rapidement que la puissance nominale, l'usage de deux

magnétrons de plus faible puissance est une solution très économique par rapport à l'utilisation d'un seul magnétron.

[0033] Il convient de noter ici que l'invention n'a rien de commun avec les dispositifs appelés combineurs ou assembleurs de plusieurs sources hautes fréquences ou micro-onde. Ces dispositifs ont trois ou plusieurs branches. Ils servent à brancher deux ou plusieurs amplificateurs et des sources synchrones, c'est-à-dire alimentées par un même préamplificateur. Avec ces dispositifs, la combinaison des ondes n'a lieu que parce que les sources sont synchrones.

[0034] L'invention n'utilise pas non plus, et s'en distingue par là même, un Té magique avec un seul générateur qui alimente un applicateur séparé en deux parties ou deux applicateurs fonctionnant de façon identique. Ce montage dont les ondes réfléchies séparées varient fortement au cours du traitement, de façon identique, utilise un Té magique pour optimiser l'absorption dans les deux applicateurs, sans réglage, comme décrit par exemple dans FR 2 316 761.

[0035] Une première disposition spatiale pour une installation selon l'invention est représentée par exemple sur la figure 5, dans laquelle on a repris les chiffres de référence des figures 1 à 3 pour les organes identiques ou remplissant une même fonction. L'applicateur micro-onde 5 ou four renfermant le produit à traiter 10, est dessiné avec un porte permettant d'y introduire et d'en retirer ce produit 10.

[0036] On retrouve le té magique (T) à la jonction des branches 3 et 4, guides d'ondes provenant respectivement des magnétrons 11 et 12, et débouchant dans l'anneau-guide constitué des branches ou guides d'ondes 1 et 2, lequel conduit à l'applicateur 5. Les guides d'ondes sont par exemple d'un type standard rectangulaire de 86 x 43 mm. L'anneau peut être circulaire ou ovoïde, ou encore coudé avec des parties droites.

[0037] Dans ce cas, on peut régler une fois pour toutes la position des adaptateurs 6,7,8,9 pour une répartition optimale et conforme à l'invention de l'énergie micro-onde reçue par le produit 10, en provenance des magnétrons 11,12.

[0038] Le montage décrit dans l'invention peut être aussi automatisé et son utilisation peut être justifiée par ce seul fait. En effet, si les propriétés diélectriques du produit traité varient ou si le produit a une forme qui varie, les réglages des adaptateurs du montage des figures 1 et 2 peuvent être complètement automatisés, comme on peut le voir en référence à la figure 6.

[0039] C'est souvent le cas par exemple en cours de chauffage ou de cuisson où le produit traité peut gonfler ou au contraire se racornir, les propriétés diélectriques se modifiant alors généralement, et il est alors avantageux de pouvoir modifier en conséquence et en fonction du temps les réglages et ainsi les puissances appliquées.

[0040] Pour ce faire, on dispose devant chaque magnétron 11,12 des capteurs sous forme de coupleurs di-

rectifs de mesure 13, respectivement 14, permettant la mesure de la puissance incidente P_i et de la puissance réfléchie P_r par chaque magnétron 11 et 12, et on utilisera alors quatre doubles mélangeurs équilibrés pour détecter les signaux micro-onde. Incidemment, ce montage comprend aussi une antenne ou capteur 15 à proximité immédiate du produit 10 à traiter ou enfichée au coeur de celui-ci. Ceci sera décrit avec plus de détails plus loin, c'est-à-dire après la présentation d'autres dispositions géométriques de l'installation selon l'invention, les chiffres de références correspondants indiquant des organes identiques ou de même fonctionnalité.

[0041] De fait, la figure 7 illustre un autre montage de l'installation, dans lequel le four 5 est parallélépipédique au lieu de pyramidal et où entre celui-ci et les guides d'ondes (branches 1,2) sont intercalés deux guides d'ondes 16, respectivement 17, inclinés par rapport aux branches 1 et 2, mais orthogonaux entre eux. Ces deux guides d'ondes complémentaires 16,17 permettent d'agir sur l'orientation des vecteurs champ électrique, de régler ainsi les valeurs relatives des coefficients de réflexion et de transmission complexes et, si besoin est, de parfaire le découplage des magnétrons.

[0042] La figure 8 représente un autre montage encore, cette fois-ci à quatre magnétrons 11, 12 ; 11',12' alimentant par paire deux Tés magiques T,T' avec leurs quatre branches 1,2,3,4 (premier anneau-guide), respectivement 1',2',3',4' (deuxième anneau-guide). Les deux anneaux débouchent côte-à-côte dans un four cylindrique 5'.

[0043] En variante non représentée, il est possible d'adjoindre un troisième anneau-guide alimenté par deux autres magnétrons et placé dans un plan orthogonal par rapport aux deux autres, c'est-à-dire dans un plan horizontal si on se rapportait à la figure 8.

[0044] La figure 9 représente schématiquement un autre montage encore où l'énergie micro-onde est délivrée par une fente 18 dans une structure d'applicateur 5 ouverte permettant le défilement du produit à traiter devant la fente.

[0045] Les guides à fente, irradiant un matériau ou objet placé dans une enceinte, sont à la vase de nombreux applicateurs performants, bien qu'il soit difficile d'obtenir une répartition homogène du champ électromagnétique au voisinage des fentes (voir notamment Sébastien Keller, Thèse de Doctorat, Université de Henri Poincaré (Nancy I), 6 novembre 1997). En alimentant un guide à fente par deux magnétrons, le problème se simplifie.

