



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



⑪ Numéro de publication : **0 446 114 A1**

⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑳ Numéro de dépôt : **91400577.2**

⑤① Int. Cl.⁵ : **H05B 6/78**

㉔ Date de dépôt : **01.03.91**

③① Priorité : **07.03.90 FR 9002887**

④③ Date de publication de la demande :
11.09.91 Bulletin 91/37

⑧④ Etats contractants désignés :
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL SE

⑦① Demandeur : **MICROONDES ENERGIE
SYSTEMES
15 rue des Solets, SILIC 432
F-94583 Rungis Cédex (FR)**

⑦② Inventeur : **Berteaud, André-Jean
10 allée des Marronniers
F-91210 Dravell (FR)
Inventeur : Germain, Alain
6 avenue Jean-Baptiste Fortin
F-92220 Bagneux (FR)**

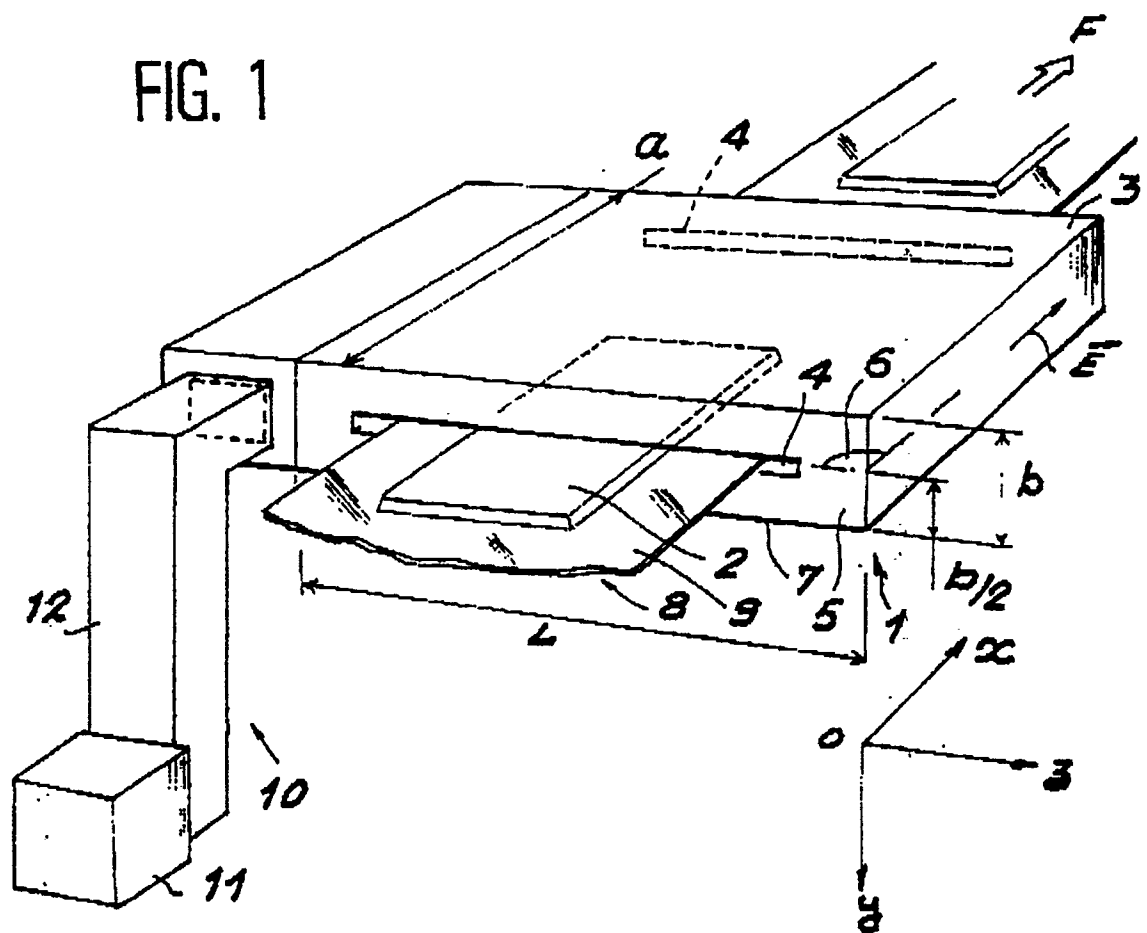
⑦④ Mandataire : **Grosset-Fournier, Chantal
Catherine et al
SC Ernest Gutmann/Yves Plasseraud 67
boulevard Haussmann
F-75008 Paris (FR)**

⑤④ **Dispositif applicateur d'ondes hyperfréquences pour le traitement de produits en feuille ou en nappe.**

⑤⑦ Il s'agit d'un dispositif applicateur d'ondes hyperfréquences pour le traitement de produits (2, 15, 28, 41, 55) en feuille ou en nappe, comprenant un boîtier (3, 13, 20, 40, 50) définissant une cavité guide d'ondes, parallélépipédique, de dimensions $a \times b \times L$ dans un repère tri-rectangle Ox, Oy, Oz , le dit boîtier étant allongé selon Oz et muni de fentes (4, 18, 27, 42, 56) de passage du produit à traiter dans la cavité selon un plan parallèle au plan Ox, Oz , et des moyens (10, 17, 31) d'excitation de la cavité en Mode Transverse Electrique (MTE), pour créer un champ électrique (E) interne à ladite cavité selon une direction sensiblement parallèle à Ox . Le boîtier est tel que la dimension a de la cavité soit supérieure à une valeur sensiblement égale à la dimension b de ladite cavité.

EP 0 446 114 A1

FIG. 1



DISPOSITIF APPLICATEUR D'ONDES HYPERFREQUENCES POUR LE TRAITEMENT DE PRODUITS EN FEUILLE OU EN NAPPE

La présente invention concerne un dispositif applicateur d'ondes hyperfréquences, ou micro-ondes, pour le traitement de produits en feuille ou en nappe, du type comprenant un boîtier définissant une cavité guide d'ondes, parallélépipédique, de dimension $a \times b \times L$ dans un repère trirectangle Ox, Oy, Oz , ledit boîtier étant allongé selon Oz et muni de fentes de passage du produit à traiter dans la cavité selon un plan parallèle au plan Ox, Oz , et des moyens d'excitation de la cavité en mode transverse électrique (MTE), pour créer un champ électrique interne à ladite cavité, selon une direction sensiblement parallèle à Ox .

Par ondes hyperfréquences, ou micro-ondes, il faut entendre les ondes de fréquences comprises entre 0,3 GHz et 300 GHz, et plus particulièrement celles situées dans la bande S [1,55 GHz à 5,2 GHz].

L'invention trouve une application particulièrement importante, bien que non exclusive, dans le domaine du séchage de produits en feuille ou en nappe mince, c'est-à-dire d'épaisseur inférieure à de l'ordre de 20mm, notamment dans les domaines de la papeterie, de l'imprimerie (séchage des encres), pour la préparation des peaux dans l'industrie du cuir ou pour le séchage de poudres humides disposées en nappes. On utilisera notamment avantageusement des micro-ondes de fréquence standard égale à 2,45 GHz.

Mais on peut bien évidemment appliquer l'invention à d'autres traitements et notamment à des traitements thermiques avec des fréquences de micro-ondes différentes et sur des produits en feuilles de plus grande épaisseur.

