



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 367 561 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
01.03.2006 Bulletin 2006/09

(51) Int Cl.:
G10K 15/04 ^(2006.01) **F28D 9/00** ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **03101535.7**

(22) Date de dépôt: **27.05.2003**

(54) **Générateur d'ondes thermo-acoustiques**

Thermoakustische Wellenerzeuger

Thermo-acoustic wave generator

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorité: **27.05.2002 FR 0206421
01.04.2003 FR 0350084**

(43) Date de publication de la demande:
03.12.2003 Bulletin 2003/49

(73) Titulaire: **TECHNICATOME
Société Technique pour l'Energie Atomique
91192 Gif-sur-Yvette Cedex (FR)**

(72) Inventeur: **CHAIX, Jean-Edmond
04860 Pierrevet (FR)**

(74) Mandataire: **Poulin, Gérard
Société BREVATOME
3, rue du Docteur Lancereaux
75008 Paris (FR)**

(56) Documents cités:
**DE-A- 19 960 966 US-A- 4 599 551
US-A- 5 456 082 US-A- 5 813 234**

- **MIGLIORI A ET AL: "LIQUID-SODIUM
THERMOACOUSTIC ENGINE" APPLIED
PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF
PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 53, no. 5, 1 août
1988 (1988-08-01), pages 355-357, XP000036922
ISSN: 0003-6951**

EP 1 367 561 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).

DescriptionDomaine technique et art antérieur

[0001] L'invention concerne un générateur d'ondes thermo-acoustiques ainsi qu'un convertisseur d'énergie comprenant un générateur d'ondes thermo-acoustiques.

[0002] Un générateur d'ondes thermo-acoustiques produit de l'énergie acoustique à partir d'énergie thermique. L'invention trouve une application dans tout domaine où une conversion d'énergie thermique en énergie acoustique et/ou en énergie électrique peut être envisagée comme, par exemple, le domaine spatial ou le domaine de l'automobile.

[0003] Selon une application particulièrement avantageuse, l'invention concerne un convertisseur magnéto hydrodynamique thermo-acoustique qui produit de l'énergie électrique à partir d'énergie thermique préalablement convertie en énergie acoustique. Un convertisseur magnéto hydrodynamique thermo-acoustique selon l'invention produit ainsi une puissance électrique élevée, par exemple de l'ordre de 200kW à partir d'une puissance thermique comprise entre 800 et 1000kW.

[0004] Les documents US 4 599 551 et US 5 456 082 dévoilent également des générateurs d'ondes thermo-acoustiques.

[0005] Le générateur d'ondes thermo-acoustiques selon l'invention est du type à empilement de plaques. Un schéma de principe de générateur d'ondes thermo-acoustiques à empilement de plaques selon l'art antérieur est représenté en figure 1.

[0006] Le générateur comprend un empilement de plaques 1 maintenues à distance les unes des autres et placées dans une gaine 2. De l'air 3 emplit l'espace intérieur de la gaine 2 et, partant, l'espace entre les plaques. Un flux de chaleur est établi entre les extrémités E1 et E2 de l'empilement de plaques. A cette fin, l'extrémité E1 est portée à une température haute T1 et l'extrémité E2 à une température basse T2. Le gradient de température existant entre les extrémités E1 et E2 conduit alors à l'apparition de micro-cycles thermodynamiques dans l'air qui emplit les plaques. Une partie du flux de chaleur se transforme en ondes acoustiques. Des plans d'ondes acoustiques P apparaissent dans l'air situé du côté de l'extrémité qui est portée à la température basse.

[0007] Un problème qui se pose lors de la conception d'un générateur d'ondes thermo-acoustiques est celui de la circulation du flux de chaleur dans les plaques. Il est ainsi nécessaire de concevoir, d'une part, des moyens aptes à faire pénétrer le flux de chaleur dans celles-ci et, d'autre part, des moyens aptes à évacuer ce flux. Ce problème se pose de façon particulièrement sensible dans le cas où il est envisagé de produire des ondes acoustiques de fortes puissances.