[0046] Dans un tel montage, représenté sur la figure 9, on réalise un radiateur de champ électromagnétique procurant une distribution homogène dans le sens de la longueur et homogène dans le sens perpendiculaire à la fente. Il permet un traitement en continu, contrairement aux montages des figures précédentes qui concernent plutôt des traitements lots par lots. A noter que la fente 18 n'est pas située à mi-hauteur, mais plutôt à une hauteur située entre les 2/3 et les 3/4 de la hauteur.

De préférence, le guide à fente rayonnant est muni de volets inclinés 19,20.

[0047] Revenons maintenant et avec plus de détails aux doubles mélangeurs équilibrés dont le rôle est de suivre et de traiter en continu les variations des paramètres mesurés par les capteurs 13,14, selon les principes illustrés à la figure 10.

[0048] Ces doubles mélangeurs équilibrés sont alimentés par un signal micro-onde de référence R sur leur entrée. Ils détectent alors, de façon vectorielle, toutes les ondes synchrones au signal de référence et seulement les ondes synchrones à la référence. On peut alors combiner les signaux Pi11, Pr11, Pi12 et Pr12 pour obtenir

- soit une image des ondes réfléchies dans chaque branche 3 et 4 ;
- soit une image du signal de déséquilibre des ondes réfléchies par chaque face de l'objet ;

soit une image du déséquilibre des ondes transmises par chaque magnétron.

[0049] Pi11 représente la puissance incidente délivrée par le magnétron 11, Pi12 par le magnétron 12, Pr11 représente la puissance réfléchie en direction du magnétron 11, Pr12 en direction du magnétron 12, etc.

[0050] Ces informations, qui caractérisent les amplitudes et les phases des ondes concernées, permettent d'agir sur les réglages des quatre adaptateurs selon un régime défini, en fonction du traitement souhaité. Un régime peut être clairement appliqué parce qu'on sait comment les ondes élémentaires circulent dans le circuit et comment on veut qu'elles circulent.

[0051] Avantagusement les adaptateurs délivrent leurs signaux de sortie à un ordinateur, qui peut se réduire un simple ordinateur portable, lequel envoie des ordres de commandes sur les adaptateurs 6,7,8,9 de façon à rester toujours en régime optimal en faisant varier, si nécessaire, les positions absolues ou relatives de ceux-ci.

[0052] On peut aussi compléter la procédure par la mesure de la distribution du champ électromagnétique directement dans le produit au moyen d'une (voir plus haut) ou plusieurs antennes en utilisant à nouveau des doubles mélangeurs équilibrés dont les signaux de référence sont les ondes incidentes émises par chaque magnétron. On pourra isoler les valeurs du champ électrique produit par chaque magnétron.

[0053] Il est possible d'alimenter les voies de référence des doubles mélangeurs équilibrés par des signaux émis par un seul magnétron 11 sans utiliser les coupleurs directifs de mesure. Généralement, les magnétrons sont plantés dans un guide rectangulaire devant un court-circuit, dont la position est choisie avec soin pour que le magnétron 11 fonctionne de façon nominale et émette toute sa puissance dans le guide dans la direction opposée. On peut monter une boucle dans le

fond du court-circuit pour capter par influence magnétique une onde d'amplitude proportionnelle à l'émission du magnétron 11. Cette boucle peut alimenter les doubles mélangeurs équilibrés.

[0054] Le contrôle automatique des réglages d'un four tel que décrit ci-dessus dans ses versions différentes, est compliqué parce que le four comporte au moins quatre adaptateurs d'impédance, c'est-à-dire au moins huit réglages au total, parce que chaque adaptateur possède deux degrés de liberté, à savoir sa position latérale et son enfoncement. Il faut tenir compte de ce que le four est alimenté par deux magnétrons au moins, c'est-à-dire que le champ électromagnétique qui règne dans le four ou dans toutes les branches de l'anneau, est une combinaison linéaire variable des champs électromagnétiques émis par chaque magnétron. Il faut donc que les capteurs sélectionnent la part du champ électromagnétique émise par chaque magnétron et qu'ils fournissent une information double en amplitude et en phase.

[0055] On ne peut assurer ces conditions avec des détecteurs ordinaires, à diodes, qui mesurent seulement l'amplitude du champ électromagnétique total. Par contre, on peut atteindre l'objectif fixé en utilisant des mélangeurs simples. Un mélangeur est un détecteur qui est alimenté par deux signaux électriques, l'un est appelé signal S, l'autre est appelé référence R. Cette entrée est souvent désignée dans la littérature technique par l'expression "oscillateur local". Un mélangeur simple fournit une tension non nulle, seulement si les deux signaux R et S ont la même fréquence et sont synchrones. La tension est proportionnelle à l'amplitude de S et au cosinus de la phase de S par rapport à R, soit $V = S \cdot \cos \phi$.

[0056] Avec deux mélangeurs simples, montés en parallèle et avec un déphaseur convenable, on sait faire un double mélangeur équilibré. Le double mélangeur équilibré fournit deux tensions de sorties proportionnelles à $S \cdot \cos \phi$ et $S \cdot \sin \phi$ quand on alimente le double mélangeur équilibré par des signaux S et de référence R synchrones.

