



CONFÉDÉRATION SUISSE
OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

Int. Cl.²: H 05 B
H 01 P

9/06
3/12



⑫ FASCICULE DU BREVET A5

⑪

615 551

②① Numéro de la demande: 7687/76

②② Date de dépôt: 16.06.1976

③③ Priorité(s): 04.07.1975 FR 75 21066

②④ Brevet délivré le: 31.01.1980

④⑤ Fascicule du brevet
publié le: 31.01.1980

⑦③ Titulaire(s):
Olivier Auguste Louis Jean, Maison-Laffitte (FR)
Georges Roussy, Laxou (FR)

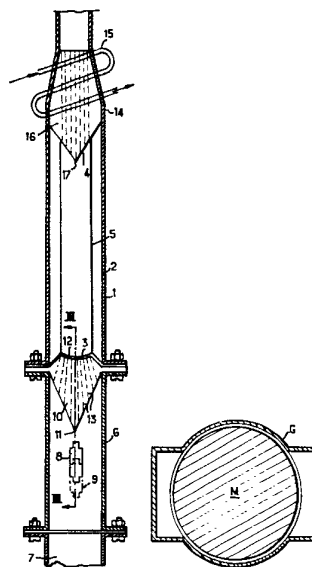
⑦② Inventeur(s):
Olivier Auguste Louis Jean, Maisons-Laffitte (FR)
Georges Roussy, Laxou (FR)

⑦④ Mandataire:
Bovard & Cie., Bern

⑤④ Applicateur pour fournir de l'énergie électromagnétique.

⑤⑦ L'applicateur comprend un générateur (7) apte à fournir de l'énergie électromagnétique sous forme de microondes, couplé à un guide d'ondes (G) dans lequel est placé un cylindre (M) de matière diélectrique à traiter. La section droite du guide (G) affecte la forme d'un rectangle dont chaque grand côté présente un arc central tournant sa concavité vers l'intérieur du rectangle. L'applicateur permet d'obtenir un champ plus homogène dans le diélectrique allié à une section utile satisfaisante. Il présente peu de réflexions.

Utilisation dans le traitement des matières alimentaires, le chauffage de matières isolantes, du béton, du caoutchouc et la désorption des filtres. Le diélectrique peut par ailleurs être un fluide en écoulement.



REVENDECATIONS

1. Applicateur comprenant un générateur (7) apte à fournir de l'énergie électromagnétique sous forme de micro-ondes, couplé à un guide d'ondes (G) dans lequel est placé un cylindre (M) de matière diélectrique à traiter dont deux dimensions perpendiculaires entre elles de la section droite apparente représentent chacune de 0,25 à 4 fois la longueur d'onde dans le vide fournie par le générateur, caractérisé en ce que la section droite du guide (G) affecte la forme d'un rectangle dont les deux grands côtés présentent un arc central tournant sa concavité vers l'intérieur du rectangle.

2. Applicateur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la section droite du cylindre (M) est circulaire.

3. Applicateur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les deux arcs sont sur un même cercle.

4. Applicateur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que l'arc a un angle au centre d'au moins $\frac{\pi}{4}$.

5. Applicateur suivant la revendication 3, caractérisé en ce que l'un des arcs est moins long que l'autre.

6. Applicateur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que l'un des arcs s'étend sur le quart à la moitié de la longueur du côté du rectangle.

7. Applicateur suivant l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le cylindre (M) s'étend dans la zone de l'arc sur toute la hauteur du guide d'ondes.

8. Applicateur suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le cylindre (M) est maintenu dans le guide (G) par le contact d'une partie de sa paroi extérieure avec une partie de la paroi intérieure du guide, l'une de ces parties formant une discontinuité de forme avec le reste de la paroi de l'élément auquel elle appartient.

La présente invention concerne un applicateur contenant un générateur apte à fournir de l'énergie électromagnétique sous forme de micro-ondes. Elle trouve une application de choix dans les procédés et réacteurs dits applicateurs qui traitent une matière confinée dont l'un au moins des constituants est un diélectrique en phase liquide, solide ou même gazeuse, par des ondes électromagnétiques hautes fréquences ou micro-ondes de 1 MHz à 40 GHz et, de préférence, de 500 MHz à 4 GHz, en vue de lui fournir une énergie électromagnétique, ou de la chauffer.