Exposé de l'invention

[0008] Le générateur d'ondes thermo-acoustiques selon l'invention et conformément à la revendication 1, résout de façon simple et efficace le problème mentionné ci-dessus et trouve une application particulièrement avantageuse pour la génération d'ondes acoustiques de puissance élevée.

[0009] En effet, l'invention concerne un générateur d'ondes thermo-acoustiques comprenant :

- un ensemble de plaques montées parallèlement les unes aux autres dans une gaine emplies d'un fluide thermodynamique, deux plaques successives de l'empilement étant éloignées l'une de l'autre de sorte que le fluide thermodynamique emplit l'espace entre les plaques, et
- des moyens aptes à établir un flux de chaleur entre une première extrémité de l'ensemble de plaques et une deuxième extrémité de l'ensemble de plaques située à l'opposé de la première extrémité.

Les moyens aptes à établir un flux de chaleur comprennent, d'une part, deux échangeurs thermiques montés en parallèle et situés de part et d'autre de la première extrémité et, d'autre part, deux échangeurs thermiques montés en parallèle et situés de part et d'autre de la deuxième extrémité, chaque échangeur thermique étant constitué d'un empilement alterné d'oreilles et de cales, une oreille étant formée par une extension de plaque percée d'au moins un trou, chaque cale comprenant au moins une ouverture de sorte que l'ouverture d'une cale soit placée en regard d'au moins un trou.

[0010] Selon une caractéristique supplémentaire de l'invention, une oreille comprend une pluralité de trous uniformément répartis sur la surface de l'oreille.

[0011] Selon encore une caractéristique supplémentaire de l'invention, l'ouverture globale présentée par le ou les trous d'une oreille est sensiblement égale à 60% de la surface totale de l'oreille.

[0012] Selon encore une caractéristique supplémentaire de l'invention, les oreilles et les cales d'un empilement formant échangeur sont brasées ou collées.

[0013] Selon encore une caractéristique supplémentaire de l'invention, le fluide thermodynamique est du sodium liquide ou une solution saline.

[0014] Selon encore une caractéristique supplémentaire de l'invention, le générateur comprend une capacité sous pression dans laquelle le liquide thermodynamique est maintenu sous pression.

[0015] Selon un premier mode de réalisation de l'invention, les trous des oreilles et les ouvertures des cales d'un même échangeur thermique constituent au moins un conduit pour la circulation d'un fluide caloporteur.

[0016] Selon une caractéristique supplémentaire du premier mode de réalisation de l'invention, les moyens aptes à établir un flux de chaleur comprennent des conduites pour alimenter en fluide caloporteur les échan-

geurs thermiques.

[0017] Selon encore une caractéristique supplémentaire du premier mode de réalisation de l'invention, les conduites comprennent des conduites pour alimenter en un premier fluide caloporteur les deux échangeurs qui constituent un point chaud pour le flux de chaleur et des conduites pour alimenter en un deuxième fluide caloporteur les deux échangeurs qui constituent un point froid pour le flux de chaleur, les conduites pour l'alimentation du premier fluide caloporteur étant maintenues en position fixe par rapport aux deux échangeurs qui constituent le point chaud alors que les conduites pour l'alimentation du deuxième fluide caloporteur sont libres de se déplacer sous l'effet des dilatations thermiques qui apparaissent entre point chaud et point froid.

[0018] Selon encore une caractéristique supplémentaire du premier mode de réalisation de l'invention, les conduites pour l'alimentation du deuxième fluide caloporteur se croisent au niveau d'une bride de maintien afin de transformer des déplacements longitudinaux en déplacements de torsion.

[0019] Selon encore une caractéristique supplémentaire du premier mode de réalisation de l'invention, les premier et deuxième fluides caloporteurs sont du sodium liquide ou un eutectique NaK (Sodium/Potassium).