[0057] On voit, ainsi, que si le signal R est une onde du magnétron 11 (par exemple), on peut appliquer sur l'entrée S d'un double mélangeur équilibré un signal complexe venant des deux magnétrons. On obtient que les sorties du double mélangeur équilibré ne détectent que la part du champ électromagnétique synchrone au signal R ; c'est-à-dire à l'onde émise par le magnétron 11. De plus, le double mélangeur équilibré fournit l'amplitude et la phase de la part détectée. Les deux sorties permettent de régler comme on veut un adaptateur d'impédance.

[0058] En revenant à la figure 10, organigramme des réglages des quatre adaptateurs d'impédance 6-7-8-9, on peut disposer deux coupleurs directifs de mesure 13 14 dans les branches conjuguées 3 et 4 du Té, entre les magnétrons et les adaptateurs d'impédance 8 et 9.

[0059] Chaque coupleur de mesure fournit deux si-

gnaux proportionnels respectivement à l'onde incidente et à l'onde réfléchi qui circulent dans les branches considérées, notés Pi11, Pr12, Pi11, Pr12.

[0060] Si un double mélangeur équilibré a pour signal de référence R l'onde incidente Pi11 et pour signal S l'onde Pr12, ses sorties indiqueront l'amplitude et la phase de l'onde synchrone avec l'émission du magnétron 11. Ces sorties permettront de régler les adaptateurs 6 et 7 pour qu'elles soient nulles, sachant que les adaptateurs 6 et 7 doivent être positionnés symétriquement de façon à ce que, comme vu précédemment, l'onde émise par le magnétron 11 qui est réfléchi sur la face 13 de l'objet ou du matériau 10, soit nulle.

[0061] Le réglage de la symétrie des adaptateurs peut être aussi commandé par les sorties S d'un autre double mélangeur équilibré dont la référence R serait fournie par le signal Pi12 et dont la voie signal serait alimentée par le signal Pr11, en s'arrangeant pour que ces sorties soient également nulles.

[0062] Si on alimente la voie référence R d'un troisième double mélangeur équilibré par le signal Pi11 et sa voie signal S par Pr11, on obtient à sa sortie directement des informations, en amplitude et en phase, qui mesurent l'onde réfléchi que reçoit le magnétron 11, et qui a été émise par lui-même. On peut donc obtenir que celle-ci soit nulle en réglant l'adaptateur d'impédance 8 de façon à ce que ces tensions soient nulles.

[0063] Selon la même procédure et dans le même esprit, si on alimente la voie de référence R d'un quatrième mélangeur équilibré par le signal Pi12 et sa voie signal S par le signal Pr12, on obtient en sortie des informations qui permettent de régler l'adaptateur d'impédance situé devant le magnétron 12 pour qu'il ne reçoive aucune onde réfléchi.

[0064] Dans l'organigramme des réglages des quatre adaptateurs d'impédance présentés précédemment, on utilise quatre doubles mélangeurs équilibrés dont les voies de référence R sont alimentées par les signaux recueillis par deux coupleurs directifs situés devant les magnétrons. Le réglage des adaptateurs d'impédance revient à chercher à rendre nulles les sorties de ces doubles mélangeurs équilibrés.

[0065] En d'autres termes, les réglages se font en annulant les signaux de sortie des doubles mélangeurs équilibrés obtenus en :

- a) croisant le signal incident Pi du magnétron 11, soit Pi11, avec le signal réfléchi Pr du magnétron 12, soit Pr12,
- b) croisant le signal incident Pi du magnétron 12, soit Pi12, avec le signal réfléchi Pr du magnétron 11, soit Pr11,
- c) combinant les signaux Pi11 avec Pr11, et
- d) combinant les signaux Pi12 avec Pr12.

[0066] Les figures 10a à 10d correspondent à chacune des combinaisons précédentes de lettres a) à d). Dans la figure 10a et dans la figure 10b, on procède aux réglages de symétrie en commandant les adaptateurs 6, respectivement 7, situés sur les branches 1, respectivement 2 de l'anneau, en amont du four 5 ; dans la figure 10c, on règle l'adaptateur 8 situé sur la branche 3 et dans la figure 10b, l'adaptateur 9 situé sur la branche 4.

[0067] Cet organigramme peut être modifié sans qu'on sorte du cadre de l'invention présentée. On peut d'abord alimenter les voies de référence R des doubles mélangeurs équilibrés par des signaux prélevés au plus près des magnétrons 11 et 12 par des antennes situées au fond des pistons de courts-circuits comme mentionné déjà plus haut.

[0068] On peut aussi évaluer la distribution du champ électromagnétique global appliquée au produit et agir sur les réglages des quatre adaptateurs d'impédance pour obtenir le meilleur résultat. Considérons en effet une antenne 15 agissant comme capteur comme l'indique la figure 6, située au centre du produit ; elle indique le champ total. Pour évaluer la composante 11 du champ électromagnétique, c'est-à-dire la part émise par le magnétron 11, il suffit de connecter cette antenne à la voie signal S d'un cinquième double mélangeur équilibré dont la voie de référence R est alimentée par Pi11. Cette fois-ci, évidemment, on réglera alors les quatre adaptateurs d'impédance ensemble pour que l'amplitude de la composante 11 de la distribution de champ électromagnétique soit maximale.

[0069] De même, un sixième double mélangeur équilibré dont la voie de référence R est Pi12 et dont la voie signal S est branchée à l'antenne 15, fournit des informations en amplitude et en phase qui concernent la composante 12 (émise par le magnétron 12), du champ électromagnétique qui règne au centre du produit. Elle doit être minimale si les quatre adaptateurs d'impédance sont bien réglés.

