(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication : **0 422 979 B1**

(12) # FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication du fascicule du brevet : **24.08.94 Bulletin 94/34**

(51) Int. Cl.^{5} : **H05B 3/44**

(21) Numéro de dépôt : **90402656.4**

(22) Date de dépôt : **27.09.90**

(54) **Tube chauffant.**

(30) Priorité : **28.09.89 FR 8912683**

(43) Date de publication de la demande : **17.04.91 Bulletin 91/16**

(45) Mention de la délivrance du brevet : **24.08.94 Bulletin 94/34**

(84) Etats contractants désignés : **CH DE FR GB IT LI SE**

(56) Documents cités :
FR-A- 938 391
FR-A- 1 380 190
FR-A- 1 486 110
FR-A- 1 509 642
FR-A- 2 044 477
FR-A- 2 528 264
GB-A- 1 544 551
GB-A- 2 133 259
US-A- 4 531 047

(73) Titulaire : **TQS THERMAL QUARZ-SCHMELZE GMBH**
Hüttenstr. 10
D-65201 Wiesbaden (DE)

(72) Inventeur : **Ullrich, Christian**
Stift TEPL Strasse 36
6380 - Bad Homburg (DE)
Inventeur : **Winterburn, John**
"**Cruachan**" **19 Main Road**
Collin Dumfries DE1 4JE (GB)

(74) Mandataire : **Breton, Jean-Claude**
SAINT-GOBAIN RECHERCHE
39, quai Lucien Lefranc
F-93304 Aubervilliers (FR)

EP 0 422 979 B1

Il est rappelé que : Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

L'invention concerne des éléments chauffants comportant une résistance métallique incandescente à l'intérieur d'un tube en matériau réfractaire plus ou moins transparent au rayonnement émis. Dans ces éléments, les résistances métalliques sont le plus souvent des hélices en alliages de fer, de chrome et d'aluminium et, les tubes, à base de quartz, de silice vitreuse ou de céramiques vitrifiées.

Les éléments chauffants du type précédent ont de multiples usages dans de nombreuses branches de l'industrie. Ils sont en particulier très utilisés pour le séchage (papiers, tissus, peintures, bois, plaques agglomérées ou stratifiées, granulés divers). Ils sont souvent installés dans des caissons chauffants, plusieurs tubes étant alors assemblés parallèlement les uns aux autres, devant une plaque métallique réfléchissante.

Il est courant d'installer deux résistances parallèlement l'une à l'autre dans le même tube par exemple en silice. La séparation électrique des deux filaments est assurée soit par une cloison du tube lui-même, il a alors une section en forme de 8, soit par un deuxième tube plus petit, également en silice qui est placé entre les deux filaments. Parmi ces deux systèmes traditionnels, le premier nécessite l'établissement d'une connexion électrique à l'extérieur du tube aux deux extrémités. Dans le second système en revanche, il est possible d'envisager que le tube interne soit légèrement en retrait à l'extrémité la plus éloignée ce qui laisse la place à une liaison électrique entre les deux filaments. On peut même envisager de prévoir un câble électrique qui circule à l'intérieur du tube interne permettant ainsi un branchement en parallèle à partir d'une seule extrémité.

Souvent les éléments chauffants constitués par les tubes en silice vitreuse décrits plus hauts sont équipés d'une couche mince d'or sur leur face arrière. Celle-ci diminue l'émission du rayonnement thermique vers l'arrière. Mais cette couche d'or est fragile mécaniquement, de plus sa température d'utilisation est limitée. Par ailleurs, elle coûte cher.

Les deux systèmes décrits précédemment présentent certains inconvénients. On a déjà vu que le premier, avec sa section en 8 nécessitait des connexions électriques externes à ses deux extrémités. Le deuxième système présente également des inconvénients spécifiques, en particulier pour l'insertion des résistances et à cause de phénomènes vibratoires lors du fonctionnement.

L'invention se donne pour mission de palier les inconvénients précédents d'une part en supprimant la couche d'or et en améliorant le rendement énergétique global, mais également en permettant tous les types de branchement à partir d'une seule extrémité et en évitant l'émission de bruits en présence de vibrations.

Les radiateurs dont l'élément actif est constitué d'une résistance en forme d'hélice exposée à l'air ont une température de fonctionnement limitée. Cette limite est par exemple de 1000°C. Différentes raisons sont à l'origine de cette limite, la tenue mécanique du métal, sa résistance à l'oxydation mais également parce qu'on souhaite que le rayonnement infra-rouge émis ne soit pas de trop courte longueur d'onde mais possède au contraire un spectre d'émission très large centré sur une longueur d'onde moyenne. Il résulte de cette limite sur la température que l'énergie thermique disponible est également limitée, c'est pourquoi l'on désire associer plusieurs filaments parallèles, le plus souvent deux.

