

⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑳ Numéro de dépôt: 84400633.8

⑤① Int. Cl.³: **H 05 B 6/72**
H 05 B 6/78, H 05 B 6/80

㉑ Date de dépôt: 29.03.84

③⑩ Priorité: 01.04.83 FR 8305428

⑦① Demandeur: **Soulier, Joel Henri Auguste**
140, route de Pacy
F-28260 La Chaussée d'Ivry(FR)

④③ Date de publication de la demande:
24.10.84 Bulletin 84/43

⑦② Inventeur: **Soulier, Joel Henri Auguste**
140, route de Pacy
F-28260 La Chaussée d'Ivry(FR)

⑥④ Etats contractants désignés:
AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE

⑦④ Mandataire: **Orès, Bernard et al,**
Cabinet ORES 6, avenue de Messine
F-75008 Paris(FR)

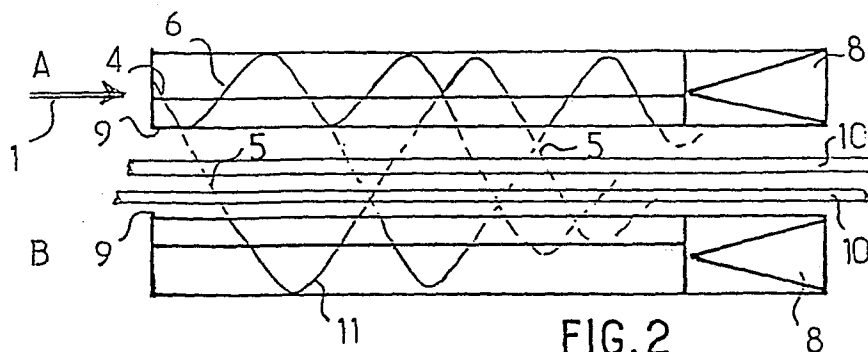
⑥④ Perfectionnements apportés aux applicateurs à micro-ondes, notamment au dispositif de couplage d'une onde électro-magnétique sur un matériau absorbant.

⑥⑦ L'invention concerne un applicateur d'énergie électromagnétique destiné au chauffage à micro-ondes.

Cet applicateur comprend une structure multi-diélectrique (A) dimensionnée de telle sorte qu'il n'existe de couplage d'énergie que lorsque le matériau à chauffer est à une distance inférieure à une longueur d'onde λ . Cette struc-

ture peut être associée à d'autres structures pour obtenir des effets de réflexion. Elle est également combinée à un système propulso-sustentateur qui n'affecte pas le couplage.

Parmi les applications les plus intéressantes de l'invention, on peut citer la vulcanisation des profils caoutchouc cellulaires destinés à l'automobile.



La présente invention concerne un applicateur à micro-ondes destiné au chauffage des matériaux diélectriques ou multi-diélectriques pouvant comporter un élément métallique sous quelque forme que ce soit.

- 5 Dans les applications du chauffage à micro-ondes on utilise, en combinaison :
- une source de micro-ondes, généralement constituée par un magnétron,
 - un dispositif de couplage, notamment un guide d'ondes,
 - 10 et
 - un applicateur, qui assure le transfert d'énergie entre la source de micro-ondes et le corps à chauffer.

Les applicateurs existants sont regroupés en quatre types principaux :

- 15 - applicateurs à cavité ou à résonateur, qui sont utilisés pour la cuisson d'aliments et d'autres applications industrielles ;
- applicateurs à onde progressive, dans lesquels le matériau à chauffer, sous forme de feuilles ou de fils,
- 20 traverse un guide d'ondes fendu à section transversale rectangulaire ;
- applicateurs à onde lente, dans lesquels le matériau à chauffer se déplace à proximité d'une ligne de propagation ouverte interagissant avec le champ électrique
- 25 extérieur inhomogène de la ligne, et
- applicateurs à onde libre, qui est pratiquement constitué par une antenne qui transmet l'énergie électromagnétique à des pièces de grandes dimensions, que l'on ne peut pas placer dans une enceinte fermée.