On connaît déjà des dispositifs de traitement par micro-ondes, de produits en feuille. Ils font le plus souvent appel, soit à des boîtiers guide d'ondes à structure repliée, dite en "méandre", soit à des boîtiers guides d'onde parallélépipédiques, du type ci-dessus défini, fendus sur les grands côtés pour le passage du produit à traiter, ce qui évite de perturber les lignes de courant du mode fondamental du champ électrique.

Ces solutions connues permettent un traitement assez homogène mais, ne pouvant mettre en oeuvre qu'un champ électrique de faible intensité, sont soit encombrantes et complexes (cas des structures en "méandres"), soit limitées dans leur utilisation, car ne permettant pas un temps d'action suffisant pour le traitement recherché du produit (cas des guides fendus). Dans ce dernier cas, en effet, les boîtiers "guide d'ondes" parallélépipédiques connus, présentent une section transversale de largeur a réduite; par exemple, les dimensions standards $a \times b$ des sections transversales de boîtiers sont de 4,3 cm x 8,6 cm en Europe, et de 3,4 cm x 7,2 cm aux Etats-Unis. Le pro-

duit en feuille qui défile dans le sens transversal au travers des fentes du boîtier, ne peut donc rester qu'un temps limité dans la cavité excitée en mode TE.

On pourrait, bien évidemment, être tenté d'augmenter le temps de séjour en ralentissant la vitesse de défilement, où même en arrêtant le produit dans le boîtier, pendant un temps déterminé. Mais une telle solution serait au détriment de l'homogénéité de traitement également recherchée. En effet, dans le cas d'un dispositif applicateur à défilement, on peut se contenter d'un champ électrique à peu près uniforme sur toute la largeur de la bande porteuse, sans se préoccuper de la direction du défilement, puisqu'on aura une homogénéisation statistique de l'énergie absorbée lors de la traversée du boîtier. Ce n'est plus le cas, pour un dispositif applicateur statique.

Pour palier l'inconvénient du champ électrique de faible intensité et réduire l'encombrement du dispositif applicateur, on a pu faire appel à un applicateur résonnant dont le champ électrique est plus intense pour une même puissance micro-ondes.

En effet, dans le cas d'une onde en résonance, le champ électrique est, comme on le sait, multiplié par la racine carrée de la surtension, la surtension étant définie comme le rapport entre l'énergie totale emmagasinée dans le résonateur et l'énergie dissipée par période (modulo 2π).

Cependant, l'utilisation d'un applicateur résonnant présente l'inconvénient de ne plus permettre un traitement homogène sur toute la largeur du produit en feuille à traiter puisque le champ électrique présente des noeuds et des ventres d'intensité.

Pour palier cet inconvénient, il a été proposé un système constitué d'au moins deux cavités guide d'ondes résonnantes identiques à travers lesquelles défile la feuille à traiter, et décalées l'une par rapport à l'autre de $(1/N) \times \lambda_g/2$, pour répartir l'effet des maxima des champs sur toute la largeur du produit [FR n° 2.523.797].

Si cette dernière solution est satisfaisante, elle peut notamment être encore améliorée. En effet, d'une part elle nécessite la présence de plusieurs cavités guides, d'autre part, on sait que les cavités résonnantes posent souvent des problèmes d'adaptation particuliers.

En effet, leur fonctionnement dépend étroitement des variations de charge, et un asservissement de la fréquence aux variations d'intensité du champ est souvent nécessaire pour un accord précis sur la résonance.

La présente invention vise à fournir un dispositif répondant mieux que ceux antérieurement connus, aux exigences de la pratique, notamment en ce qu'il ne nécessite pas forcément un applicateur guide

d'onde du type résonnant, (sans pour autant l'exclure obligatoirement), qu'il permet d'accroître sensiblement le temps d'action des micro-ondes sur le produit à traiter, et ce de façon simple et peu coûteuse, tout en obtenant des rendements, par exemple de séchage, améliorés par rapport aux dispositifs existants.

Dans ce but, l'invention propose notamment un dispositif applicateur d'ondes hyperfréquences, pour le traitement de produits en feuille ou en nappe, du type ci-dessus défini, caractérisé en ce que la dimension a de la cavité est supérieure à une valeur sensiblement égale à la dimension b .

Dans un mode de réalisation particulier, seulement une partie du boîtier définit une cavité guide d'ondes (ou partie de cavité) parallélépipédique de dimension $a \times b \times L$, la dimension a de ladite partie de cavité étant supérieure à une valeur sensiblement égale à la dimension b de ladite partie de cavité.

Par valeur sensiblement égale à b , il faut entendre une valeur légèrement supérieure à b , par exemple supérieure à $1,2 b$.

Pour une même valeur de b qui, comme on le verra plus loin, ne peut être fixée arbitrairement car elle dépend de la longueur d'onde utilisée, cette disposition permet ainsi de traiter un produit en défilement pendant un temps plus long qu'avec les dispositifs connus (où le rapport a/b est plus petit que, ou égal à, 0,5). L'action des micro-ondes se fait en effet sur une plus grande distance. Dans le cas d'un traitement de produit en statique, également, le produit pourra avoir une dimension plus grande selon Ox , (parallèle au côté a).

Imposer cette condition sur le rapport a/b n'était nullement évident pour l'homme du métier. En effet, il est connu qu'une cavité guide d'onde de section droite $a \times b$ standard (par exemple $4,3 \text{ cm} \times 8,6 \text{ cm}$), excitée en mode transverse électrique (MTE), véhicule le mode TE_{01} , c'est-à-dire tel que le champ électrique soit constant selon Ox et de direction parallèle à Ox .

Ce mode transverse électrique est le mode recherché avec les dispositifs de traitement de produits en feuille, pour des applications du type séchage notamment, parce qu'il permet une action efficace et optimisée du champ électrique sur le produit. (Le champ électrique est alors, en effet, dans le plan de la feuille).

Or, il est également connu que, lorsque la valeur du côté a augmente, la cavité guide se met à véhiculer d'autres modes de répartitions de l'énergie, et ce dès que a dépasse une valeur critique a_c qui dépend de la fréquence f des micro-ondes et de la dimension b .

On montre mathématiquement que cette valeur critique a_c est telle que $a_c = \lambda/2$, où λ est la longueur d'onde en espace libre des micro-ondes employées. Quand a croît au-delà de a_c et devient supérieur à b , le mode TE_{10} pour lequel le champ électrique est

parallèle à Oy (perpendiculaire au plan du produit en feuille) peut aussi bien exister que le mode TE_{01} ; et on démontre de même que plus a devient grand devant b , plus le mode TE_{01} devient instable par rapport au mode TE_{10} .

En fait, de façon tout à fait surprenante, les inventeurs se sont aperçus expérimentalement que, contrairement, d'une part à ce que pouvaient enseigner les dispositifs connus, et d'autre part à ce que préconisait l'approche théorique ci-dessus concernant le comportement des micro-ondes dans des boîtiers parallélépipédiques définissant une cavité guide, on obtenait une bonne stabilité du mode TE_{01} dans des cavités parallélépipédiques, du type à fentes latérales d'introduction du produit en feuille selon un plan $Ox Oz$, pour des dimensions de a supérieures à une valeur sensiblement égale à b , et même plusieurs fois supérieure à b . Rien ne pouvait suggérer une telle disposition à l'homme du métier.