Un applicateur comprend essentiellement un guide d'ondes électromagnétiques en matière conductrice de l'électricité dont l'entrée est couplée à un générateur de telles ondes. Le guide sert aussi de réceptacle ou de tunnel pour la matière à traiter ou contient un tel réceptacle ou est prolongé par celui-ci.

Un applicateur de ce genre est utilisé dans les domaines les plus divers, allant du traitement des produits alimentaires, au chauffage de matières isolantes, de matières plastiques, du béton, du caoutchouc, de minerais en passant par la réalisation de polymérisations, de désorptions, de séchages, de séparations ou autres réactions physiques et chimiques qui impliquent l'un des constituants de la matière ou ont lieu entre les constituants de celle-ci.

La forme du guide d'onde dépend de la quantité de matière à traiter, des caractéristiques diélectriques de cette matière, de la longueur d'onde du rayonnement électromagnétique qui est appliqué, ainsi que des variations de ces paramètres en cours de traitement.

En général, qu'ils s'agissent d'applicateurs du type à défilement ou à cavité résonnante multimode, le volume de la matière à traiter est faible par rapport aux dimensions de l'enceinte dans laquelle elle se trouve.

Lorsque la section vraie s_v , s'étant la section droite réelle

de la matière et ϵ' sa constante diélectrique, est inférieure au dixième de la section du guide d'onde, le champ électromagnétique, imposé par les parois métalliques du guide ou de l'enceinte, prend une valeur constante dans toute la section de la matière. Mais dès que la section vraie atteint le cinquième de la section du guide, le champ n'est plus homogène.

Si l'on veut disposer un volume donné relativement important de matière diélectrique dans le guide, cela peut nécessiter des dimensions de guide trop importantes, incompatibles avec les contraintes de résistance des matériaux et d'encombrement. Lorsque ce volume doit absorber et désorber une certaine quantité de gaz ou fluide à un débit donné, les contraintes de dimensionnement du guide, imposées par l'obtention d'un champ de valeur constante sur toute la section de la matière, peuvent s'avérer gênantes ou même incompatibles avec les lois du génie chimique relatives au bon écoulement du fluide. On ne peut donner au guide la section importante que nécessiterait une bonne homogénéité du champ électrique dans la matière diélectrique.

L'invention a reconnu ces difficultés et y pallie par un applicateur comprenant un générateur apte à fournir de l'énergie électromagnétique sous forme de micro-ondes, couplé à un guide d'ondes dans lequel est placé un cylindre de matière diélectrique à traiter dont deux dimensions perpendiculaires entre elles de la section droite apparente représentent chacune de 0,25 à 4 fois la longueur d'onde dans le vide fournie par le générateur, caractérisée en ce que la section droite du guide affecte la forme d'un rectangle dont les deux grands côtés présentent un arc central tournant sa concavité vers l'intérieur du rectangle.

Le réacteur peut se présenter sous la forme particulière d'un cylindre à section droite quelconque, telle que circulaire, rectangulaire ou plus complexe. Lorsque la matière est pulvérulente, sous forme de billes, bâtonnets, granulés, poudre ou liquide, on donne cette forme à son réceptacle notamment à une cartouche en matière diélectrique. La matière peut être aussi simplement maintenue dans le guide par des plaques assorties de rainures ou tout autre procédé convenant à l'étanchéité du circuit des fluides. Les dimensions de chacun des éléments de la section droite définissent, compte tenu des valeurs prises par les paramètres déjà cités, un mode de propagation des ondes électromagnétiques bien connu, c'est-à-dire dont on connaît les composantes axiales et par cela les composantes transversales des champs électromagnétiques associés à la propagation. La matière est disposée aux endroits où le champ électrique est intense, en général au centre de la structure composite si le mode dominant fondamental pour la propagation dans le réacteur est retenu. Là où le champ électrique est faible, l'espace peut être laissé vide ou garni de bourre inerte.

Pour perturber le moins possible la répartition de l'énergie électromagnétique, il vaut mieux se dispenser de tout organe rapporté de maintien en position du cylindre dans le guide. Avantageusement, le cylindre est maintenu dans le guide par le contact d'une partie de sa paroi extérieure avec une partie de la paroi intérieure du guide, l'une de ces parties formant une discontinuité de forme avec le reste de la paroi de l'élément auquel elle appartient.