- 30 Dans les applicateurs, notamment à onde lente, il est connu de réaliser le défilement du produit à chauffer par un système de convoyage par tapis, par vis d'Archimède, par vibreur, et par sustentation et propulsion aérodynamique (cf. le Brevet U.S. n° 3 549 848).

- 35 Dans le chauffage à micro-ondes on sait utiliser

également les propriétés des gradients de permittivité des diélectriques pour former des structures présentant un gradient de permittivité, ainsi que décrit dans "Journal of Microwave Power" 10 (1) 1975.

5 Les principaux inconvénients de ces systèmes résident dans le mode d'interaction de l'onde électromagnétique avec le matériau diélectrique à chauffer : en effet, le matériau diélectrique introduit dans le champ électromagnétique perturbe celui-ci et désadapte la ligne
10 au générateur. Pour répondre à ce problème on est obligé, soit de compliquer les applicateurs en introduisant des organes d'adaptation automatique, soit de sacrifier le rendement en utilisant des circulateurs à ferrite.

15 D'autre part, la fuite d'énergie électromagnétique par les ouvertures, dans le cas de traitement thermique continu, pose de gros problèmes.

De plus, il est difficile de chauffer efficacement un matériau diélectrique comportant un élément métallique.

20 En outre, étant donné que chaque application définit les critères de choix de l'applicateur le plus approprié dans la combinaison susdite, il est nécessaire d'adapter spécifiquement l'applicateur, ce qui rend très coûteuse sa mise au point pour obtenir un bon rendement.

25 La présente invention a pour objet un applicateur de transfert d'énergie électromagnétique entre une source de micro-ondes et un matériau à chauffer, notamment du type à onde lente et coopérant avec un dispositif de couplage entre la source de micro-ondes et le matériau à
30 chauffer, ainsi qu'avec un éventuel dispositif de défilement dudit matériau à chauffer, notamment constitué par un dispositif propulso-sustentateur à fluide gazeux ou liquide, ou tout autre dispositif de défilement connu en soi, lequel applicateur est caractérisé en ce

que ledit dispositif de couplage est constitué par une structure multi-diélectrique principale présentant un gradient de permittivité diélectrique et rayonnant une onde évanescente en présence dudit matériau à chauffer lorsque ce dernier est disposé à une distance inférieure à une longueur d'onde par rapport à cette structure multi-diélectrique, lequel matériau à chauffer présente une permittivité diélectrique supérieure à celle du diélectrique immédiatement adjacent de ladite structure multi-diélectrique, c'est-à-dire qu'il est disposé dans le sens croissant des permittivités diélectriques.

Selon un mode de réalisation avantageux de l'applicateur conforme à l'invention, la structure multi-diélectrique principale coopère avec une ou plusieurs structures multi-diélectriques secondaires, qui sont disposées à une distance ne dépassant pas une longueur d'onde par rapport à la structure principale et qui sont excitées par cette dernière en présence dudit matériau à chauffer.

Selon une disposition avantageuse de ce mode de réalisation, la ou les structures secondaires sont disposées symétriquement par rapport au matériau à chauffer.

Selon un autre mode de réalisation avantageux de l'applicateur conforme à l'invention, la structure multi-diélectrique principale est rigide et à symétrie circulaire de façon à chauffer un matériau fluide.

Selon un mode de réalisation avantageux de l'applicateur conforme à l'invention, lesdites structures multi-diélectriques sont disposées en quinconce dans la masse du matériau fluide à chauffer.

Selon encore un autre mode de réalisation avantageux de l'applicateur conforme à l'invention, la structure multi-diélectrique principale est souple de manière à s'adapter à la forme du matériau à chauffer, même de très grand volume, ou à s'enrouler autour de ce

dernier.

Selon un mode de réalisation avantageux de l'applicateur conforme à l'invention, la structure multi-diélectrique principale et la structure multi-diélectrique
5 secondaire forment une ligne bifilaire qui peut être enroulée autour du matériau à chauffer.

Selon un autre mode de réalisation avantageux de l'applicateur conforme à l'invention, dans le cas où il comporte un dispositif propulso-sustentateur à fluide, la
10 permittivité diélectrique du fluide utilisé est telle qu'il ne perturbe pas le couplage.