Dans un mode de réalisation avantageux, le rapport a/b est supérieur à 2.

On a, en effet, et notamment, pu observer expérimentalement que le rendement énergétique obtenu avec une cavité guide d'onde surdimensionnée, où le côté a est égal à 2 ou 3 fois le côté b , était nettement supérieur à celui obtenu avec le guide standard de côté $a = 43 \text{ mm}$.

Ainsi, le séchage d'un buvard gorgé d'eau réalisé dans un guide standard est amélioré de 10 à 15% avec un guide surdimensionné (90% avec $a = 200 \text{ mm}$ pour 75% avec $a = 43 \text{ mm}$).

Dans un mode de réalisation également avantageux, le rapport a/b est supérieur à 4.

L'intérêt d'une telle disposition, outre l'accroissement du temps d'échange, réside dans le fait que le champ interne agissant dans le produit tend vers le champ appliqué puisque le champ dépolarisant tend vers zéro lorsque la dimension a s'accroît.

Or, de façon surprenante comme déjà indiqué, on a pu réaliser des applicateurs tels que le côté a devienne égal à 350 mm et plus, alors que b restait égal à la dimension standard de 86 mm, et ce sans perdre l'excitation du seul mode TE_{01} . Les rendements énergétiques sont, de ce fait, encore meilleurs.

Dans un mode de réalisation avantageux, la partie de boîtier, ou le boîtier, définissant une cavité guide d'ondes parallélépipédique est raccordée à une portion de boîtier complémentaire définissant une portion de cavité complémentaire s'étendant dans une direction située en dehors du plan Ox, Oz , et le boîtier comprend des moyens pour dévier la direction de propagation des ondes hyperfréquences entre la direction des ondes dans le plan Ox, Oz , dans ladite partie de cavité, et ladite direction située en dehors du plan Ox, Oz , dans ladite portion de cavité complémentaire.

La présence d'un tel "coudage" de l'applicateur permet de changer la direction de propagation de l'onde sans altérer l'excitation en mode TE_{01} .

Avantageusement, la direction située en dehors du plan Ox,Oz, est celle de l'axe Oy.

On peut, de plus, avoir recours à l'une et/ou à l'autre des dispositions avantageuses suivantes :

– le boîtier comporte une portion d'extrémité située dans le prolongement de la partie de boîtier, de l'autre côté de la portion de boîtier complémentaire par rapport à la partie de boîtier, et propre à servir de piège aux ondes non déviées dans la portion de cavité complémentaire ;

– le boîtier comporte une deuxième portion de boîtier complémentaire définissant une deuxième portion de cavité complémentaire, située à proximité de la première portion de cavité complémentaire et s'étendant dans une direction située en dehors du plan Ox,Oz, et une deuxième partie de boîtier définissant une deuxième partie de cavité parallélépipédique de dimensions $a \times b \times L'$ dans un repère tri-rectangle Ox,Oy,Oz, ladite deuxième partie étant située dans le prolongement selon le plan Ox,Oz, de la première partie de cavité, de l'autre côté de la première partie de boîtier par rapport auxdites première et deuxième portions de boîtier complémentaires ; le dispositif comporte des moyens d'excitation de la deuxième partie de cavité en Mode Transverse Electrique (MTE), pour créer un champ électrique (E') interne à ladite deuxième partie de cavité selon une direction sensiblement parallèle à Ox ; E' peut être, ou non, différent de E ;

– le dispositif comporte au moins deux parties de boîtier situées dans le prolongement l'une de l'autre selon le plan Ox,Oz, raccordées chacune à une portion de boîtier complémentaire ;

– le dispositif comprend, pour chaque module formé par une partie de boîtier définissant une partie de cavité parallélépipédique et une portion de boîtier complémentaire qui lui est raccordée, un premier générateur d'ondes hyperfréquences pour introduction des ondes à une extrémité de ladite partie de cavité et un deuxième générateur d'ondes hyperfréquences pour introduction des ondes à l'extrémité de ladite portion de cavité complémentaire.

Avantageusement, le dispositif selon l'invention comporte des moyens de défilement du produit à l'intérieur de la cavité, dans une direction parallèle à Oz.

Ceci est rendu possible du fait de la grande dimension de a . Par exemple, si $a = 250$ mm, on va pouvoir faire défiler un produit de largeur voisine de 250 mm (très supérieure au 43 mm des dispositifs connus) dans le sens de propagation de l'onde. Ceci permet d'exercer une action particulièrement homogène sur le produit, puisque le champ électrique est constant sur toute la largeur de a .

Dans un mode de réalisation également avantageux, le dispositif est du type résonnant.

On peut également avoir recours à la disposition avantageuse suivante : la longueur de la dimension b est inférieure à la dimension standard, et proche de la valeur critique $b_c = c/2f$, connue dans la littérature, où c est la vitesse de la lumière dans le vide et f est la fréquence de l'onde hyperfréquence.

On sait, en effet, que dans un guide rectangulaire propageant le mode TE_{01} , il existe une relation entre la fréquence de l'onde, la dimension du côté b et la longueur d'onde λ_g guidée dans le boîtier, relation qui s'écrit :

$$\frac{1}{\lambda_g^2} = \frac{f^2}{c^2} - \frac{1}{4b^2}$$

où c désigne la vitesse de la lumière dans le vide. Cette expression montre que λ_g peut devenir très grand (étirage de l'onde dans le sens de propagation) en réduisant b . Le cas extrême où λ_g devient infini, correspond à la condition dite de coupure où

$$b = \frac{c}{2f}$$

soit 61,2 mm pour $f = 2,45$ GHz.

Sans aller jusqu'à cette valeur critique minimale de b (61,2 mm), les inventeurs ont réalisé un applicateur avec $b = 63$ mm, qui permet d'atteindre une longueur d'onde guidée λ_g de 480 mm et de créer ainsi un domaine d'action très homogène sur 100 mm environ. L'applicateur ainsi défini grâce à l'invention, a ainsi permis de créer une zone d'action, plane et homogène, de 100 mm par 200 mm.

Dans d'autres modes de réalisation, on prévoit avantageusement que la dimension b est agencée pour répartir les ventres de l'onde en résonnance dans le sens longitudinal de ladite cavité, parallèlement à l'axe Oz, de façon déterminée.

Cette répartition s'effectue en fonction de la longueur d'onde de l'onde utilisée, à partir de la formule précédente déjà indiquée :

$$\frac{1}{\lambda_g^2} = \frac{f^2}{c^2} - \frac{1}{4b^2}$$

Une autre application liée à la maîtrise de λ_g en fonction de b consiste, en effet, à choisir b de façon à créer des ventres d'énergie se situant exactement au droit de parties de produit à traiter préférentiellement.

Ainsi pour sécher des bandes de colle appliquées parallèlement les unes aux autres sur un support défilant, on choisit b de façon à concentrer l'énergie micro-ondes sur les bandes à traiter. Pour un espacement de 75 mm des bandes de colle, les inventeurs ont ainsi réalisé un applicateur résonnant de côté $a = 160$ mm et de côté $b = 103,5$ mm, et obtenu des performances de séchage des bandes supérieures à celles qui étaient généralement observées en infrarouge ou en haute fréquence.

Dans un autre mode avantageux de réalisation, au contraire de certains cas précédents, le dispositif n'est pas du type résonnant.