[0020] L'invention concerne également un convertisseur magnéto hydrodynamique thermo-acoustique, caractérisé en ce qu'il comprend un générateur d'ondes thermo-acoustiques selon l'invention pour former des ondes acoustiques à partir d'énergie thermique et un dispositif magnéto hydrodynamique pour délivrer de l'énergie électrique à partir des ondes acoustiques.

[0021] L'invention concerne également un réacteur spatial, caractérisé en ce qu'il comprend un convertisseur magnéto hydrodynamique thermo-acoustique selon l'invention.

[0022] L'invention concerne également un générateur électrique pour véhicule automobile, caractérisé en ce qu'il comprend un convertisseur magnéto hydrodynamique thermo-acoustique comprenant un générateur d'ondes thermo-acoustique selon l'invention pour former des ondes acoustiques à partir d'énergie thermique et un dispositif magnéto hydrodynamique pour délivrer de l'énergie électrique à partir des ondes acoustiques, en ce que le premier fluide caloporteur est un mélange d'air et d'hydrogène et en ce que le deuxième fluide caloporteur est constitué d'air ambiant.

[0023] Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, les trous des oreilles et les ouvertures des cales d'un même échangeur thermique forment un ensemble de cavités, des capsules contenant un radio-isotope étant placées à l'intérieur des cavités formées dans les échangeurs thermiques situés de part et d'autre de la première extrémité de l'ensemble de plaques.

[0024] Selon une caractéristique supplémentaire du deuxième mode de réalisation de l'invention, des calo-ducs reliés à au moins un radiateur sont placés à l'intérieur des cavités formées dans les échangeurs thermi-

ques situés de part et d'autre de la deuxième extrémité de l'ensemble de plaques.

[0025] Selon encore une caractéristique supplémentaire du deuxième mode de réalisation de l'invention, les cavités formées dans les échangeurs thermiques situés de part et d'autre de la deuxième extrémité sont reliées à des conduites aptes à faire circuler un fluide caloporteur dans les cavités.

[0026] Selon encore une caractéristique supplémentaire du deuxième mode de réalisation de l'invention, le fluide caloporteur est du sodium liquide, ou un eutectique NaK (sodium/potassium), ou un gaz, ou du césium liquide, ou du mercure.

[0027] Selon encore une caractéristique supplémentaire du deuxième mode de réalisation de l'invention, le radio-isotope est de l'hydrure de tritium en poudre ou du Pu 235.

[0028] L'invention concerne également un convertisseur d'énergie comprenant un générateur d'ondes thermo-acoustiques et des moyens de conversion d'énergie acoustique en énergie électrique, caractérisé en ce que le générateur d'ondes thermo-acoustiques est un générateur selon l'invention et les moyens de conversion d'énergie acoustique en énergie électrique comprennent au moins un capteur piézo-électrique.

[0029] L'invention concerne également un réacteur spatial, caractérisé en ce qu'il comprend un convertisseur d'énergie selon l'invention.

[0030] L'invention concerne encore un générateur électrique pour véhicule automobile, caractérisé en ce qu'il comprend un convertisseur d'énergie selon l'invention.

Breve description des figures

[0031] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture d'un mode de réalisation préférentiel de l'invention fait en référence aux figures jointes, parmi lesquelles :

- la figure 1 représente un schéma de principe de générateur d'ondes acoustiques à empilement de plaques selon l'art antérieur ;
- la figure 2 représente un empilement de plaques pour générateur d'ondes acoustiques selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 3 représente une vue partielle éclatée de l'empilement représenté en figure 2 ;
- la figure 4 représente une structure à empilement de plaques pour générateur d'ondes acoustiques selon le premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 5 représente une vue en coupe d'un élément partiel de la structure représentée en figure 4 ;
- la figure 6 représente une vue en coupe d'un convertisseur magnéto hydrodynamique thermo-acoustique selon le premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 7 représente une vue en perspective d'un

- convertisseur magnéto hydrodynamique thermo-acoustique selon le premier mode de réalisation de l'invention équipé d'une capacité sous pression ;
- la figure 8 représente un empilement de plaques pour générateur d'ondes acoustiques selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ;
 - la figure 9 représente une vue partielle éclatée de l'empilement représenté en figure 8 ;
 - la figure 10 représente une structure pour convertisseur d'énergie selon le deuxième mode de réalisation de l'invention ;
 - la figure 11 représente une variante de la structure représentée en figure 10 ;
 - la figure 12 représente une vue en coupe d'un convertisseur d'énergie selon le deuxième mode de réalisation de l'invention.