[0070] Les réglages, tels qu'ils sont détaillés ci-dessus, visent à délivrer au matériau ou à l'objet placé dans l'applicateur 5 une distribution maximale et homogène, comme indiqué dans la figure 4. En gérant différemment les réglages, on peut également, comme mentionné plus haut, établir une distribution ad hoc et non homogène spatialement.

[0071] Comme indiqué plus haut, l'invention concerne donc aussi une installation de chauffage, qui comprend des moyens de réglage susvisés, et des moyens de commande des adaptateurs (6,7,8,9) pour les ajuster continûment en fonction des signaux délivrés par les doubles adaptateurs équilibrés et assurer une distribution optimale sur le matériau ou l'objet.

[0072] Les doubles mélangeurs équilibrés sont des dispositifs disponibles dans le commerce. Ils sont par exemple fabriqués par ANAREN ou MINI-CIRCUITS aux Etats-Unis d'Amérique.

[0073] La présente invention peut être mise en oeuvre

dans des installations micro-onde de tout type, pour des installations électro-ménagères pour décongeler ou cuire des aliments ou chauffer des boissons, comme pour des installations industrielles dans le domaine alimentaire ou plus généralement du traitement des matériaux.

[0074] Une application particulièrement intéressante est celle du traitement des déchets comme décrit par exemple dans WO 97/44069, en particuliers des déchets infectieux, afin de pouvoir les mettre en décharge ou les recycler plutôt que de les incinérer, opération toujours extrêmement coûteuse. Une telle installation pourra en constituer la pièce maîtresse.

Revendications

1. Installation de chauffage ou de traitement micro-onde d'un matériau ou objet comprenant un applicateur ou four (5) alimenté par deux magnétrons (11,12) séparés, caractérisée en ce que les magnétrons sont montés sur les branches (3,4) conjuguées d'un Té magique ou d'un coupleur directif, formant un anneau, que les autres branches (1,2) conjuguées irradient le matériau (10) et qu'on dispose des adaptateurs d'impédance (8,9) dans les branches (3,4) et/ou devant les magnétrons (11,12) pour découpler le fonctionnement des magnétrons et transmettre toute la puissance émise par les magnétrons au matériau ou à l'objet.
2. Installation de chauffage selon la revendication 1, caractérisée en ce que les adaptateurs d'impédance (6,7) permettent d'annuler les ondes réfléchies par l'applicateur (5) que chacun des magnétrons reçoit, et en ce qu'elle comprend un ou plusieurs doubles mélangeurs équilibrés, dont les références sont alimentées par un magnétron, pour détecter la part des ondes émises par celui-ci, parmi toutes celles reçues, afin de régler les adaptateurs d'impédance (6,7).
3. Installation de chauffage selon la revendication 2, caractérisée en ce qu'elle comprend plusieurs circuits de réglages permettant de modifier la distribution des ondes émises par chacun des magnétrons, transmises à l'applicateur (5) et réfléchies par celui-ci, les voies de référence des doubles mélangeurs équilibrés étant alimentées par un magnétron pour détecter la contribution des ondes émises par chacun des autres magnétrons parmi toutes les ondes reçues, afin de régler les circuits modifiant la répartition du champ électromagnétique appliqué à l'objet ou au matériau.
4. Installation de chauffage selon la revendication selon 2 ou 3, caractérisée en ce que les voies de référence des doubles mélangeurs sont alimentées

par un générateur annexe dont la fréquence est stabilisée sur la fréquence d'un des magnétrons

- par un générateur annexe dont la fréquence est décalée de celle d'un magnétron d'une valeur fixe ;
 - les voies de référence des doubles mélangeurs sont alimentées par un magnétron après égalisation du niveau du signal.
5. Procédé de contrôle d'une installation à deux magnétrons séparés, caractérisé en ce qu'on sépare des distributions électromagnétiques générées par les deux magnétrons les contributions venant de chacun d'entre eux à l'aide de doubles mélangeurs équilibrés.
 6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'à l'aide des mélangeurs équilibrés, on ajuste en permanence les réglages des adaptateurs pour optimiser les paramètres de fonctionnement des magnétrons.
 7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que les réglages sont effectués de manière à obtenir une distribution constante, homogène et maximale sur le matériau ou l'objet.
 8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que les réglages consistent à annuler les signaux de sortie des doubles mélangeurs équilibrés obtenus en :
 - a) croisant le signal incident P_i du magnétron (11), soit (P_{i11}), avec le signal réfléchi P_r du magnétron (12), soit (P_{r12}),
 - b) croisant le signal incident P_i du magnétron (12), soit (P_{i12}), avec le signal réfléchi P_r du magnétron (11), soit (P_{r11}),
 - c) combinant les signaux (P_{i11}) avec (P_{r11}), et
 - d) combinant les signaux (P_{i12}) avec (P_{r12}).
 9. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que les réglages sont effectués de manière à obtenir une distribution modulée sur le matériau ou l'objet, notamment maximale au centre et moindre en surface.
 10. Installation de chauffage automatisée selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens de réglage du procédé selon l'une des revendications 5 à 9, et des moyens de commande des adaptateurs (6,7,8,9) pour les ajuster continûment en fonction des signaux délivrés par les doubles adaptateurs équilibrés et assurer

une distribution optimale sur le matériau ou l'objet.