Selon les caractéristiques de chaque filament telles que diamètre, longueur, température, il peut être intéressant de brancher les deux hélices jumelles soit en série, soit en parallèle. Lorsqu'on utilise comme support des résistances, un tube en matière transparente ou diffusante dont la section a une forme de 8, il est alors nécessaire de monter aux deux extrémités, à l'extérieur du tube des boîtiers de connexion qui selon leur type permettent le montage en série ou en parallèle. Si l'on utilise un tube qui ne comporte pas de cloison interne, il est intéressant, pour pouvoir facilement immobiliser les éléments internes malgré les chocs et les vibrations, de disposer d'un tube de section ovale. Les filaments sont dans ce cas séparés l'un de l'autre par un deuxième tube plus petit. Mais, alors, la configuration du câblage à l'extrémité la plus éloignée du tube doit, dès l'origine, être conçue différemment selon que l'élément chauffant est destiné à être monté avec ses deux spirales en parallèle ou en série. Il serait cependant intéressant pour les monteurs qui installent des tubes électriques rayonnants sur des machines ou les combinent pour en faire des caissons de pouvoir effectuer tous les branchements d'un seul côté, à une même extrémité du tube et d'autre part, de pouvoir décider, seulement lors du branchement, du type de câblage, série ou parallèle, qui sera finalement adopté, ou même de pouvoir, ultérieurement, passer facilement d'un type de branchement à l'autre.

Les tubes rayonnants traditionnels lorsqu'ils sont destinés à ne chauffer que d'un seul côté sont en général recouverts sur l'autre côté d'une couche d'or déposée par exemple sous vide. Ce matériau est cher et son dépôt nécessite une phase de production supplémentaire. par ailleurs, il exige des précautions d'emploi contraignantes. Tant que le tube n'est pas en place il faut éviter tout contact de la couche d'or avec une surface dure qui pourrait la rayer. Par ailleurs, toute surchauffe de l'interface silice/or est prohibée : si la température y dépassait 800°C la couche d'or serait pratiquement hors d'usage et ne jouerait plus aucun rôle sur le rayonnement.

On connaît des dispositifs où l'on utilise d'autres moyens qu'une couche métallique pour réfléchir et

concentrer le rayonnement émis par un filament incandescent. Le brevet US-A-4 001 622 présente par exemple un filament linéaire en tungstène à haute température placé de manière excentrée vers l'arrière à l'intérieur d'un tube de section circulaire en quartz, parallèlement à son axe, le tube étant noyé dans un demi-cylindre coaxial en fibres céramiques de manière à focaliser le rayonnement selon une droite parallèle à l'axe de l'autre côté du filament, à l'extérieur du tube.

Ce dispositif qui répond à un besoin particulier dans la technique de la photocopie n'est pas adapté au problème posé, c'est ainsi qu'il ne donne aucune solution pour l'isolement électrique des deux filaments incandescents, il ne permettrait d'ailleurs pas non plus de les positionner précisément, par ailleurs, il ne résout pas la question du branchement des deux filaments, soit en parallèle, soit en série.

Les deux dispositifs réflecteurs précédents, couche d'or sur le tube ou réflecteur extérieur à base de fibres n'échappent pas à l'inconvénient d'entraîner un échauffement inutile de la paroi arrière du tube qui est traversée deux fois par le rayonnement ce qui diminue sa rigidité et fait baisser le rendement thermique du système.

Le brevet français FR-A-1 380 190 décrit un élément de chauffage destiné à rayonner sur toute sa périphérie. Il n'est donc pas possible d'améliorer le rendement énergétique global. De plus, bien que le branchement électrique puisse se faire à une seule extrémité, il n'est possible de réaliser que des branchements en série.

Le brevet américain US-A-4,531,047 décrit également un élément chauffant. Cependant, cet élément est limité à un seul filament et nécessite un raccordement électrique à chacune des extrémités.

L'invention concerne un élément chauffant tubulaire comportant à l'intérieur du tube réfractaire, au moins deux filaments incandescents parallèles à l'axe du tube et logés à l'intérieur de sillons d'un matériau réfractaire réfléchissant la chaleur thermiquement isolant, et une tige métallique parallèle à l'axe du tube, isolée électriquement des filaments, de sorte qu'une connection électrique est réalisée à une extrémité du tube entre la tige métallique et les filaments.