De préférence, le cylindre a une section droite circulaire facile à obtenir et permettant de l'introduire sans tâtonnement ni positionnement préalable particulier dans le guide.

Mais le guide doit présenter le moins possible de points anguleux ou autres, aptes certes à positionner le cylindre, mais néfastes pour l'obtention d'une bonne répartition de l'énergie. On a obtenu des résultats particulièrement satisfaisants lorsque la section droite du guide affecte la forme d'un rectangle dont chaque grand côté présente un arc tournant sa concavité vers l'intérieur du rectangle. Il vaut mieux que les deux arcs soient

sur un même cercle ou, le cas échéant, une même ellipse ou un même ovale. De préférence, l'un des arcs est moins long que l'autre. L'un des arcs peut s'étendre sur le quart à la moitié de la longueur du rectangle.

Aux dessins annexés donnés uniquement à titre d'exemple:

Les fig. 1A à 1C illustrent l'invention.

La fig. 1 est une vue à l'échelle de la section droite du guide composite pour un réacteur ou applicateur suivant l'invention.

La fig. 2 est une vue en coupe longitudinale d'un réacteur suivant l'invention.

La fig. 3 est une vue partielle à échelle agrandie suivant la ligne III-III de la fig. 2.

La fig. 4 est une vue partielle en coupe d'un autre réacteur suivant l'invention.

Les fig. 5 et 6 sont des vues suivant les lignes V-V et VI-VI de la fig. 4.

On a réalisé le guide d'ondes de la fig. 1 de la manière suivante:

On veut le coupler à un générateur fournissant des ondes de fréquence 2450 MHz et on veut qu'il contienne une matière diélectrique de permittivité égale à 2,5.

Pour un guide rectangulaire avec un fonctionnement en mode TE₁₀ fondamental, on peut partir d'un guide de 72 × 34 mm (Fig. 1A). On peut le remplir complètement sans que les modes supérieures puissent se propager. La section utile est alors de 24 cm², mais le champ n'est pas homogène.

En ne mettant de la matière qu'au centre du guide, on constate que l'on peut augmenter légèrement ses dimensions. On peut adopter $\omega = 4,3$ cm, $h = 4,3$ cm, $a = 8,5$ cm (fig. 1B). La section utile n'est que de 18 cm².

Si l'on adopte le guide circulaire plein de matière selon le mode TE₁₁ (fig. 1C), le rayon du guide à choisir est de 2,8 cm. La section utile est de 22 cm²; mais le champ n'est pas homogène. Dans les régions R non hachurées, le champ est pratiquement nul.

En superposant les fig. 1B et 1C, c'est-à-dire pratiquement en déformant le fig. 1B pour lui donner la forme de la superposition, on arrive à la section illustrée à la fig. 1 de 4,2 cm de hauteur et de 8 cm de largeur, le diamètre du cercle étant de 6 cm. La section utile atteint 29 cm². Le champ y est homogène. Cette forme de guide est favorable à l'écoulement des gaz dans la matière.

La fig. 1 illustre la disposition de la matière M diélectrique à traiter débordant le contour d'un guide G rectangulaire standard. Le mode de propagation retenu est un mode transverse électrique qui se note 10 selon la notation bien connue des spécialistes hyperfréquences. Il est dérivé de celui qui se propage dans les guides rectangulaires standards. La surépaisseur diélectrique centrale, qui résulte de l'insertion du cylindre diélectrique M, réparti d'une façon plus homogène l'énergie électromagnétique à propager que dans le cas d'une section

purement rectangulaire ou circulaire. Le matériau diélectrique, par sa forme circulaire, est favorable à l'écoulement des fluides.

Le réacteur illustré aux fig. 2 et 3 sert à traiter et à contenir un tamis moléculaire adsorbant.

Il se compose d'un guide d'ondes délimité par le tronçon 1 médian d'un tuyau 2 métallique de section droite indiquée à la fig. 1 et par deux faces d'entrée 3 et de sortie 4 d'une cartouche 5 cylindrique en téflon emplies d'un tamis moléculaire adsorbant. La section droite de la cartouche est circulaire, mais de moindre périmètre que celui de la section droite du tuyau 2.