Selon encore un autre mode de réalisation de l'applicateur conforme à l'invention, la fréquence de l'énergie électromagnétique est comprise entre 0,3 GHz et
15 300 GHz.

Quand un matériau diélectrique défile entre l'espace vide compris entre ces structures multi-diélectriques principale et secondaires, une partie de l'onde incidente circulant dans la structure principale pénètre dans le
20 matériau à chauffer, en raison de sa permittivité diélectrique comparativement élevée, et, suivant ses caractéristiques, une fraction de l'énergie est absorbée, tandis que l'autre fraction pénètre dans la ou les structures secondaires et effectue plus loin un trajet identique en subissant
25 un affaiblissement à chaque passage dans le matériau à chauffer.

L'avantage d'une telle disposition sur tous les dispositifs de couplage connus, est que l'adaptation du générateur de micro-ondes est toujours très bonne, quel que
30 soit le matériau diélectrique à chauffer et sa position par rapport aux parois, pourvu que sa permittivité diélectrique soit supérieure dans le sens susdit.

La structure multi-diélectrique étant du type à onde lente, l'onde qui sort de cette structure est dite
35 évanescence, c'est-à-dire qu'il s'agit d'une onde dont les

champs ne se raccordent pas, donc l'onde ne se propage pas suivant les équations de Maxwell. La propagation d'une telle onde ne dépasse pas une longueur d'onde dans l'air. L'énergie restante est donc très faible à courte distance, ce qui est avantageux pour la construction des fours.

Il y a également lieu de souligner que :

- la configuration des champs électriques dans le volume formé entre les deux structures est hybride et homogène,
- le couplage d'énergie est proportionnel à la quantité de matériau à chauffer, et
- la combinaison des différents diélectriques dans le volume d'interaction permet de maîtriser le chauffage.

Outre les dispositions qui précèdent, l'invention comprend encore d'autres dispositions, qui ressortiront de la description qui va suivre.

L'invention sera mieux comprise à l'aide du complément de description qui va suivre qui se réfère aux dessins dans lesquels :

- la figure 1 représente un applicateur selon l'invention sans le matériau à chauffer, comportant deux structures multi-diélectriques à gradient de permittivité diélectrique, situées l'une en face de l'autre à une distance ne dépassant pas une longueur d'onde ;
- la figure 2 représente l'applicateur de la figure 1 en présence du matériau à chauffer ;
- la figure 3 et la figure 4, coupe transversale de la figure 3, représentent la coopération de l'applicateur selon l'invention avec un dispositif propulso-sustentateur gazeux connu en soi ;
- la figure 5 représente un applicateur coopérant avec un dispositif propulso-sustentateur liquide ;
- la figure 6 représente un applicateur coopérant avec un dispositif propulso-sustentateur composé d'un lit de particules solides fluidisées ;
- la figure 7 représente un applicateur comportant une

structure multi-diélectrique à gradient de permittivité diélectrique destinée à chauffer un liquide contenu dans un récipient fermé ;

- la figure 8 représente un applicateur comportant une pluralité de structures multi-diélectriques secondaires disposées en quinconce dans un conduit traversé par le matériau à chauffer, et
- la figure 9 représente un applicateur comportant une structure multi-diélectrique principale souple entourant un objet volumineux à chauffer, notamment pour la mise hors gel d'arbres fruitiers.

Il doit être bien entendu, toutefois, que ces dessins et les parties descriptives correspondantes, sont donnés uniquement à titre d'illustration de l'objet de l'invention, dont ils ne constituent en aucune manière une limitation.

Le dispositif représenté sur la figure 1 comprend un ensemble de deux structures multi-diélectriques A et B espacées d'une longueur d'onde λ . La source d'énergie électro-magnétique 1 excite la structure A composée de deux diélectriques 2 et 3 dont l'élément 2 présente une permittivité inférieure à celle de l'élément 3. L'onde incidente principale 4, en l'absence de matériau à chauffer, se réfléchit en 6 jusqu'à la charge auxiliaire 8. Une partie 5 de l'onde 4 se propage dans l'espace compris entre les deux structures A et B. La structure B n'est pas excitée.