La tige métallique peut être utilisée pour amener le courant électrique jusqu'à l'extrémité du tube la plus éloignée.

Ce matériau a une conductivité thermique à 1000°C inférieure à 0,35 $Wm^{-1}K^{-1}$ et de préférence inférieure à 0,25 $Wm^{-1}K^{-1}$. Il peut être avantageusement à base de silice obtenue à partir d'une barbotine selon le procédé dit "slip-cast" ou de fibres céramiques à base de silice et/ou d'alumine.

Le fonctionnement de l'invention ainsi que les avantages qu'elle présente par rapport aux techniques antérieures apparaîtront dans la description qui suit illustrée par les figures.

La figure 1 représente un tube chauffant traditionnel équipée de ses deux filaments,

La figure 2 est une variante du même dispositif,

La figure 3 présente une réalisation conforme à l'invention,

Quant à la figure 4, elle montre schématiquement un branchement électrique selon l'invention.

Les tubes chauffants du type de ceux de l'invention sont destinés à équiper des appareils ménagers ou industriels soit isolément, soit associés à plusieurs dans un caisson. Il s'agit de chauffer pour sécher, cuire, polymériser, calciner, etc.. les matériaux les plus divers. Les caractéristiques exigées sont aussi bien physiques que pratiques. Sur le premier plan, il s'agit d'avoir le spectre de rayonnement le plus large possible. Il faudrait idéalement, qu'il s'étende de 1,5 à 10 µ de manière à pouvoir répondre à la gamme d'utilisations la plus large. Cette caractéristique est atteinte souvent par l'utilisation de ré-émetteurs : une source unique de rayonnement telle que le filament métallique : par exemple en alliage de fer, chrome et aluminium 1 de la figure 1 est porté à une température donnée, par exemple 800°C. A cette température, le maximum de rayonnement émis est à 2,7 µ. Le rayonnement émis par le filament est transmis en partie par l'enveloppe 2 constituée le plus souvent de silice vitreuse. Mais une certaine partie est absorbée par ce matériau qui s'échauffe - à une température inférieure à celle du filament - et réémet de l'énergie dans le domaine spectral où il absorbe, c'est-à-dire dans le domaine des plus grandes longueurs d'ondes. Dans la plupart des applications, le rayonnement thermique émis n'est utilisé que d'un seul côté du tube, on cherche donc à l'éliminer ou au moins à le diminuer de l'autre côté. C'est pourquoi la face arrière du tube 3 est recouverte d'une couche d'or 4. Celle-ci réfléchit le rayonnement direct émis par le filament 1 et grâce à la très faible émissivité de l'or, empêche la silice 3 chauffée d'émettre du rayonnement vers l'arrière. Cependant, le rayonnement thermique a traversé deux fois la paroi arrière du tube et a contribué à l'échauffer davantage et à augmenter les déperditions par convexion.

Sur la figure 1 on voit par ailleurs comment la cloison 5 permet d'isoler électriquement les deux filaments 1 et 6.

La figure 2 présente une variante de la figure 1 où le tube extérieur ovale 7 ne comporte pas de cloison. Les deux filaments 8 et 9 sont séparés ici par un tube de section en général circulaire 10. Ici aussi on peut mettre sur la face arrière du tube 7 une couche réfléchissante et non émissive 11, par exemple en or.

Par rapport au système précédent, celui-ci présente l'avantage de permettre d'utiliser le canal interne du tube 10 pour y faire passer un conducteur électrique (non représenté). Il est ainsi possible de fermer complètement le tube 7 à l'une de ses extrémités, d'effectuer grâce à un tube 10 légèrement plus court

que le tube 7, des connexions électriques à cette extrémité à l'intérieur du tube 7 et de pouvoir faire ainsi tous les branchements électriques à partir de l'autre bout du même tube 7. Un tel système présente cependant l'inconvénient d'un montage délicat lorsqu'il faut introduire les deux spirales 8 et 9 et le tube 10 simultanément dans le tube 7. Par ailleurs, le jeu nécessaire entre les tubes 10 et 7 autorise le tube 10 à vibrer bruyamment en provoquant des chocs sur le tube 7. Ce phénomène est parfois gênant.