On peut, par ailleurs, avoir avantageusement

recours à un boîtier avec couvercle amovible en forme de plaque à bords longitudinaux rabattus parallèlement au plan Oy, Oz, la périphérie desdits bords longitudinaux étant parallèle au plan Ox, Oy, le couvercle constituant ainsi une portion du toit du boîtier.

Dans ce cas, les bords longitudinaux du couvercle coïncident avantageusement avec le bord supérieur des fentes de passage.

C'est là un des autres avantages de l'emploi du mode TE₀₁ en guide surdimensionné. La continuité de la distribution de courant sur les parois du boîtier est, en effet, préservée avec une telle découpe et il n'apparaît aucun phénomène de décharge entre les parties supérieure et inférieure, contrairement à ce qui aurait lieu si la découpe était faite différemment.

En rendant l'intérieur du boîtier accessible, on résoud par ailleurs un problème important qui est celui du "bourrage" de produits défilant, venant s'accumuler sur la fente d'introduction.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit de modes de réalisation donnés à titre d'exemples non limitatifs. La description se réfère aux dessins qui l'accompagnent dans lesquels :

- La figure 1 est une vue en perspective d'un dispositif applicateur de traitement, non résonnant, selon un premier mode de réalisation de l'invention, le produit en feuille ou en nappe défilant dans la direction de l'axe Ox.
- La figure 2 est une vue en perspective d'un deuxième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, avec le produit en feuille, ou en nappe, défilant dans la direction de l'axe Oz.
- La figure 3 est une vue en perspective d'un troisième mode de réalisation du dispositif de l'invention, comportant un boîtier applicateur avec cavité résonnante, et toit ouvrant.
- La figure 4 montre schématiquement un boîtier résonnant, selon un autre mode de réalisation de l'invention, plus particulièrement conçu pour traiter une large zone de produit en statique.
- La figure 5 est une vue en coupe d'un boîtier résonnant conçu pour traiter des parties de produit à l'emplacement précis des ventres d'énergie des micro-ondes émises dans la cavité du boîtier.
- La figure 6 est une vue en perspective, en partie éclatée, d'un boîtier selon un autre mode de réalisation de l'invention avec portion de boîtier complémentaire verticale, et piège à ondes latéral (simple coudage).
- La figure 7 est une vue en perspective, en partie éclatée, d'un boîtier selon un autre mode de réalisation de l'invention, muni de deux portions de boîtier verticales adjacentes d'injection d'énergie complémentaire (double coudage).

La figure 1 est une vue, en perspective, d'un dispositif 1 applicateur d'ondes hyperfréquences, pour le traitement d'un produit 2 en feuille, ou en nappe, selon un premier mode de réalisation de l'invention. Le dis-

positif applicateur comporte un boîtier 3 définissant une cavité guide d'ondes, parallélépipédique, de dimensions $a \times b \times L$, dans le repère tri-rectangle Ox, Oy, Oz. La dimension a est supérieure à la dimension b , par exemple a est de l'ordre de 3 b .

Le boîtier 3 est allongé selon Oz et muni de deux fentes rectangulaires 4, une sur chacun des grands côtés 5 du boîtier. Ces fentes servent au passage du produit à traiter selon un plan 6, parallèle au plan Ox, Oz, et situé, par exemple et avantageusement, à une distance $b/2$ du fond 7 du boîtier.

Le produit 2 est, par exemple, posé sur des moyens de défilement 8 comprenant un tapis roulant 9, connu en soi; mais le produit peut, s'il s'y prête, être simplement mis en tension entre deux mandrins (non représentés), pour défiler en continu ou discontinu par les fentes 4, au travers de la cavité.

Des moyens d'excitation 10 de la cavité en mode transverse électrique, c'est-à-dire tel que le champ électrique E soit perpendiculaire à la direction de propagation des ondes hyperfréquences émises et guidées dans la cavité, sont prévus. Ils comprennent, de façon connue, un magnétron, ou générateur d'ondes hyperfréquences, 11 et un guide de transition 12 des ondes vers la cavité; ces moyens d'excitation génèrent, des ondes hyperfréquences, par exemple, dans la bande de 2,45 GHz et créent un champ électrique interne à la cavité de dimension $a \times b \times L$ d'une puissance, par exemple, de 1 KW. De façon surprenante, et comme on l'a vu, ce champ E prend une direction sensiblement parallèle à Ox (c'est-à-dire qu'il reste en mode TE₀₁), et ce malgré une dimension a supérieure à b .

Par exemple, en utilisant la fréquence de 2,45 GHz ci-dessus, pour laquelle on rappelle que le guide standard est tel que $a = 43$ mm et $b = 86$ mm, les inventeurs ont réalisé des boîtiers applicateurs tels que $a = 250$ mm (et plus), b restant égal à 86 mm, sans perdre l'excitation en mode TE₀₁. Dans ce cas, le produit à traiter en défilement comme sur la figure 1, reste donc en interaction avec le champ électrique E pendant un temps multiplié par le rapport 250/43, par rapport au temps passé dans un guide standard.

Sur la figure 2, on a représenté un boîtier 13 comportant des moyens 14 de défilement du produit 15 à l'intérieur de la cavité, dans une direction 16 parallèle à Oz. Les moyens 17 générateurs d'ondes hyperfréquences, schématisés en traits interrompus sur la figure 2, sont prévus sur le côté du boîtier, comme indiqué sur la figure, pour ne pas gêner le défilement.

Le boîtier 13 comporte deux fentes 18 rectangulaires et parallèles, sur les deux petits côtés latéraux 19, du boîtier.

La figure 3 montre un troisième mode de réalisation de l'invention comportant un boîtier 20 résonnant, muni d'un couvercle 21 amovible comprenant des moyens de préhension 22, par exemple des poi-

gnées. Le couvercle 21 est en forme de plaque 23, à bords longitudinaux 24 rabattus parallèlement au plan Oy, Oz.

Le couvercle est conçu pour que les périphéries 25 des bords longitudinaux constituent les bords supérieurs des fentes rectangulaires 27, de passage du produit 28 (en traits mixtes sur la figure) à traiter, le produit défilant lui-même avantageusement dans un plan situé à une distance $b/2$ du fond du boîtier.

On a également représenté en trait interrompus sur la figure 3, un piston mobile de court-circuit 29, disposé à une des extrémités longitudinales du boîtier, actionnable par une tige 30 pour rendre le boîtier résonnant. Afin d'adapter, par ailleurs, la charge vue par le générateur d'ondes schématisé en 31, et de façon connue en soi, il est prévu une impédance capacitive et/ou inductive à l'autre extrémité du boîtier, du côté du générateur 31. C'est par exemple, un iris 32 (en traits interrompus sur la figure).

La possibilité d'enlever le toit du boîtier qui, de par sa conception, s'est montré non perturbant pour les lignes de courant parcourant sa surface, est un avantage non négligeable.

La figure 4 est une vue schématique d'un boîtier résonnant 40 de dimension b réduite, proche de la valeur critique $c/2$, ce qui permet de traiter de façon homogène une surface importante de produit 41, par exemple 100 par 200 mm, comme décrit ci-dessus.

Le produit est introduit en discontinu via les fentes 42 sur un tapis roulant 43.

La figure 5 montre en coupe, un boîtier résonnant 50 selon un autre mode de réalisation de l'invention.