Le tronçon 6 du tuyau 2 en amont du tronçon 1 est couplé à un magnétron 7. Il est percé de deux ouvertures 8, 9 longitudinales. La distance qui sépare l'ouverture 8 du magnétron 7 est supérieure, d'un quart de la longueur de l'onde dans le tuyau 2 émise par le magnétron 7, à celle qui sépare l'ouverture 9 du magnétron 7. Une source d'air, non représentée, communique avec les ouvertures 8, 9.

Entre les tronçons 1 et 6, boulonnés l'un à l'autre, est interposé un coin 10 en téflon. Le sommet 11 du coin 10 est tourné vers le magnétron 7. La base 12 du coin 10 est en contact avec la face d'entrée 3 de la cartouche 5 et a la même dimension que celle-ci. Des canaux 13, sensiblement parallèles à la direction longitudinale du tuyau 2, donc à la direction de propagation, sont ménagés dans le coin 10. Ils mettent l'intérieur du tronçon 6 en communication avec l'intérieur du tronçon 1.

Le tronçon 14 du tuyau 2 en aval du tronçon 1 est une terminaison sans réflexion. Il est constitué d'un matériau adsorbant, percé également de canaux longitudinaux sensiblement parallèles, pour l'écoulement des fluides. La chaleur résiduelle de l'énergie micro-onde est évacuée par un serpent 15 qui traverse la charge. Il contient un coint 16 en téflon ayant des canaux longitudinaux et dont le sommet 17 est dirigé en sens inverse de la direction de propagation des ondes dans le tuyau 2. Le sommet 17 épouse la forme rentrante de l'extrémité 4 de la cartouche 5 la plus éloignée du magnétron 7. L'extrémité ou sommet 17 épouse la face de sortie 4.

Dans une autre forme de réalisation, la face 4 et le fond 3 sont des grilles support entre lesquelles la matière à traiter est maintenue.

A la fig. 4, le tamis moléculaire 5 est supporté par une grille 3 en téflon. Au contact de la grille 3 et entre celle-ci et le magnétron (se trouvant au bas de la figure, mais non représenté) est interposée une fenêtre 18 métallique épaisse. La grille 3 et la fenêtre 18 sont serrées par des boulons 19 à l'aide de brides 20. La fenêtre 18 compense et corrige la discontinuité, source de réflexion, entre la matière et l'air qui se trouve en amont.

Une onde issue du magnétron se propage pratiquement sans réflexion dans le tuyau 2.

Les réacteurs illustrés ont permis de régénérer à température plus basse qu'à l'ordinaire un tamis moléculaire ayant adsorbé du CO₂ et de l'eau.

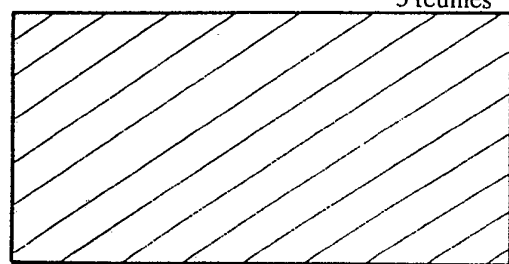
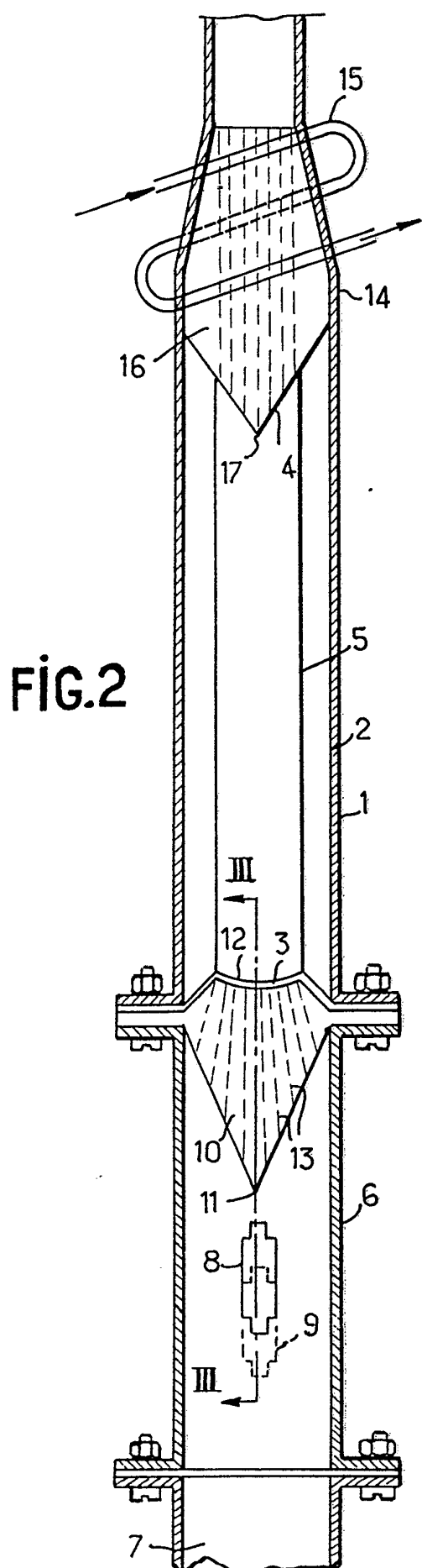