En résumé, avec l'art antérieur des figures 1 et 2, on a des systèmes chers, fragiles et limités en température à cause de la couche d'or 4 ou 11. On a par ailleurs un branchement obligatoire aux deux extrémités dans le cas de la figure 1 puisque la cloison centrale 5 oblige à sortir du tube 2 pour relier électriquement les filaments 1 et 6, et, dans le cas de la figure 2, un montage délicat et un fonctionnement bruyant. De plus la paroi arrière du tube s'échauffe inutilement ce qui diminue le rendement thermique.

La figure 3 présente un élément chauffant selon l'invention. On y voit un tube ovale 12 en matériau réfractaire transparent comme par exemple la silice vitreuse. Sa section a pour plus grande dimension extérieure 18 mm et pour plus petite 9 mm, les parois sont épaisses de 1,5 mm, on voit également des filaments 13 qui peuvent être uniques ou au nombre de deux ou plus, installés parallèlement les uns aux autres, il sont en alliage à base de fer, chrome et aluminium de forme hélicoïdale, leur diamètre est de 2 à 10 mm pour un diamètre des fils unitaires de 0, 2 à 1 mm. Ces filaments sont flexibles, ils sont associés par deux sur la figure et sont supportés par une gouttière 14 (qui est double sur la figure). Cette gouttière qui sert donc de fourreau aux filaments tels que 13 est constituée d'un matériau réfractaire qui a deux caractéristiques essentielles, une bonne isolation thermique et une bonne réflexion pour le rayonnement émis par le filament 13. Deux matériaux ont été essayés avec succès pour constituer cette gouttière, un premier à base de fibres céramiques, le second à base de silice poreuse. Ce dernier matériau est une silice mise en oeuvre par une technique de barbotine qu'on évapore puis qu'on cuit à haute température (technique dite "slip-cast silica"). On obtient un produit moulé avec des bonnes tolérances et selon les conditions de mise en oeuvre, une micro-porosité contrôlée. La micro-porosité pour la réalisation de la gouttière selon l'invention doit être telle qu'elle conduise à une conductivité inférieure à 0,35 $Wm^{-1}K^{-1}$. La silice en question possède une réflectance spectrale hémisphérique particulièrement élevée, de l'ordre de 85 % pour des longueurs d'ondes supérieures à 0,8 µ. Lorsqu'on réalise la gouttière avec de la fibre réfractaire, on peut utiliser avantageusement de la fibre céramique à base d'alumine et de silice comme par exemple celle de la marque KERLANE-Pyronappe 50. Pour obtenir la forme de la gouttière on utilisera de préférence un liant minéral à base de silicates.

La géométrie retenue pour la section de la gouttière représentée figure 3 ne constitue qu'un exemple. La forme selon l'invention doit être telle qu'elle permette une introduction aisée de l'ensemble gouttière-filaments à l'intérieur du tube 12 et un glissement sur toute sa longueur.

Cette forme doit par ailleurs permettre un positionnement précis des filaments 13. L'autre critère important est l'épaisseur résiduelle entre l'arrière du filament 13 et la paroi arrière du tube 12. Cette épaisseur doit être suffisamment importante étant donné la conductivité du matériau constituant la gouttière 14 pour que l'échauffement de la face arrière du tube reste limité.

Avec une fibre du type de celle décrite ci-dessus et dont la conductivité à 1000°C est de l'ordre de 0,2 $W.m^{-1}.K^{-1}$, une épaisseur de l'ordre de 4 mm à l'endroit le plus mince s'est avérée satisfaisante.

Sur la figure 3, du côté le moins chaud du tube 12, vers l'arrière on voit un espace vide 15. Celui-ci est destiné à recevoir une tige métallique non représentée qui joue d'une part un rôle de tenue mécanique pour l'introduction de la gouttière dans le tube 12 dans le cas de la gouttière de matériau fibreux et également le rôle de conducteur électrique dans tous les cas. La section de cette tige constituée d'un métal tenant à la température tel que l'acier inoxydable par exemple a une section adaptée, par exemple en forme de T, qui lui fournit une bonne inertie dans toutes les directions.

Sur la figure 4, on voit le type de branchement qui peut avantageusement être réalisé dans le cas de deux filaments hélicoïdaux. La tige métallique schématisée par un trait 16 s'étend sur toute la longueur du tube non représenté, parallèlement aux filaments 17, 18. L'isolation des trois éléments les uns par rapport aux autres est assurée par la gouttière non représentée. Les trois conducteurs sont reliés électriquement entre eux à leur extrémité distale c'est-à-dire la plus éloignée. A l'extrémité où se fait le branchement électrique, les trois conducteurs 16, 17 et 18 se terminent par des broches respectives 19, 20 et 21 qui permettent un branchement des deux filaments soit en série, soit en parallèle : en série le courant est branché entre 20 et 21, en parallèle, les broches 20 et 21 sont reliées électriquement et le courant est établi entre ces broches et la broche 19.