11. Utilisation de l'installation selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 ou 11 dans le traitement des déchets infectieux, en particulier des déchets hospitaliers. 5

10

15

20

25

30

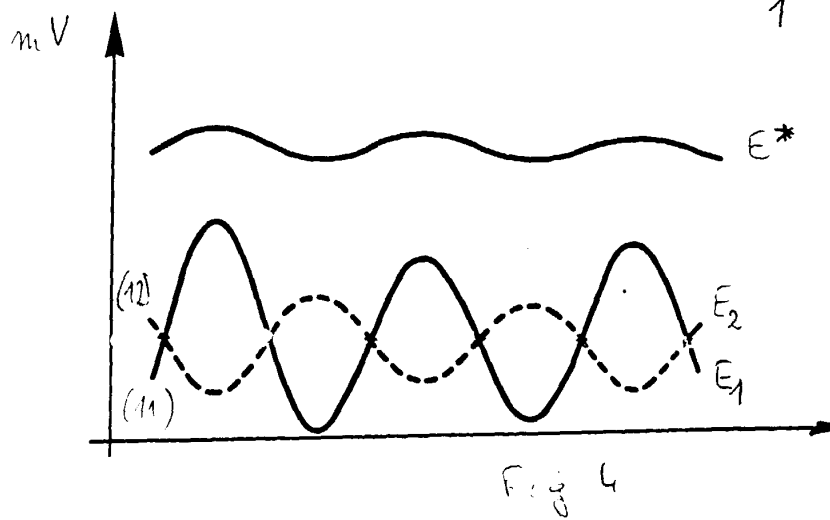
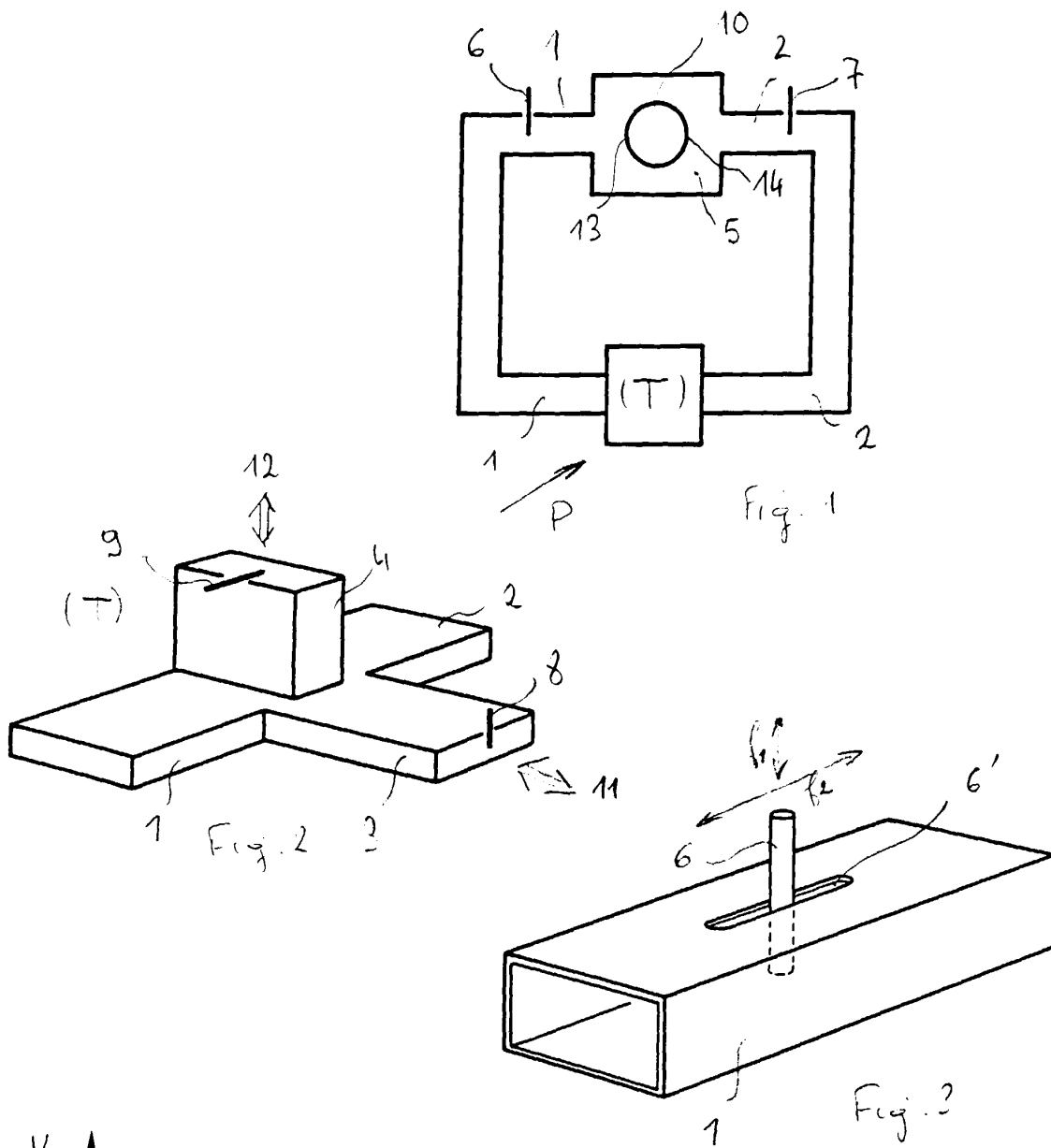
35