[0032] Sur toutes les figures, les mêmes repères désignent les mêmes éléments.

Description détaillée de modes de mise en oeuvre de l'invention

[0033] La figure 2 représente un empilement E de plaques pour générateur d'ondes acoustiques selon le premier mode de réalisation de l'invention et la figure 3 représente une vue partielle éclatée de l'empilement E représenté en figure 2.

[0034] Chaque plaque 4 comprend un corps central rectangulaire 5 et quatre extensions ou oreilles 6 munies de trous 7. Les oreilles 6 sont placées aux extrémités de la plaque, de part et d'autre du corps central 5. Chaque plaque 4 de l'empilement est séparée de la plaque suivante par quatre cales 8. Chaque cale 8 est munie d'une ouverture 9. Les cales 8 sont intercalées entre les plaques au niveau des oreilles 6. Un empilement formé par une succession d'oreilles 6 et de cales 8 constitue un échangeur thermique apte à la circulation d'un fluide caloporteur.

[0035] L'empilement de plaques peut comprendre plusieurs centaines de plaques, par exemple 400, d'épaisseur e sensiblement comprise entre 0,2 et 0,3mm. Les cales 8 ont, préférentiellement, sensiblement la même épaisseur que les plaques 4. A titre d'exemple non limitatif, le corps central rectangulaire 5 d'une plaque a une longueur L de 500mm et une largeur l de 200mm. Les oreilles 6 ont, préférentiellement, une forme carrée de 150mm de côté. Les trous débouchants 7 formés dans chaque oreille 6 sont préférentiellement uniformément répartis sur la surface de l'oreille. L'ouverture globale présentée par les trous 7 est, par exemple, de l'ordre de 60% de la surface totale de l'oreille. Le diamètre d'un trou peut être, par exemple, égal à 10mm.

[0036] De façon générale, le dimensionnement des plaques est fonction de la puissance générée et de la nature et de la pression du fluide thermodynamique. De même, le diamètre des trous des oreilles est une fonction de la nature et du débit du fluide caloporteur.

[0037] Les plaques 4 et les cales 8 sont réalisées dans un matériau thermiquement conducteur tel que, par exemple, l'Inconel ou l'Incoloy (alliage fer nickel ou nickel chrome). Les cales 8 sont brasées ou collées aux plaques 4. Préférentiellement, l'ensemble des plaques et des cales est brasé en une fois, selon la technique de réalisation des échangeurs de plaques. Le flux de chaleur qui parcourt une plaque de l'empilement est représenté par des flèches F sur la figure 3. Le dispositif selon l'invention assure avantageusement une très bonne conduction thermique.

[0038] Selon le mode de réalisation préférentiel de l'invention, une plaque est en forme de I et les oreilles et les cales sont de section carrée ou rectangulaire. D'autres formes d'oreilles et de cales sont également possibles telles que, par exemple, des oreilles et cales en demi-cercle ou en demi-hexagone, etc.

[0039] La figure 4 représente une structure à empilement de plaques pour générateur d'ondes acoustiques selon le premier mode de réalisation de l'invention.

[0040] Un système de conduites 10, 11, 12, 13 assure la circulation des fluides caloporteurs. Les deux échangeurs thermiques qui sont situés de part et d'autre d'une même extrémité de l'ensemble de plaques sont montés en parallèle. Les conduites 10 et 11 permettent, respectivement, l'introduction et l'évacuation d'un premier fluide caloporteur C1 dans les deux échangeurs qui sont de part et d'autre de la première extrémité (source chaude) alors que les conduites 12 et 13 permettent, respectivement, l'introduction et l'évacuation d'un deuxième fluide caloporteur C2 dans les deux échangeurs qui sont de part et d'autre de la deuxième extrémité (source froide).