Les ventres 51 de l'onde résonnante 52, dont l'espacement est réglé, de façon connue en soi, par l'intermédiaire du piston court-circuit 53 (en traits interrompus sur la figure 5) sont agencés pour se placer au droit des zones 54, à traiter, du produit en feuille 55 qui défile via les fentes longitudinales 56 du boîtier.

La figure 6 montre un autre mode de réalisation d'un boîtier 60 selon l'invention comportant une portion de boîtier complémentaire verticale 61 dans lequel l'onde subit un changement de direction 62 réalisé au moyen de deux volets 63, 63', inclinés à 45° et de plaques de piège 64, 65, qui empêchent les fuites d'ondes. L'onde arrivant de la gauche 66 de la figure se transmet à la verticale grâce aux 2 volets, alors que le produit plan à traiter 67 peut être introduit par la fente 68 pour subir un traitement latéral dans la partie de boîtier 69 définissant une partie de cavité parallélépipédique 69' de dimension $a \times b \times L$ dans le repère Ox, Oy, Oz. On a pu ainsi mieux sécher les bords d'une nappe cartonnée qui sont toujours plus humides que le centre de la nappe par contact à l'air ou mauvais entreposage.

La figure 7 montre un autre mode de réalisation d'un boîtier 70 selon l'invention muni de deux parties de boîtier 80 et 81 définissant deux parties de cavités

80' et 81' parallélépipédiques, de dimension $a \times b \times L$ et $a \times b \times L'$. Deux portions de boîtier complémentaire 82 et 83, verticales, sont, par ailleurs, connectées aux parties 80 et, 81 entre ces dernières. Les deux entrées et sorties classiques des micro-ondes sur le boîtier sont, par ailleurs, remplacées par quatre voies d'accès référencés 71 à 74 sur la figure. Grâce aux volets de déflexion 75, 76, 77, 78 de l'onde, les voies d'accès 71 et 72 sont fortement couplées ainsi que les voies 73 et 74. On peut, par exemple, accroître l'action des micro-ondes au centre d'un produit plan par rapport à l'action sur les bords en disposant des générateurs en 72 et en 74 et des adaptateurs en 71 et 73 (non représentés).

L'onde introduite en 72 se dirige vers 71 alors que l'onde introduite en 74 se dirige vers 73. Ce dispositif a été expérimenté pour corriger et réguler un profil thermique suivant toute la largeur du produit plan introduit par les fentes latérales 79 et 79' dans le plan Ox, Oz. Bien entendu, le rapport des longueurs des parties de boîtier référencées L et L' sur la figure 7, peut être quelconque.

On va maintenant décrire sommairement un mode de fonctionnement du dispositif selon l'invention en se référant plus particulièrement à la figure 1.

On commence par générer l'excitation de la cavité guide d'ondes à la fréquence retenue, classiquement de 2,45 GHz. Cette excitation est ensuite réglée pour s'adapter aux spécificités techniques du produit à traiter, dans la mesure ou une marge pour le réglage est disponible. Le produit à traiter est ensuite placé, de façon connue en soi, sur le tapis roulant support par exemple constitué par une bande transporteuse composite en matériau connu sous la dénomination TEFLON armé de fibres de verre.

La vitesse de défilement du tapis roulant, dans le cas d'un fonctionnement en continu, où sa cadence d'avancement, dans le cas d'un fonctionnement en discontinu, est ensuite réglée. Un automate programmable permet la commande en automatique du système. Le produit passe donc dans le boîtier, où il subit le traitement choisi, pendant le temps déterminé voulu.

Comme on l'a vu, les dispositifs conçus selon l'invention présentent de meilleurs rendements, à puissance et encombrement égaux, que les dispositifs connus. Ils permettent également de réaliser industriellement des opérations de traitement thermique jusqu'à présent mal maîtrisées avec la technique utilisant des micro-ondes; Ils peuvent permettre, par exemple, un traitement statique de surface sur une aire de 100 x 200 mm, ou un traitement en continu particulièrement homogène sur une bande de 250 mm large.

Ils sont également applicables, par exemple, au traitement de produits se présentant sous forme de paquets étalés, de fibrilles, ou sous forme de nappes d'éléments de faible épaisseur, de surface de petites

dimensions (par exemple de l'ordre de 5 à 10 cm²), réparties régulièrement les unes à côté, ou à proximité, des autres, sur un tapis de défilement.

L'invention trouve également une application particulièrement intéressante dans le domaine du traitement du verre en plaques et notamment dans le cas du séchage d'émaux sur verre.

Revendications

1. Dispositif applicateur d'ondes hyperfréquences pour le traitement de produits (2, 15, 28, 41, 55) en feuille ou en nappe, comprenant un boîtier (3, 13, 20, 40, 50) définissant une cavité guide d'ondes, parallélépipédique, de dimensions $a \times b \times L$ dans un repère tri-rectangle Ox,Oy,Oz, le dit boîtier étant allongé selon Oz et muni de fentes (4, 18, 27, 42, 56) de passage du produit à traiter dans la cavité selon un plan parallèle au plan Ox,Oz, et des moyens (10, 17, 31) d'excitation de la cavité en Mode Transverse Electrique (MTE), pour créer un champ électrique (E) interne à ladite cavité selon une direction parallèle ou sensiblement parallèle à Ox, caractérisé en ce que la dimension a de la cavité est supérieure à une valeur sensiblement égale à la dimension b de ladite cavité.
2. Dispositif applicateur d'ondes hyperfréquences pour le traitement de produits en feuille ou en nappe, comprenant un boîtier (60) définissant une cavité guide d'ondes, ledit boîtier comportant au moins une partie allongée (69, 80, 81) selon Oz et munie de fentes (68, 79 et 79') de passage du produit à traiter dans la cavité selon un plan parallèle au plan Ox,Oz, ladite partie (69, 80, 81) de boîtier définissant une partie de cavité parallélépipédique (69', 80' 81'), de dimensions $a \times b \times L$ dans un repère tri-rectangle Ox,Oy,Oz, et des moyens d'excitation de la cavité, en Mode Transverse Electrique (MTE), pour créer un champ électrique (E) interne à ladite cavité selon une direction sensiblement parallèle à Ox, caractérisé en ce que la dimension a de ladite partie de cavité est supérieure à une valeur sensiblement égale à la dimension b de ladite partie de cavité.
3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que ladite partie de boîtier (69, 80, 81) est raccordée à une portion de boîtier complémentaire (61, 82, 83) définissant une portion de cavité complémentaire s'étendant dans une direction située en dehors du plan Ox,Oz, et en ce que le boîtier comprend des moyens pour dévier la direction de propagation des ondes hyperfréquences entre la direction des ondes dans le plan Ox,Oz, dans ladite partie de cavité, et ladite direc-

tion située en dehors du plan Ox,Oz, dans ladite portion de cavité complémentaire.