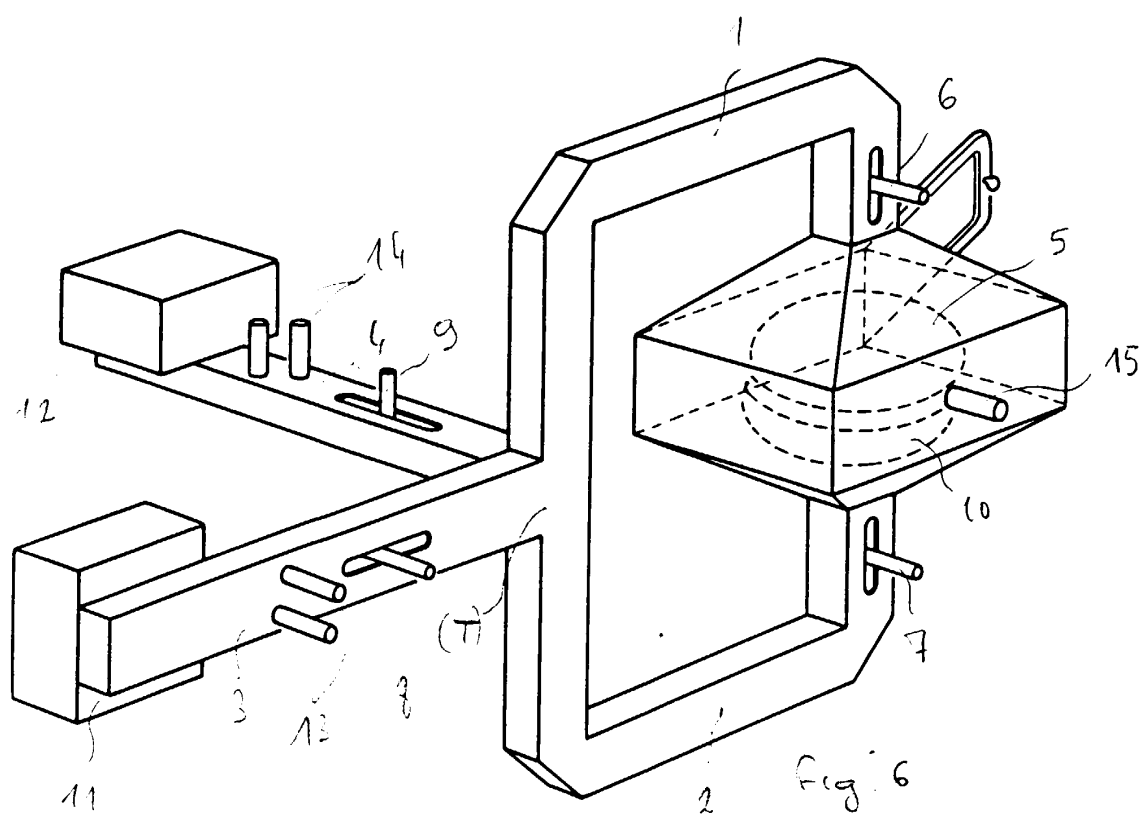
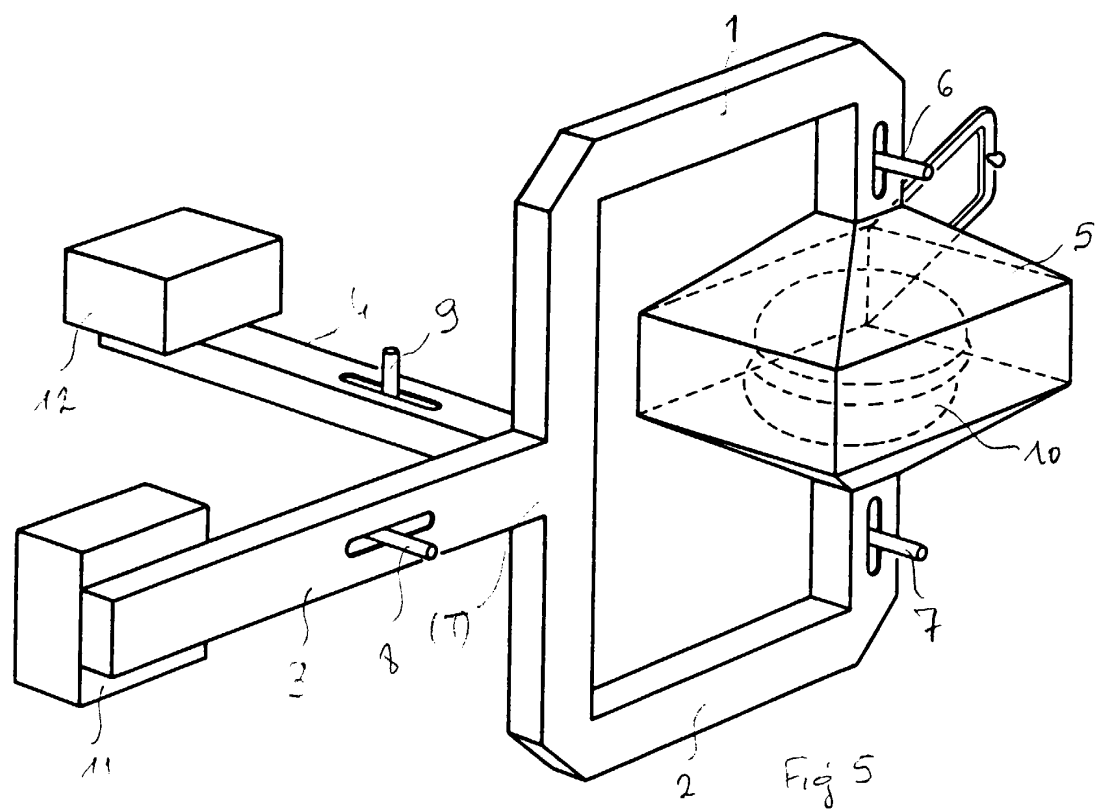
40