La description qui précède a permis de montrer que l'invention présente une technique moins chère et plus pratique, en particulier pour le branchement électrique, que les techniques existantes.

Revendications

1. Elément chauffant tubulaire comportant à l'intérieur d'un tube réfractaire au moins deux fila-

ments incandescents parallèles à l'axe du tube et logés à l'intérieur des sillons d'un matériau réfractaire réfléchissant la chaleur, caractérisé en ce que le matériau réfléchissant la chaleur est thermiquement isolant et en ce que l'élément chauffant comporte une tige métallique parallèle à l'axe du tube, isolée électriquement des filaments et en ce qu'une connection électrique est réalisée à une extrémité du tube entre la tige métallique et les filaments.

2. Elément chauffant selon la revendication 1, caractérisé en ce que le courant électrique est établi soit entre les extrémités libres des deux filaments soit entre la tige métallique d'une part et les deux filaments réunis également par leurs extrémités libres d'autre part.

3. Elément chauffant selon la revendication 1, caractérisé en que le matériau réfléchissant la chaleur a une conductivité à 1000°C inférieure à 0,35 W m^{-1} K^{-1}.

4. Elément chauffant selon la revendication 3, caractérisé en que la conductivité est inférieure à 0,25 W m^{-1} K^{-1}.

5. Elément chauffant selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en que le matériau isolant est à base de fibres céramiques de silice et/ou d'alumine.

6. Elément chauffant selon la revendication 4, caractérisé en que le matériau isolant est à base de silice obtenue à partir d'une barbotine ou slip-cast.

7. Elément chauffant selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le tube réfractaire est scellé hermétiquement à l'extrémité où ne se fait pas le branchement électrique.

Patentansprüche

1. Rohrförmiges Heizelement, umfassend im Innenraum eines hitzebeständigen Rohres wenigstens zwei Heizdrähte, die sich parallel zur Rohrachse im Inneren von Führungen aus einem die Wärme reflektierenden hitzebeständigen Material befinden, **dadurch gekennzeichnet, daß** das die Wärme reflektierende Material thermisch isoliert **und daß** das Heizelement einen Metallstab enthält, der parallel zur Rohrachse steht und gegen die Drähte elektrisch isoliert ist, **und daß** an einem Ende des Rohrs zwischen dem Metallstab und den Drähten eine elektrische Verbindung besteht.

2. Heizelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der elektrische Strom entweder an den freien Enden der beiden Drähte oder an dem Metallstab auf der einen und den beiden ebenfalls durch ihre freien Enden verbundenen Drähten auf der anderen Seite angelegt ist.

3. Heizelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** das die Wärme reflektierende Material bei 1000 °C eine Wärmeleitfähigkeit von unter 0,35 W m^{-1} K^{-1} aufweist.

4. Heizelement nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Wärmeleitfähigkeit weniger als 0,25 W m^{-1} K^{-1} beträgt.

5. Heizelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Isoliermaterial Keramikfasern aus Siliciumdioxid und/oder Aluminiumoxid als Grundlage hat.

6. Heizelement nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Isoliermaterial Siliciumdioxid zur Grundlage hat, welches aus einer Schlempe oder einem Schlicker gewonnen worden ist.

7. Heizelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das hitzebeständige Rohr an dem Ende, an dem sich kein elektrischer Anschluß befindet, hermetisch verschlossen ist.

Claims

1. Tubular heating element comprising, inside a refractory tube, at least two incandescent filaments parallel to the axis of the tube and housed inside grooves of a heat-reflecting refractory material, characterized in that the heat-reflecting material is thermally insulating and in that the heating element comprises a metal rod parallel to the axis of the tube, insulated electrically from the filaments, and in that an electrical connection is made at one end of the tube between the metal rod and the filaments.

2. Heating element according to Claim 1, characterized in that the electric current is established either between the free ends of the two filaments or between the metal rod, on the one hand, and the two filaments connected together also by their free ends, on the other hand.

3. Heating element according to Claim 1, characterized in that the heat-reflecting material has a conductivity at 1 000°C less than 0.35 W m^{-1} K^{-1}.