La figure 2 représente l'ensemble A et B avec un matériau 10 à chauffer, qui est compris dans le volume délimité par les deux faces internes 9 des structures A et B et dont la permittivité est supérieure à celle de l'élément 3.

La présence de ce corps 10 modifie donc la propagation dans la structure A de telle façon que l'onde évanescente 5 traverse le matériau à chauffer 10 et pénètre dans la structure B pour subir une réflexion 11. D'autre

part, lors de la première réflexion dans la structure A, l'onde incidente continue à se propager par réflexions successives en répétant le phénomène de couplage sur le matériau.

5 La combinaison des ondes incidentes quittant la structure A et des ondes réfléchies venant de la structure B donne un champ électrique intense dans l'espace d'interaction, même très près des parois métalliques 12.

10 La figure 3 représente un exemple d'application avec un caisson propulso-sustentateur à air 14. Les jets d'air sortant en 15 sustentent et propulsent le profil 16 dans l'axe longitudinal de la structure sans perturber le couplage ; les organes de réglage 13 permettent d'ajuster le couplage sur la structure B (cf. la figure 4).

15 La figure 5 représente une structure combinée à un système d'entraînement liquide 17 qui peut être par exemple une huile, le matériau 16 étant en suspension.

20 La figure 6 représente une structure combinée à un système de propulsion en lit fluidisé de particules solides 18 transportant des matériaux à chauffer 16.

 La figure 7 représente une structure 19 immergée dans une boîte métallique fermée 20 remplie d'un matériau à chauffer 21.

25 La figure 8 représente un groupement de structures 22 disposées en quinconce dans un conduit 23 sans spécification et où circule le matériau à chauffer 24.

 La figure 9 représente une structure souple 25 entourant un objet volumineux à chauffer, par exemple la mise hors gel d'arbres fruitiers.

30 A titre d'exemple non limitatif, la structure représentée par la disposition des figures 1 à 4 peut s'appliquer au chauffage des profilés caoutchouc extrudés en vue de leur vulcanisation ou polymérisation ou réticulation, ou bien encore aux câbles électriques.

35 La disposition des figures 5 et 6 peut s'appli-

quer au chauffage continu des matériaux en poudre ou en grains.

La disposition de la figure 7 permet le chauffage de matériaux à l'intérieur d'une enceinte métallique fermée
5 de dimensions quelconques, telle que conserves.

La disposition de la figure 8 permet le chauffage de très grands volumes sans précaution particulière de blindage, par exemple le séchage de grains se déplaçant par gravité dans un conduit quelconque.

10 La disposition de la figure 9 représente le chauffage d'un arbre ou d'une serre par une structure souple 25. Le couplage d'énergie s'effectue seulement sur les régions proches 26 de l'objet à chauffer 24 inférieur à une longueur d'onde.

15 Ainsi que cela ressort de ce qui précède, l'invention ne se limite nullement à ceux de ses modes de réalisation et d'application qui viennent d'être décrits de façon plus explicite ; elle embrasse, au contraire, toutes les variantes qui peuvent venir à
20 l'esprit du technicien en la matière sans s'écarter du cadre ni de la portée de la présente invention.

REVENDEICATIONS

1.- Applicateur de transfert d'énergie électromagnétique entre une source de micro-ondes (1) et un matériau à chauffer (10), notamment du type à onde lente et
5 coopérant avec un dispositif de couplage entre la source de micro-ondes et le matériau à chauffer, ainsi qu'avec un éventuel dispositif de défilement dudit matériau à chauffer, notamment constitué par un dispositif propulsosustentateur à fluide gazeux ou liquide, ou tout autre dispositif
10 de défilement connu en soi, lequel applicateur est caractérisé en ce que ledit dispositif de couplage est constitué par une structure multi-diélectrique principale (A) présentant un gradient de permittivité diélectrique et rayonnant une onde évanescente en présence dudit matériau
15 à chauffer lorsque ce dernier est disposé à une distance inférieure à une longueur d'onde par rapport à cette structure multi-diélectrique, lequel matériau à chauffer présente une permittivité diélectrique supérieure à celle du diélectrique immédiatement adjacent de ladite structure
20 multi-diélectrique (A), c'est-à-dire qu'il est disposé dans le sens croissant des permittivités diélectriques.