45

50

55





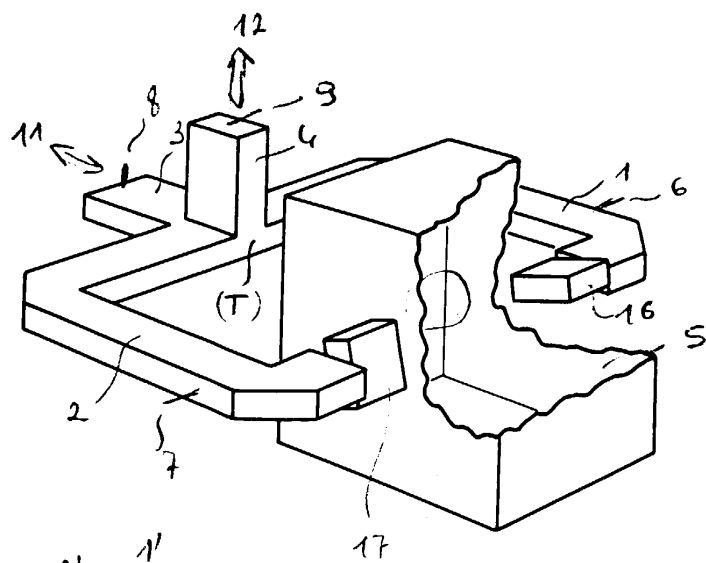


Fig. 7

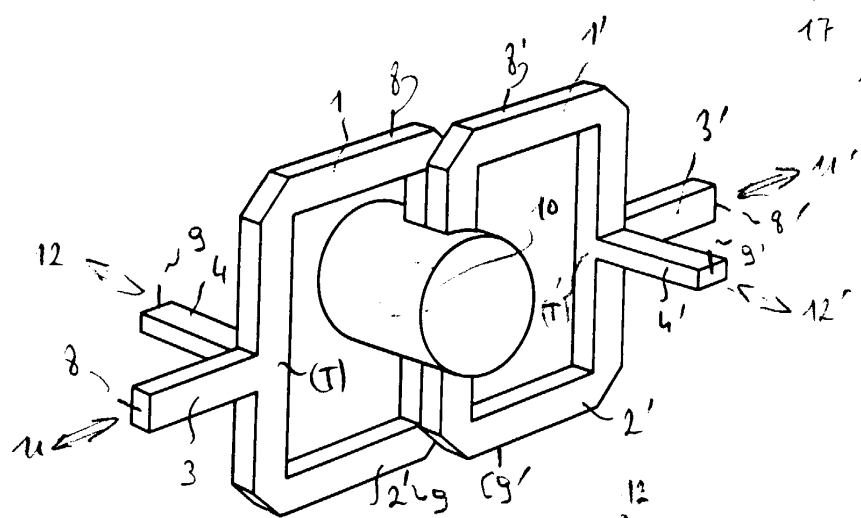


Fig. 8

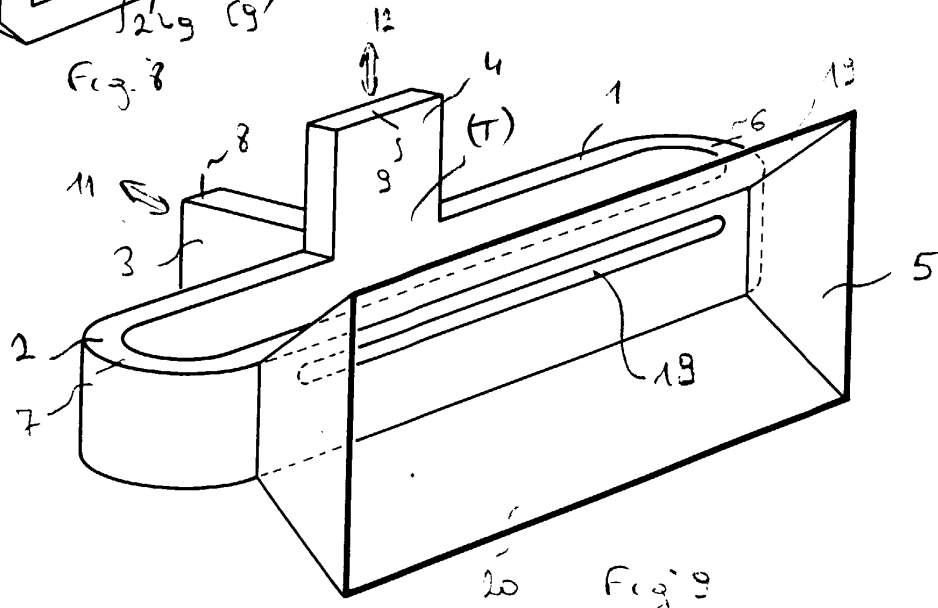
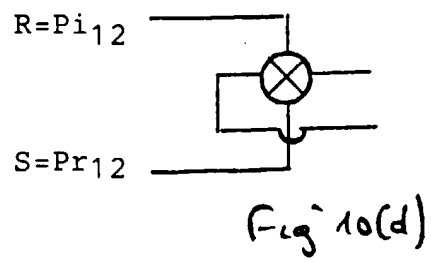
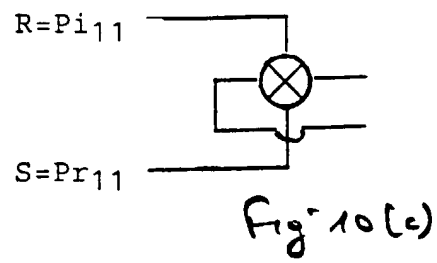
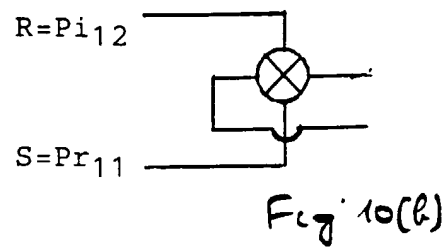
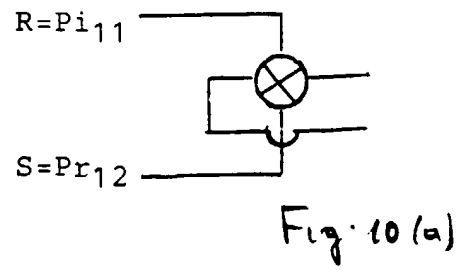