FIG.1A

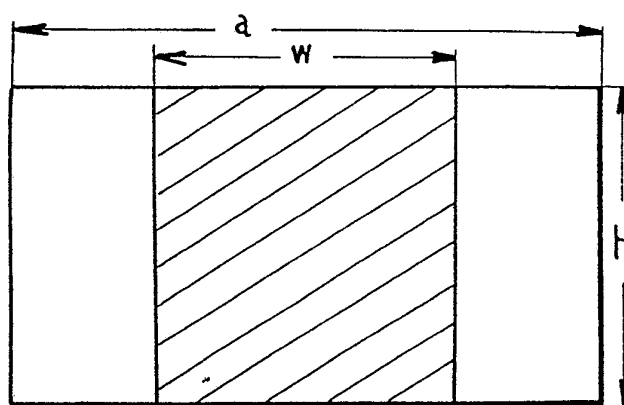


FIG.1B

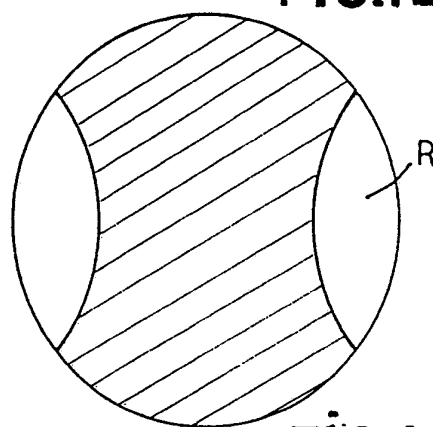
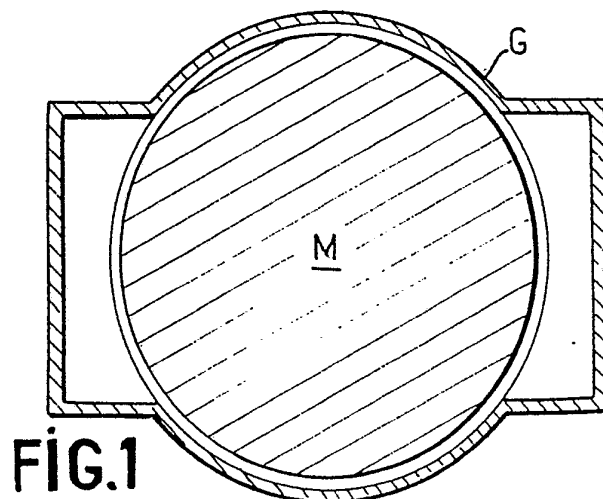