2.- Applicateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la structure multi-diélectrique principale (A) coopère avec une ou plusieurs structures multi-
25 diélectriques secondaires (B), qui sont disposées à une distance ne dépassant pas une longueur d'onde par rapport à la structure principale (A) et qui sont excitées par cette dernière en présence dudit matériau à chauffer (10).

3.- Applicateur selon la revendication 2, caractérisé en ce que la ou les structures secondaires (B) sont
30 disposées symétriquement par rapport au matériau à chauffer (10).

4.- Applicateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la structure multi-diélectrique principale
35 est rigide et à symétrie circulaire de façon à chauffer un

matériau fluide.

5.- Applicateur selon l'une quelconque des revendications 2 et 4, caractérisé en ce que les structures multi-diélectriques (22) sont disposées en quinconce
5 dans la masse du matériau fluide à chauffer (24).

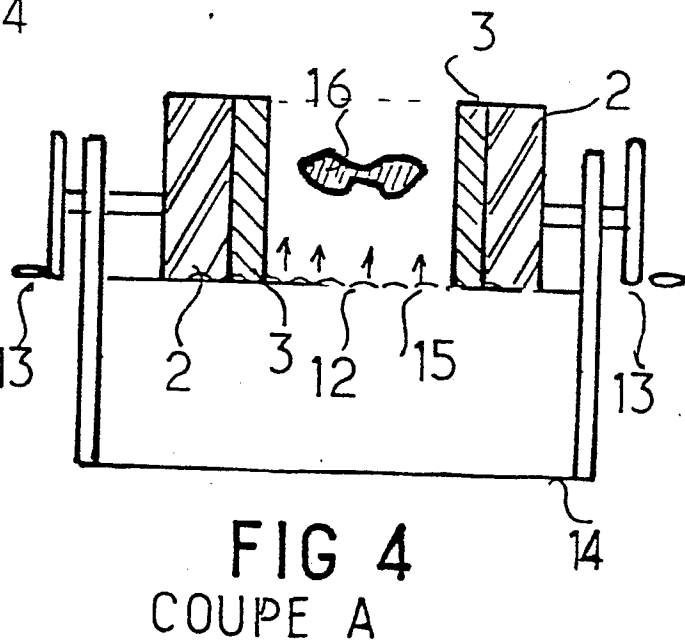
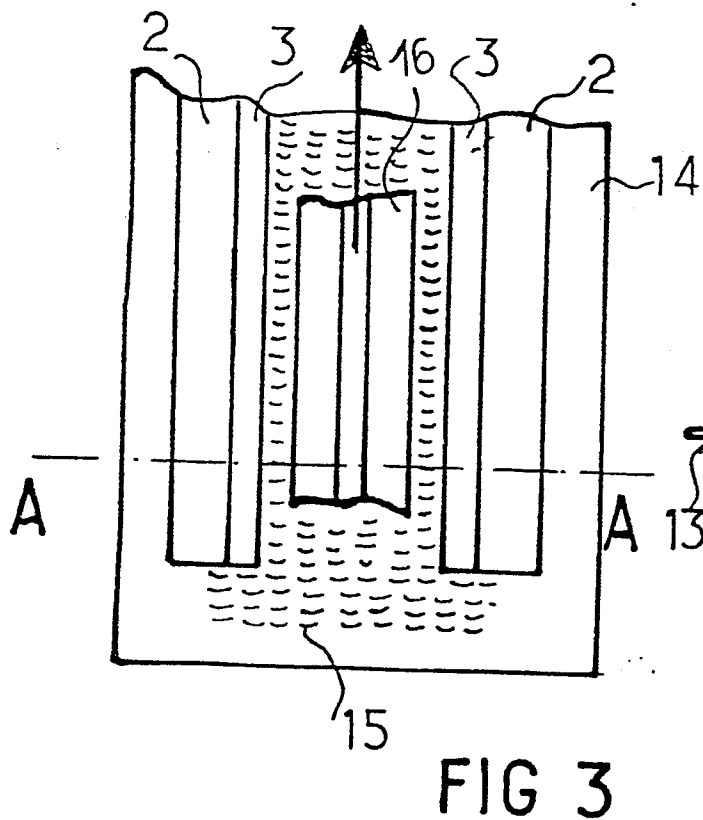
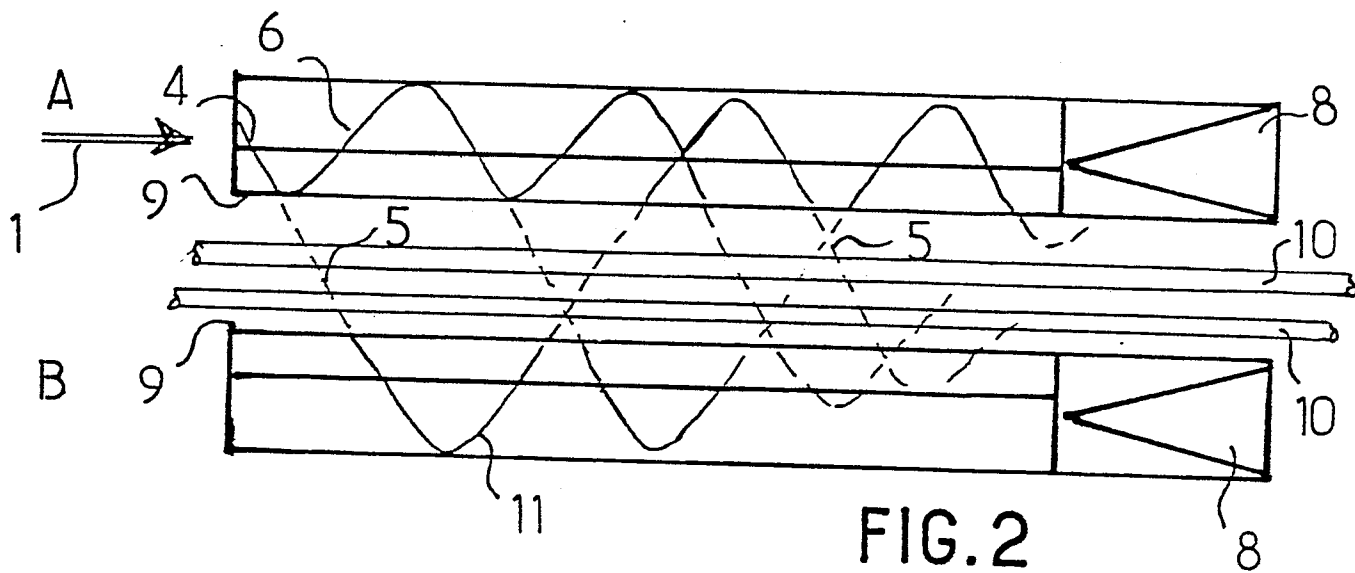
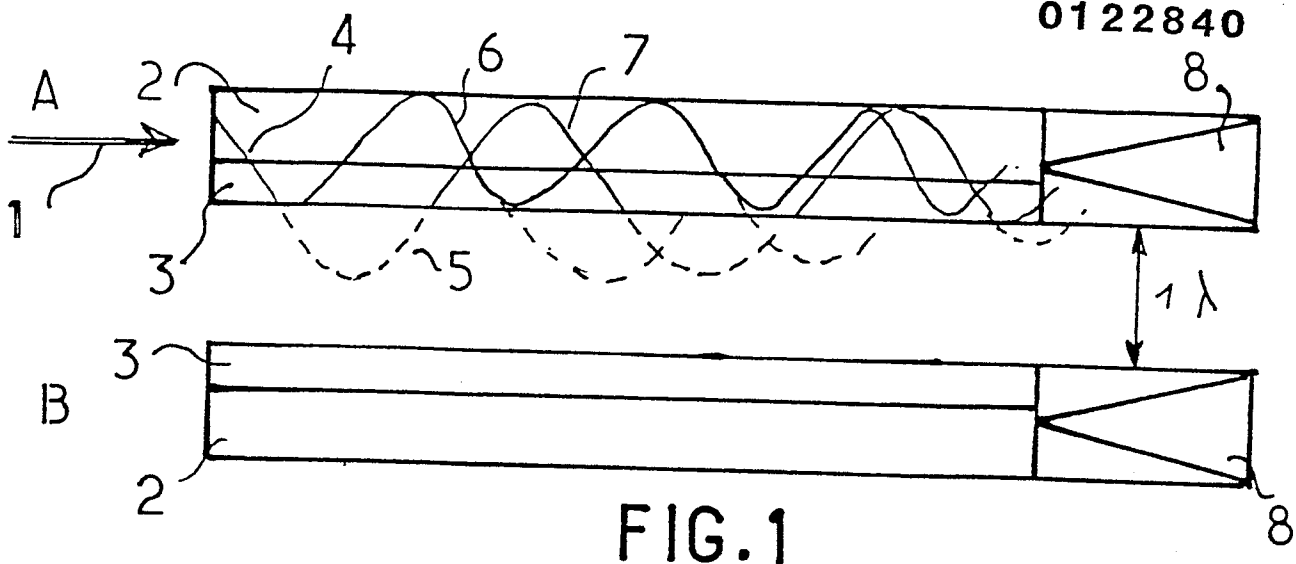
6.- Applicateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la structure multi-diélectrique principale est souple de manière à s'adapter à la forme du matériau à chauffer, même de très grand volume ou à s'enrouler
10 autour de ce dernier.