[0041] Comme cela a été mentionné précédemment, un fluide thermodynamique est présent dans l'espace qui sépare les plaques. En fonctionnement, des micro-cycles thermodynamiques apparaissent dans le fluide thermodynamique et le générateur d'ondes acoustiques vibre à haute fréquence. Il est important de tenir compte des différences de températures et des vibrations du générateur d'ondes acoustiques pour établir la configuration des conduites 10, 11, 12, 13 et, partant, les contraintes mécaniques appliquées à ces conduites. Préférentiellement, la partie « chaude » de la structure de plaques, c'est-à-dire la partie de la structure de plaques portée à la température la plus élevée, est maintenue fixe et la partie « froide », c'est-à-dire la partie de la structure de plaques portée à la température la plus basse, peut se déplacer librement en fonction des dilatations. Pour permettre ces dilatations et éviter un cisaillement des plaques, les conduites de fluide caloporteur 12 et 13 qui alimentent la partie « froide » se croisent au niveau d'une bride de maintien (non représentée sur la figure) de façon à transformer les déplacements longitudinaux en déplacements de torsion.

[0042] La figure 5 représente une vue en coupe d'un élément partiel de la structure représentée en figure 4. Plus précisément, la figure 5 représente la jonction entre une conduite d'arrivée de fluide caloporteur et l'empile-

ment de plaques. Le collecteur présente un évasement 14 pour assurer un écoulement optimal des fluides caloporteurs C1, C2.

[0043] La figure 6 représente une vue en coupe d'un schéma de principe de convertisseur magnéto hydrodynamique thermo-acoustique selon le premier mode de réalisation de l'invention. Le convertisseur comprend un générateur d'ondes acoustiques selon l'invention 15 et un dispositif magnéto hydrodynamique 16. Le générateur d'ondes acoustiques 15 comprend une structure telle que représentée en figure 2 (empilement de plaques et conduites) montée dans une gaine 18 remplie de fluide thermodynamique 17. Les conduites 10 et 11 permettent, respectivement, l'introduction et l'évacuation du fluide caloporteur C1, alors que les conduites 12 et 13 permettent, respectivement, l'introduction et l'évacuation du fluide caloporteur C2. Le fluide thermodynamique 17 est mis en pression, par exemple à une valeur sensiblement égale à 70 bars. Le fluide thermodynamique peut être du métal liquide tel que, par exemple, du sodium liquide ou encore une solution saline telle que, par exemple, une solution de NaK (sodium/potassium). Un premier fluide caloporteur C1, par exemple du sodium liquide ou un eutectique NaK (sodium/potassium), porté à température haute, par exemple 750°C, est utilisé pour chauffer la première extrémité de l'empilement de plaques (source chaude). De même, un deuxième fluide caloporteur C2, par exemple également du sodium ou un eutectique NaK (sodium/potassium), porté à température basse, par exemple 450°C, est utilisé pour évacuer la chaleur au niveau de la deuxième extrémité de l'empilement de plaques (source froide).

[0044] Les ondes acoustiques générées sont émises sous forme de plans d'ondes P en direction du dispositif magnéto hydrodynamique 16. Le dispositif magnéto hydrodynamique 16 peut alors délivrer, par exemple, une puissance électrique de 200kW à partir d'une puissance thermique comprise, par exemple, entre 800 et 1000kW. Avantagusement, le convertisseur magnéto hydrodynamique selon l'invention transforme une grande quantité d'énergie thermique en énergie électrique par l'intermédiaire de vibrations mécaniques de faible amplitude, c'est-à-dire sans pratiquement mouvoir de pièces mécaniques.

[0045] La figure 7 représente une vue en perspective d'un convertisseur magnéto hydrodynamique thermo-acoustique selon le premier mode de réalisation de l'invention, équipé d'une capacité sous pression.