FIG.1C



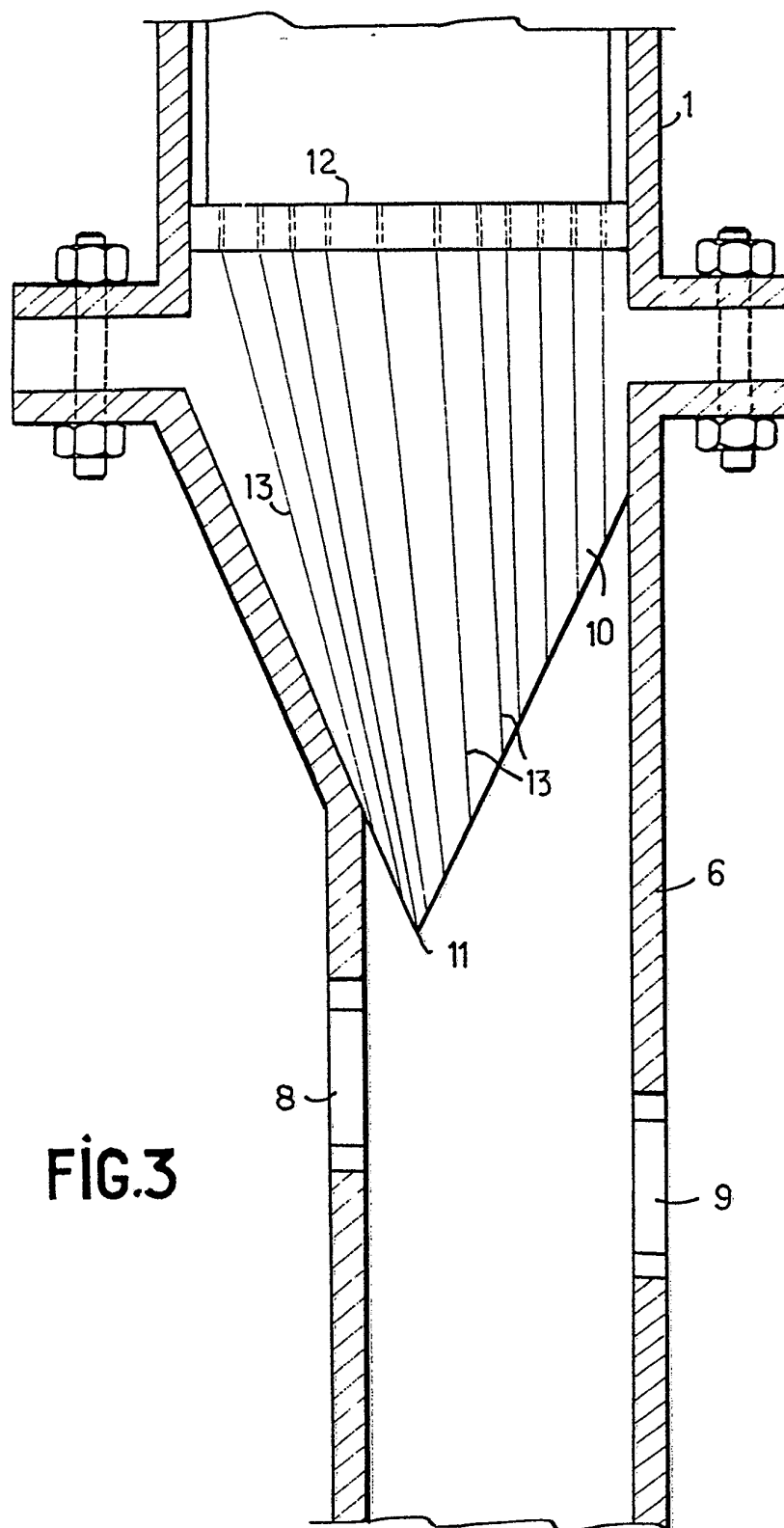


FIG.4