7.- Applicateur selon l'une quelconque des revendications 2 et 6, caractérisé en ce que la structure multi-diélectrique principale et la structure multi-diélectrique secondaire forment une ligne bifilaire qui peut être enrou-
15 lée autour du matériau à chauffer.

8.- Applicateur selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la structure multi-diélectrique principale (A) et la ou les structures multi-diélectriques secondaires (B) comportent une charge auxi-
20 liaire terminale (8).

9.- Applicateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que, dans le cas où il comporte un dispositif propulso-sustentateur à fluide, la permittivité diélectrique du fluide utilisé est telle qu'il ne perturbe pas le
25 couplage.

10.- Applicateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que la fréquence de l'énergie électromagnétique est comprise entre 0,3 GHz et 300 GHz.



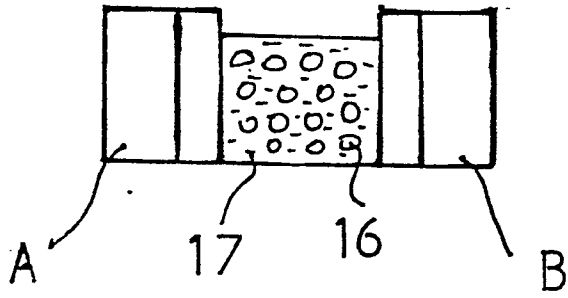


FIG. 5

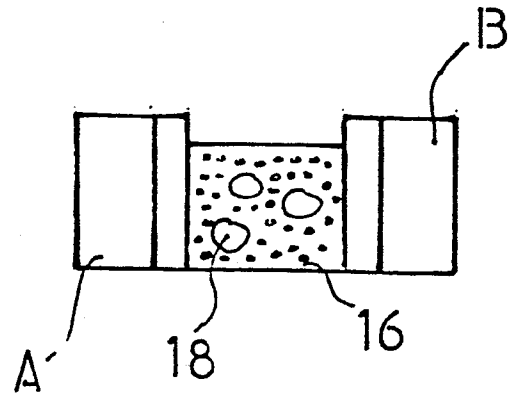


FIG. 6