4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que la direction située en dehors du plan Ox,Oz est celle de l'axe Oy.
5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 3 et 4, caractérisé en ce que le boîtier (60) comporte une portion d'extrémité (64, 65) située dans le prolongement de ladite partie de boîtier, de l'autre côté de la portion de boîtier complémentaire par rapport à ladite partie de boîtier, et propre à servir de piège aux ondes non déviées dans ladite portion de cavité complémentaire.
6. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que le boîtier comporte une deuxième portion (83) de boîtier complémentaire définissant une deuxième portion de cavité complémentaire, située à proximité de la première portion de cavité complémentaire (82) et s'étendant dans une direction située en dehors du plan Ox,Oz, et une deuxième partie de boîtier (81) définissant une deuxième partie de cavité parallélépipédique (81') de dimensions $a \times b \times L'$ dans un repère tri-rectangle Ox,Oy,Oz, ladite deuxième partie étant située dans le prolongement selon le plan Ox,Oz, de la première partie de cavité, de l'autre côté de la première partie de boîtier par rapport auxdites première et deuxième portions de boîtier complémentaires, et en ce qu'il comporte des moyens d'excitation de la deuxième partie de cavité en Mode Transversale Electrique (MTE), pour créer un champ électrique (E') interne à ladite deuxième partie de cavité selon une direction sensiblement parallèle à Ox.
7. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte au moins deux parties de boîtier situées dans le prolongement l'une de l'autre selon le plan Ox, Oz, raccordées chacune à une portion de boîtier complémentaire.
8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 3, 4, 5, 6 et 7, caractérisé en ce qu'il comprend, pour chaque module formé par une partie de boîtier définissant une partie de cavité parallélépipédique et une portion de boîtier complémentaire qui lui est raccordée, un premier générateur d'ondes hyperfréquences pour introduction des ondes à une extrémité de ladite partie de cavité et un deuxième générateur d'ondes hyperfréquences pour introduction des ondes à l'extrémité de ladite portion de cavité complémentaire.
9. Dispositif selon l'une quelconque des revendica-

tions précédentes, caractérisé en ce que le rapport a/b est supérieur à 2.

10. Dispositif selon la revendication 7 caractérisé en ce que le rapport a/b est supérieur à 4. 5
11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens (14) de défilement du produit (15) à l'intérieur de la cavité, dans une direction (16) parallèle à Oz. 10
12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est du type résonnant. 15
13. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que la longueur de la dimension b de la cavité est agencée pour répartir les ventres de l'onde en résonance dans le sens longitudinal de la dite cavité, parallèlement à l'axe Oz, de façon déterminée. 20
14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la dimension b de la cavité est proche de la valeur $c/2f$, ou c est la vitesse de la lumière dans le vide et f est la fréquence de l'onde hyperfréquence. 25
15. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il n'est pas du type résonnant. 30
16. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le boîtier (20) définissant la cavité guide d'onde comprend un couvercle (21) amovible en forme de plaque (23) à bords longitudinaux (24) rabattus parallèlement au plan Oy,Oz, la périphérie (25) des dits bords longitudinaux étant parallèle au plan Ox,Oz, le couvercle constituant une portion du toit du boîtier. 35
40
17. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que la périphérie des bords longitudinaux du couvercle coïncide avec le bord supérieur des fentes (27) de passage du produit à traiter dans la cavité. 45
18. Application du dispositif au séchage de poudre hydratée ou au séchage d'éléments hydratés de surface de petites dimensions répartis en nappe les uns à côté des autres. 50
19. Application du dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes au traitement du verre en plaques et notamment au séchage d'émaux sur verre. 55