[0046] La capacité sous pression 19 est une enveloppe en forme d'ampoule qui contient l'ensemble des éléments représentés en figure 6, à savoir, un dispositif magnéto hydrodynamique 16 et une gaine 18 contenant un empilement de plaques et de cales muni de conduites et un fluide thermodynamique 17. La capacité sous pression 19 a pour fonction de maintenir le liquide thermodynamique sous pression, par exemple une pression de 70 bars. Avantagusement, une structure telle que représentée en figure 7 présente un faible encombrement. La

capacité sous pression 19 peut avoir une hauteur A typiquement comprise entre 0,5 et 1 m, une profondeur B typiquement comprise entre 0,1 et 0,5 m et une largeur C typiquement comprise entre 0,1 et 0,5 m. De telles dimensions, associées aux performances électriques mentionnées ci-dessus, permettent des applications du convertisseur magnéto hydrodynamique selon l'invention particulièrement avantageuses dans le domaine spatial et dans le domaine de l'automobile.

[0047] Dans le domaine spatial, un convertisseur magnéto hydrodynamique selon l'invention peut être intégré à un réacteur spatial. La source chaude peut alors être un réacteur nucléaire à très haute température et la source froide un radiateur rayonnant vers le vide spatial. Les fluides caloporteurs peuvent être, par exemple, de l'Hélium, du NaK, du Césium, du Mercure.

[0048] Dans le domaine de l'automobile, la source chaude peut être réalisée à partir d'un mélange d'air et d'hydrogène porté à haute température et la source froide à partir de l'air ambiant. L'énergie électrique issue du convertisseur magnéto hydrodynamique selon l'invention est alors répartie sur quatre moteurs électriques élémentaires, chaque moteur électrique élémentaire actionnant une roue du véhicule automobile.

[0049] La figure 8 représente un empilement E de plaques pour générateur d'ondes acoustiques selon le deuxième mode de réalisation de l'invention et la figure 9 représente une vue partielle éclatée de l'empilement représenté en figure 8.

[0050] Chaque plaque 4 comprend un corps central rectangulaire 5 et quatre extensions ou oreilles 6 munies d'ouvertures 7. Les oreilles 6 sont placées aux extrémités de la plaque, de part et d'autre du corps central 5. Des cales 8 séparent deux plaques successives de l'empilement. Les cales 8 sont intercalées entre les plaques au niveau des oreilles 6. Comme cela apparaît sur la figure 9, chaque cale 8 est munie d'ouvertures 9 dont les dimensions sont sensiblement identiques aux dimensions des ouvertures des oreilles. Les ouvertures 7 des oreilles et les ouvertures 9 des cales se superposent de façon à créer un ensemble de cavités 20 (cf. figure 8).

[0051] De même que selon le premier mode de réalisation de l'invention, l'empilement de plaques peut comprendre plusieurs centaines de plaques, par exemple 400, d'épaisseur e sensiblement comprise entre 0,2 et 0,3mm. Les cales 8 ont, préférentiellement, sensiblement la même épaisseur que les plaques 4. A titre d'exemple non limitatif, le corps central rectangulaire 5 d'une plaque a une longueur L de 500mm et une largeur 1 de 200mm. Les oreilles 6 ont, préférentiellement, une forme carrée de 150mm de côté. Les ouvertures 7 formées dans chaque oreille 6 sont préférentiellement uniformément répartis sur la surface de l'oreille et représentent, par exemple, de l'ordre de 60% de la surface totale de l'oreille. De façon plus générale, le dimensionnement des plaques et la surface des ouvertures sont des fonctions de la puissance générée.

[0052] Les plaques 4 et les cales 8 sont réalisées dans

un matériau thermiquement conducteur tel que, par exemple, l'Inconel ou l'Incoloy (alliage fer nickel ou nickel chrome). Les cales 8 sont brasées ou collées aux plaques 4. Préférentiellement, l'ensemble des plaques et des cales est brasé en une fois, selon la technique de réalisation connue des échangeurs de plaques. Le flux de chaleur qui parcourt une plaque de l'empilement est représenté par des flèches F sur la figure 3. Le dispositif selon l'invention assure avantageusement une très bonne conduction thermique.