Fig. 9





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 99 42 0001

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE
Y	FR 2 696 310 A (MICROONDES SYST SA) 1 avril 1994 (1994-04-01) * page 9, ligne 30 - page 13, ligne 6; figures 3,4 *	1,2	H05B6/70 H05B6/72 H05B6/74 H05B6/80 H01P5/20 H01P5/16 H01P5/18
Y	DE 42 05 577 A (SIEMENS AG) 26 août 1993 (1993-08-26) * colonne 1, ligne 15 - colonne 1, ligne 51; figures 1-3 * * colonne 2, ligne 15 - colonne 2, ligne 33; figure 4 *	1,2	
A	GB 953 182 A (ANDREW ALFORD) 25 mars 1964 (1964-03-25) * page 2, ligne 41 - page 4, ligne 22; figures 2-4 *	1-11	
A	US 4 093 840 A (JEAN OLIVIER A ET AL) 6 juin 1978 (1978-06-06) * colonne 3, ligne 18 - colonne 4, ligne 18; figures 1,2 *	1-11	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 451 (E-0984), 27 septembre 1990 (1990-09-27) & JP 02 181387 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 16 juillet 1990 (1990-07-16) * abrégé *	1-11	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES H05B H01P
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 096, no. 011, 29 novembre 1996 (1996-11-29) & JP 08 171986 A (HITACHI LTD), 2 juillet 1996 (1996-07-02) * abrégé *	1-11	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche MUNICH		Date d'achèvement de la recherche 4 août 1999	Examineur Bergado Colina, J
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03/92 (P04-C02)



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 99 42 0001

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE
A,D	EP 0 136 453 A (FRITZ KARL DR) 10 avril 1985 (1985-04-10) * le document en entier *	1-11	
A,D	FR 2 316 761 A (OLIVIER JEAN) 28 janvier 1977 (1977-01-28) * le document en entier *	1-11	
A	DE 32 22 686 A (ITALTEL SPA) 5 janvier 1983 (1983-01-05) * page 5, ligne 14 - page 10, ligne 13; figures 1,2 * -----	3-11	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche MUNICH		Date d'achèvement de la recherche 4 août 1999	Examineur Bergado Colina, J
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03 82 (P04002)

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

EP 99 42 0001

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.

04-08-1999

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2696310 A	01-04-1994	AUCUN	
DE 4205577 A	26-08-1993	AUCUN	
GB 953182 A		AUCUN	
US 4093840 A	06-06-1978	FR 2316829 A	28-01-1977
		CH 612815 A	15-08-1979
		DE 2627584 A	13-01-1977
		GB 1549267 A	01-08-1979
		GB 1549265 A	01-08-1979
		JP 52008547 A	22-01-1977
JP 02181387 A	16-07-1990	AUCUN	
JP 08171986 A	02-07-1996	AUCUN	
EP 0136453 A	10-04-1985	DE 3333695 A	28-02-1985
		DE 3341585 A	30-05-1985
		DE 3411017 A	26-09-1985
		DE 3418843 A	28-11-1985
		DE 3421778 A	02-01-1986
		AT 43773 T	15-06-1989
		US 4866233 A	12-09-1989
		US 4952763 A	28-08-1990
		US 4775770 A	04-10-1988
FR 2316761 A	28-01-1977	CH 615551 A	31-01-1980
		DE 2627656 A	20-01-1977
		GB 1548192 A	04-07-1979
		GB 1548191 A	04-07-1979
		JP 52030946 A	09-03-1977
DE 3222686 A	05-01-1983	IT 1136682 B	03-09-1986
		GB 2105524 A,B	23-03-1983
		US 4383189 A	10-05-1983

EPO FORM P0460

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