FIG. 1

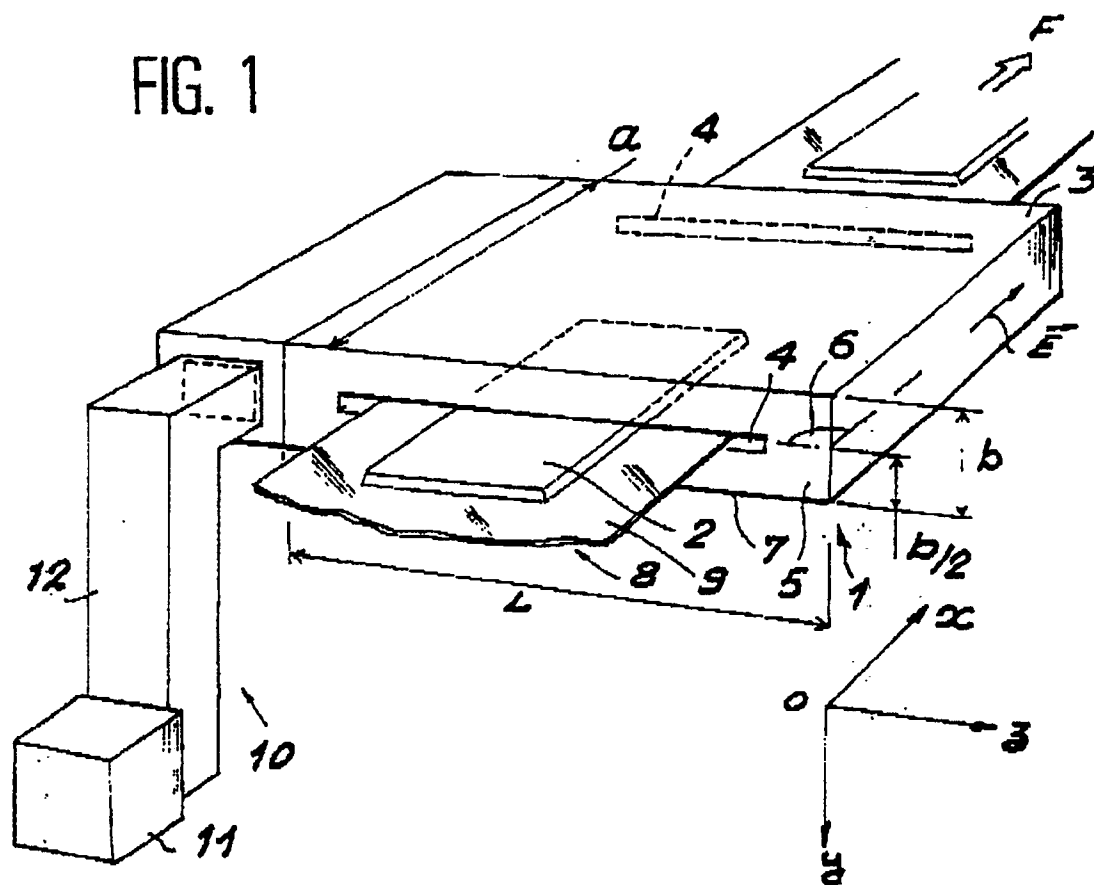


FIG. 2

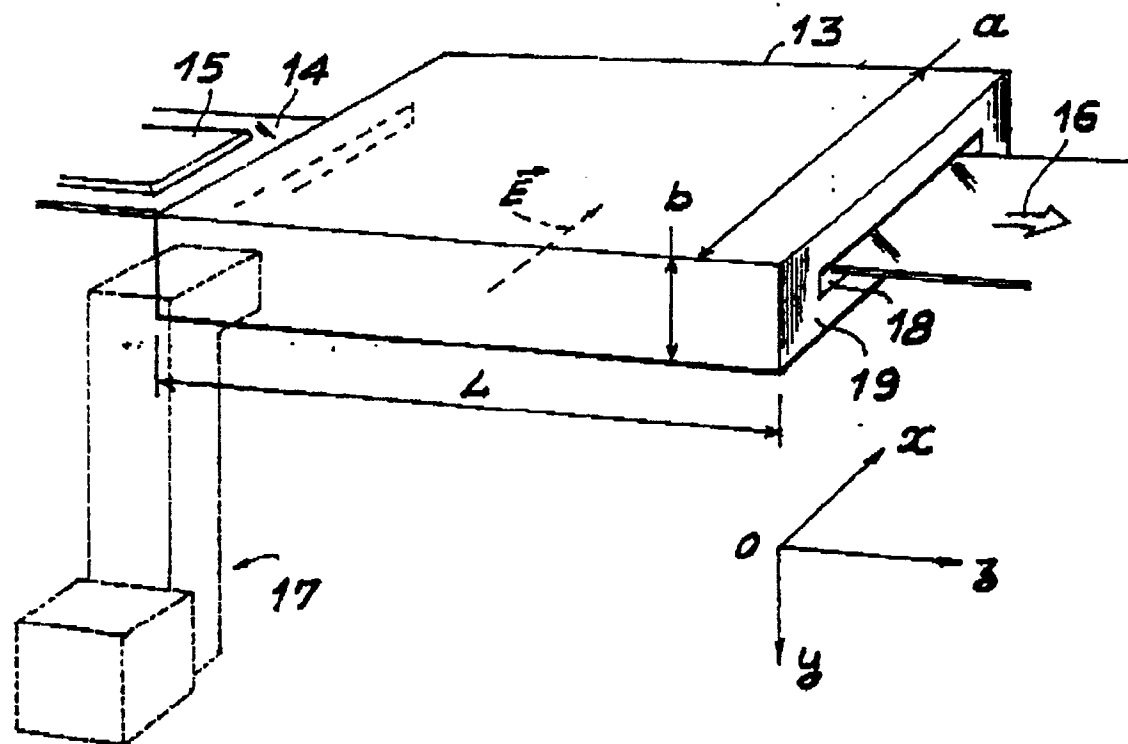


FIG. 3

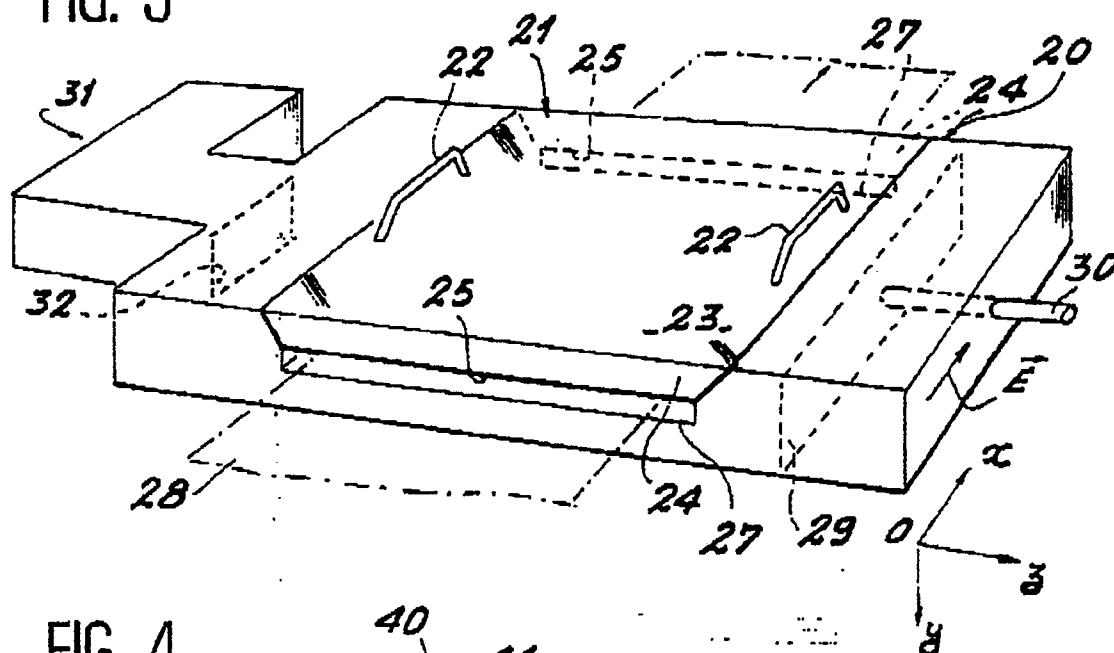


FIG. 4

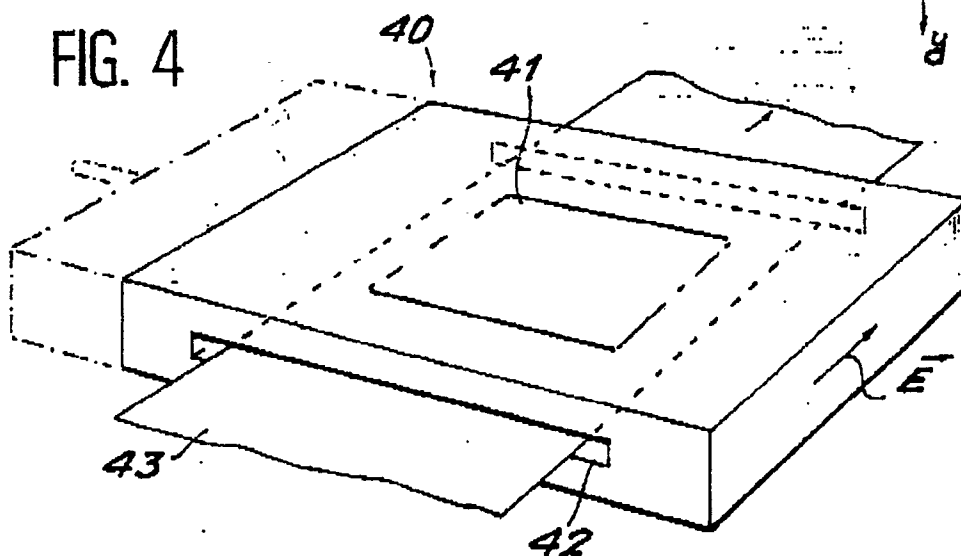


FIG. 5

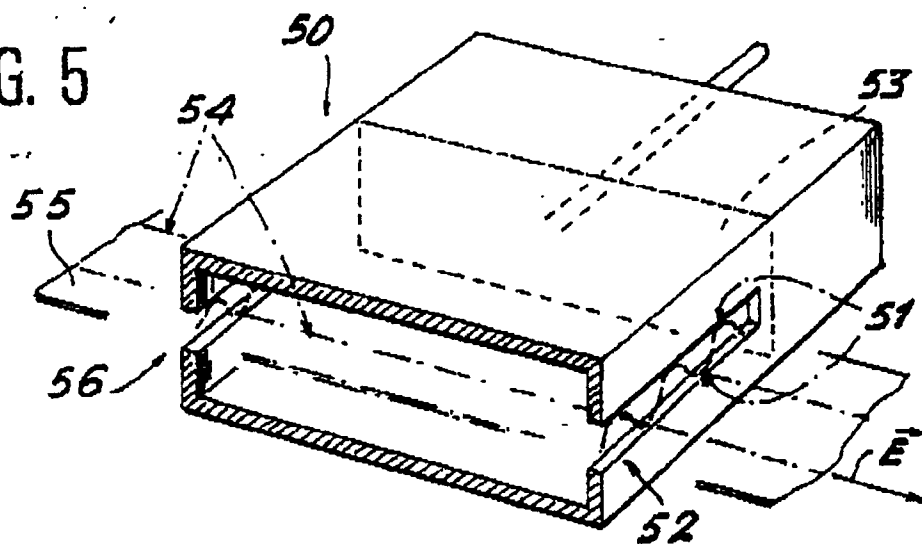


FIG. 6

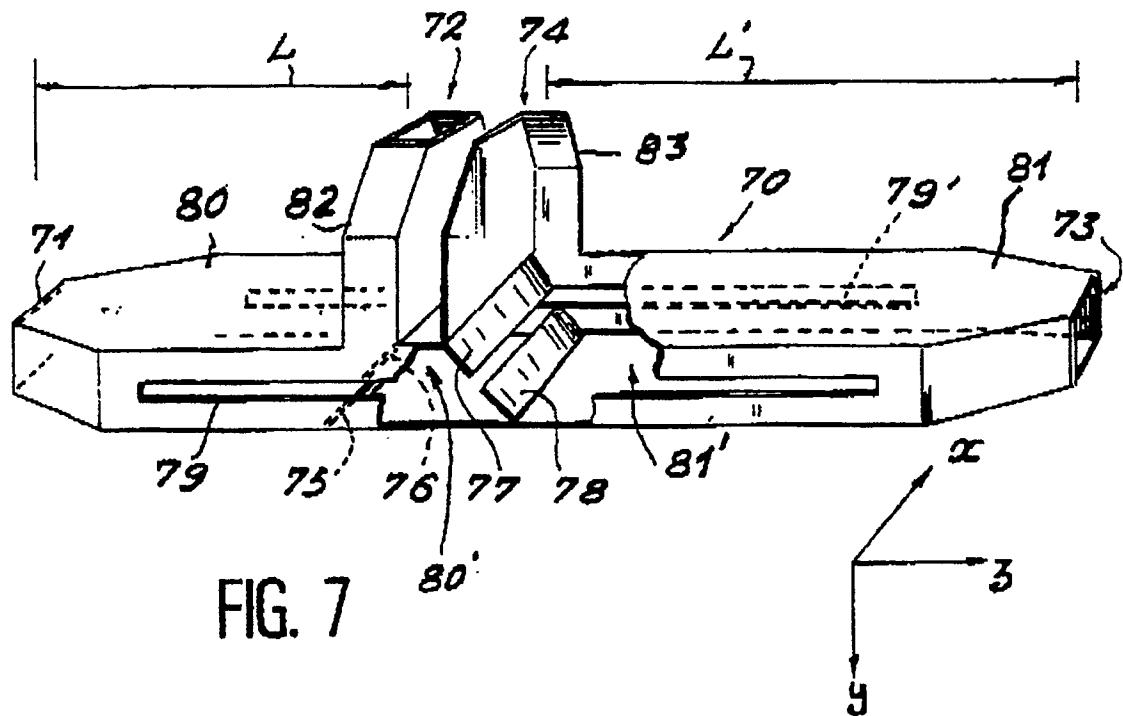
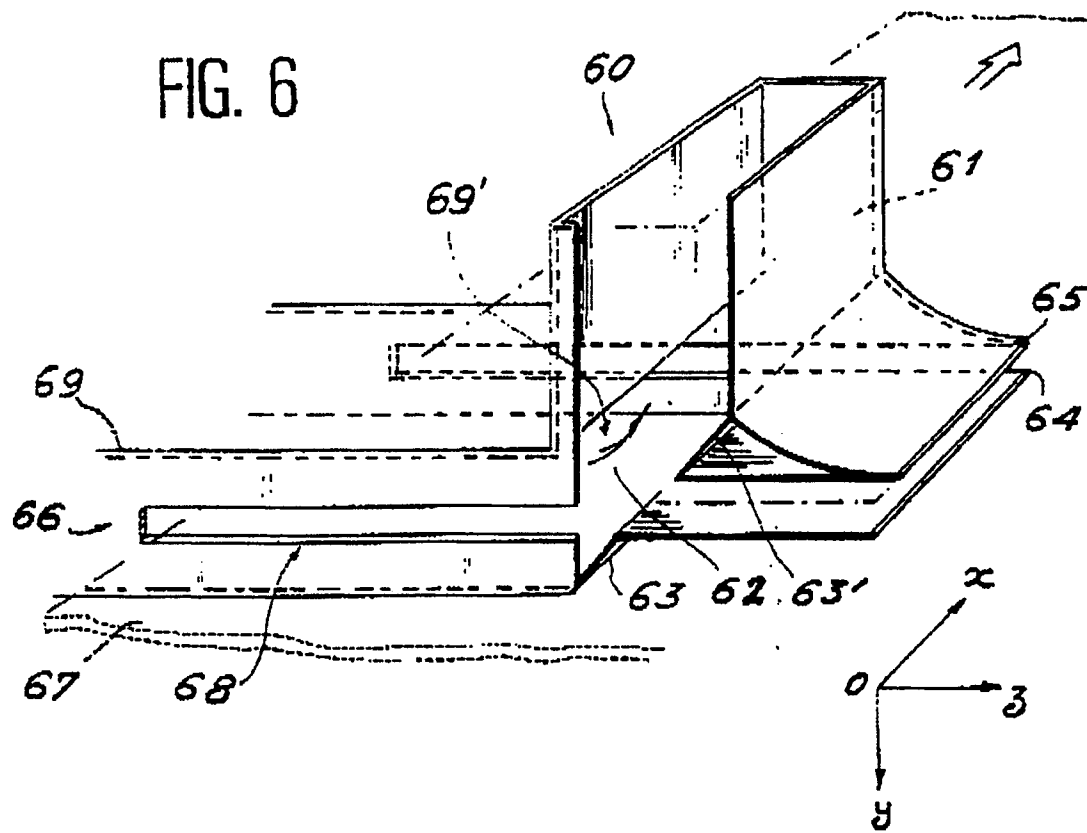


FIG. 7



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 91 40 0577

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
A	US-A-3466415 (WILLIAM J. BLEACKLEY) * colonne 2, ligne 55 - colonne 3, ligne 33; figures 1-4 *	1-4, 8, 11, 12, 18	H05B6/78
A	FR-A-2525063 (TOYODA GOSEI CO., LTD.) * page 2, ligne 16 - page 3, ligne 27; figures 1-3 *	1, 2, 11, 15, 18	
A	DE-A-2002382 (VARIAN ASSOCIATES) * page 10, ligne 6 - page 11, ligne 20; figures 1, 6 *	1, 2, 4, 8-13	
A	FR-A-1255297 (N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN) * page 1, colonne de droite, ligne 21 - page 2, colonne de droite, ligne 16; figure 1 *	1, 2, 11, 13, 15	
A	DE-A-1441813 (PHILIPS PATENTVERWALTUNG GMBH) * page 10, ligne 6 - page 11, ligne 5; figure 6 *	1, 2, 15-18	
A	US-A-3851132 (VANKOUGHNETT)		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
A	FR-A-974753 (COMPAGNIE FRANCAISE THOMSON-HOUSTON)		H05B
A	FR-A-2346990 (UNILEVER N.V.)		
A	FR-A-1328859 (N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN)		
A	US-A-3564458 (W.A. CUMMING)		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 13 JUIN 1991	Examineur RAUSCH R. G.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		I : théorie ou principe à la base de l'invention F : 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			

EPH FORM 1503 03.82 (P0402)