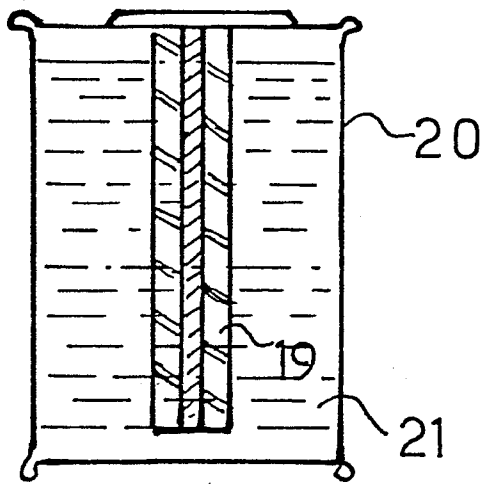


FIG. 7

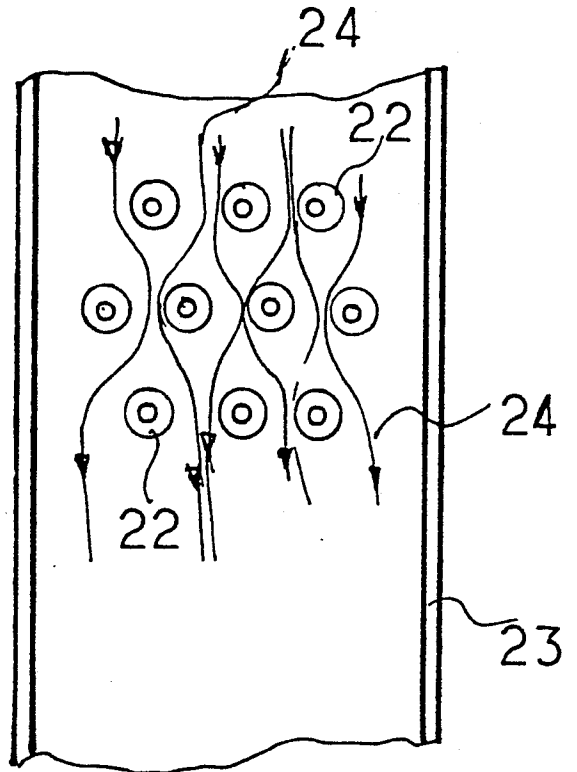


FIG. 8

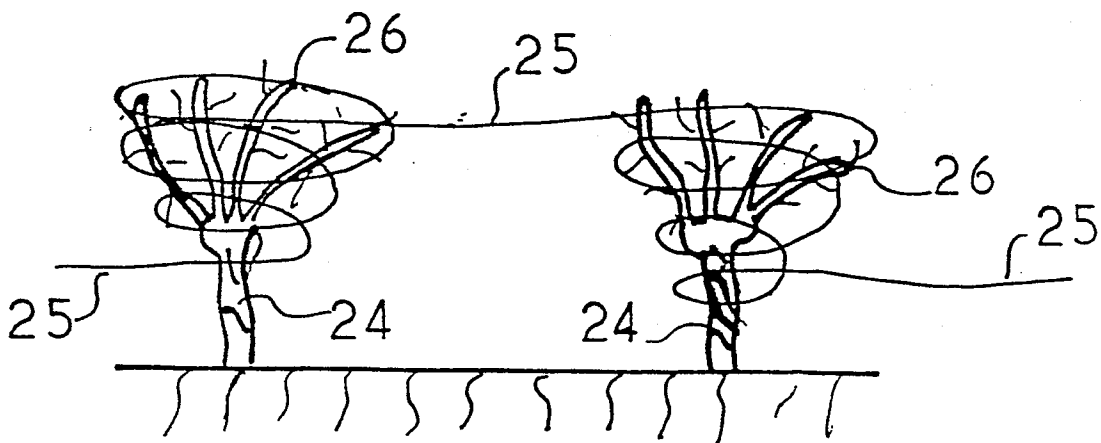


FIG. 9



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. ³)
A	FR-A-2 262 470 (STIFTELSEN INSTITUTET) * Page 8, lignes 4-25; figure 11 *	1-3,8, 10	H 05 B 6/72 H 05 B 6/78 H 05 B 6/80
A	DE-A-1 804 548 (BECHTEL INT.) * Page 6, ligne 17 - page 8, ligne 25; figures 1,4 *	1-3,8- 10	
A	AU-B- 521 896 (OLIVIER) * Page 5, ligne 6 - page 6, ligne 9; figures 2,6 *	1,3,4, 5,9,10	
A	FR-A-2 413 842 (G.E.C.) * Page 6, ligne 31 - page 7, ligne 4; figures 4,5 *	1,5,10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. ³)
A	GB-A-2 067 059 (STIFTELSEN INSTITUTET)		H 05 B
A	DE-A-1 440 952 (KRUPP)		
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 09-07-1984	Examineur RAUSCH R.G.
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	
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		& : membre de la même famille, document correspondant	