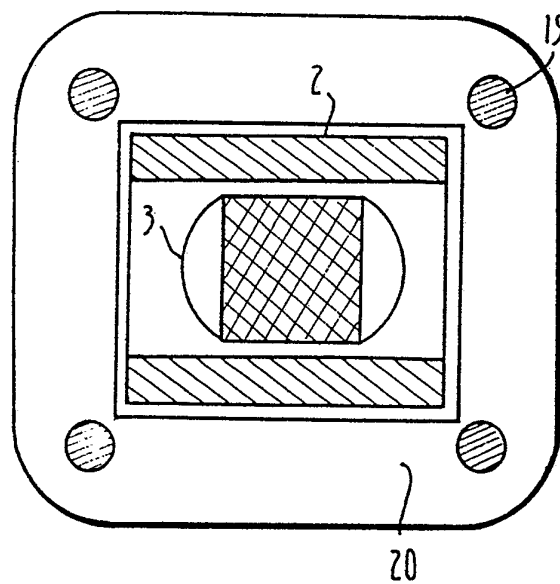
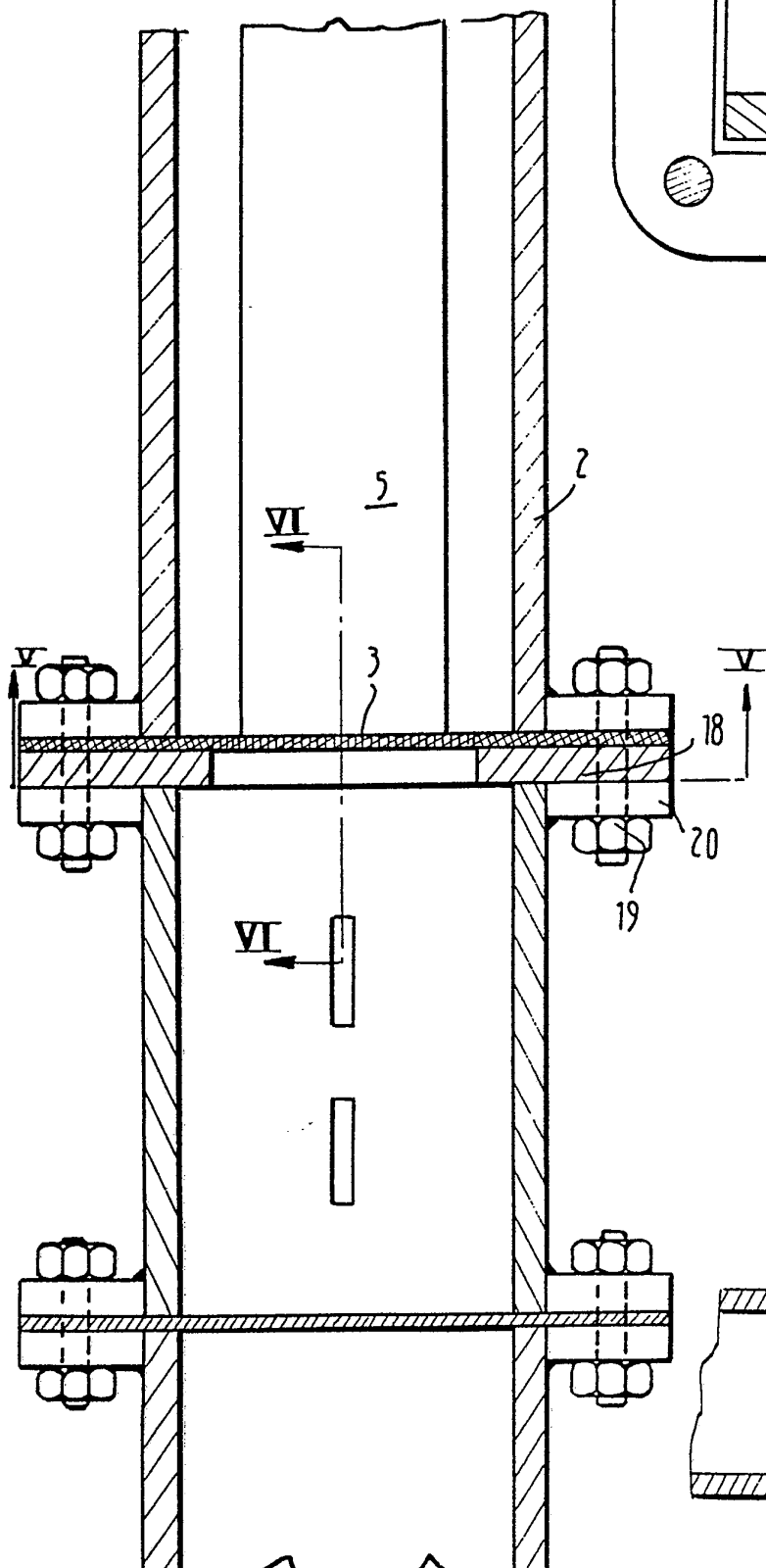


FIG.5

FIG.6