[0053] Selon le mode de réalisation préférentiel de l'invention, une plaque est en forme de I et les oreilles et les cales sont de section carrée ou rectangulaire. D'autres formes d'oreilles et de cales sont également possibles telles que, par exemple, des oreilles et cales en demi-cercle ou en demi-hexagone, etc. Par ailleurs, sur l'exemple des figures 8 et 9, chaque cale et chaque oreille comprend six ouvertures. L'invention concerne cependant de nombreux autres types de configurations. Ainsi chaque cale et chaque oreille peuvent-elles ne posséder, par exemple, qu'une seule ouverture.

[0054] La figure 10 représente une structure pour convertisseur d'énergie selon le deuxième mode de réalisation de l'invention.

[0055] Le convertisseur comprend un empilement E de plaques et de cales tel que décrit ci-dessus, des éléments 21 qui constituent une source chaude, des éléments 22, 23 qui constituent une source froide et des capteurs piézo-électriques 24, 25.

[0056] Les éléments 21 qui constituent la source chaude sont des capsules contenant un radio-isotope producteur d'énergie thermique tel que, par exemple, l'hydrure de tritium en poudre ou encore le Pu 235. L'hydrure de tritium en poudre présente l'avantage d'être léger et d'assurer une excellente sécurité d'utilisation. Les capsules 21 sont placées à l'intérieur des cavités 20 qui sont situées à une première extrémité de l'empilement. Un contact thermique intime est assuré entre chaque capsule et l'intérieur de la cavité qui reçoit la capsule.

[0057] Les éléments qui participent à la source froide sont constitués de caloducs 22 reliés à un radiateur 23. Les caloducs 22 sont placés à l'intérieur des cavités 20 qui sont situées à l'extrémité opposée de la première extrémité de l'empilement. Un contact thermique intime est assuré entre chaque caloduc et l'intérieur de la cavité qui reçoit le caloduc.

[0058] Comme cela a déjà été mentionné précédemment, un fluide thermodynamique (non représenté sur la figure 10) est présent dans l'espace qui sépare les plaques. En fonctionnement, des micro-cycles thermodynamiques apparaissent dans le fluide thermodynamique et le générateur d'ondes acoustiques vibre à haute fréquence. Des ondes planes sont alors générées de part et d'autre de l'empilement E. Les capteurs piézo-électriques 24 et 25, positionnés parallèlement au plan des ondes acoustiques, convertissent l'énergie mécanique des ondes acoustiques en énergie électrique.

[0059] La figure 11 représente une variante de la struc-

ture représentée en figure 10. Selon la variante représentée en figure 11, les deux échangeurs thermiques situés du côté de la source froide sont parcourus par un fluide caloporteur C3. Les cavités 20 de l'empilement E situées du côté de la source froide constituent alors des conduits permettant la circulation du fluide caloporteur, comme cela est réalisé selon le premier mode de réalisation de l'invention. Des conduites 26, 27 assurent l'acheminement du fluide caloporteur au niveau des échangeurs. Le fluide caloporteur C3 peut être, par exemple, du sodium liquide, un eutectique NaK (sodium/potassium), un gaz, du césium liquide ou du mercure.

[0060] La figure 12 représente une vue en coupe d'un convertisseur d'énergie selon le deuxième mode de réalisation de l'invention.

[0061] Le convertisseur d'énergie comprend un empilement E de plaques et deux capteurs piézo-électriques 24, 25 montés dans une gaine 29 remplie de fluide thermodynamique 28. Le radiateur 23 de la source froide est placé à l'extérieur de la gaine 29 et au contact de celle-ci.