4. Heating element according to Claim 3, characterized in that the conductivity is less than 0.25 W m^{-1} K^{-1}.

5. Heating element according to one of the preceding Claims, characterized in that the insulating material is based upon ceramic fibres of silica and/or alumina.

6. Heating element according to Claim 4, characterized in that the insulating material is based upon silica obtained by slip-casting.

7. Heating element according to one of the preceding Claims, characterized in that the refractory tube is hermetically sealed at the end at which the electrical connection is not made.

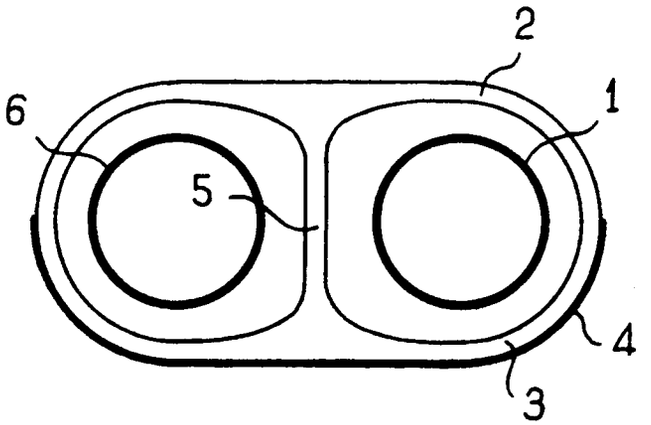


FIG_1

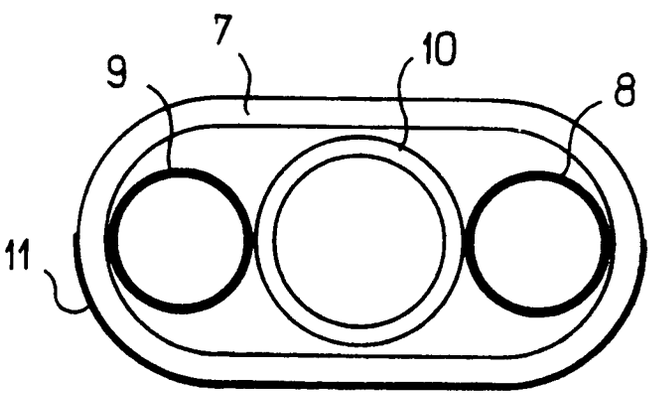


FIG_2

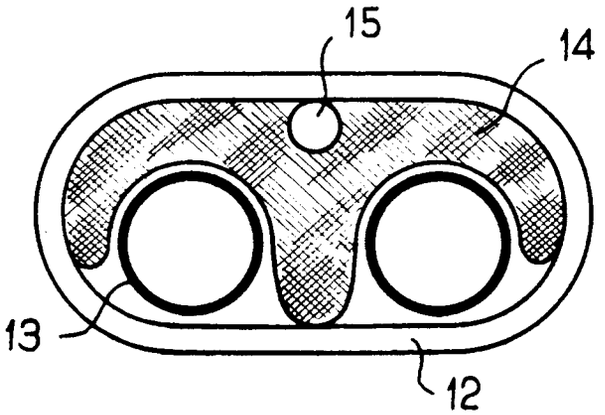


FIG_3

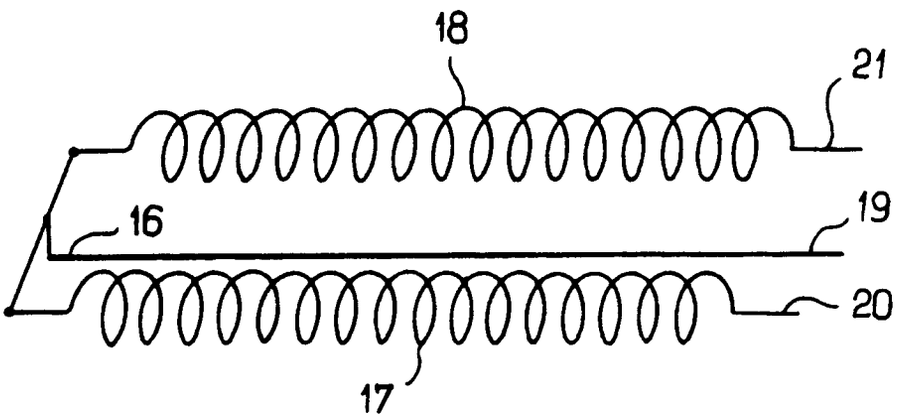


FIG_4