[0062] Un avantage du convertisseur d'énergie selon le deuxième mode de réalisation de l'invention est la présence de la source chaude (les capsules 21) et de la source froide (les caloducs 22 et le radiateur 23) dans la structure même du convertisseur. Aucune connexion mécanique encombrante n'existe alors entre les échangeurs thermiques et les sources chaude et froide. En conséquence, l'intégration du convertisseur d'énergie dans une structure d'accueil telle que, par exemple, un satellite ou un véhicule automobile s'en trouve très avantageusement facilitée. Les seules connexions vers l'extérieur sont les fils de câblage 30, 31 qui permettent d'extraire la puissance électrique du convertisseur. Par ailleurs, le fluide thermodynamique est maintenu sous pression. A cette fin, le générateur d'ondes thermo-acoustiques selon l'invention comprend une capsule sous pression (non représentée sur la figure 12) dans laquelle le fluide thermodynamique est maintenu.

[0063] Les ondes acoustiques générées sont émises sous forme de plans d'ondes en direction des capteurs piézo-électriques 24, 25. Le convertisseur d'énergie peut alors délivrer, par exemple, une puissance électrique de 200kW à partir d'une puissance thermique comprise, par exemple, entre 800 et 1000kW. De même que le premier mode de réalisation de l'invention, le convertisseur d'énergie selon le deuxième mode de réalisation de l'invention transforme une grande quantité d'énergie thermique en énergie électrique par l'intermédiaire de vibrations mécaniques de faible amplitude, c'est-à-dire sans pratiquement mouvoir de pièces mécaniques.

Revendications

1. Générateur d'ondes thermo-acoustiques comprenant :

- un ensemble de plaques (4) montées parallè-

lement les unes aux autres dans une gaine (18) emplie d'un fluide thermodynamique (17), deux plaques successives de l'empilement étant éloignées l'une de l'autre de sorte que le fluide thermodynamique emplit l'espace entre les plaques, et

- des moyens (6, 7) aptes à établir un flux de chaleur entre une première extrémité de l'ensemble de plaques et une deuxième extrémité de l'ensemble de plaques située à l'opposé de la première extrémité,

caractérisé en ce que les moyens (6, 7) aptes à établir un flux de chaleur comprennent, d'une part, deux échangeurs thermiques montés en parallèle et situés de part et d'autre de la première extrémité et, d'autre part, deux échangeurs thermiques montés en parallèle et situés de part et d'autre de la deuxième extrémité, chaque échangeur thermique étant constitué d'un empilement alterné d'oreilles (6) et de cales (8), une oreille (6) étant formée par une extension de plaque percée d'au moins un trou (7), chaque cale (8) comprenant au moins une ouverture (9) de sorte que l'ouverture (9) d'une cale soit placée en regard d'au moins un trou (7).

2. Générateur d'ondes thermo-acoustiques selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**une oreille (6) comprend une pluralité de trous (7) uniformément répartis sur la surface de l'oreille.
3. Générateur d'ondes thermo-acoustiques selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'ouverture globale présentée par le ou les trous d'une oreille (6) est sensiblement égale à 60% de la surface totale de l'oreille.
4. Générateur d'ondes thermo-acoustiques selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** les oreilles (6) et les cales (4) d'un empilement formant échangeur sont brasées ou collées.
5. Générateur d'ondes thermo-acoustiques selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le fluide thermodynamique est du sodium liquide ou une solution saline.
6. Générateur d'ondes thermo-acoustiques selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**il comprend une capacité sous pression dans laquelle le liquide thermodynamique est maintenu sous pression.
7. Générateur d'ondes thermo-acoustiques selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les trous (7) des oreilles et les ouvertures (9) des cales (8) d'un même échangeur thermique constituent au moins un conduit pour la

circulation d'un fluide caloporteur.

8. Générateur d'ondes thermo-acoustiques selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les moyens aptes à établir un flux de chaleur comprennent des conduites (10, 11, 12, 13) pour alimenter en fluide caloporteur les échangeurs thermiques.
9. Générateur d'ondes thermo-acoustiques selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** les conduites (10, 11, 12, 13) comprennent des conduites (10, 11) pour alimenter en un premier fluide caloporteur (C1) les deux échangeurs qui constituent un point chaud pour le flux de chaleur et des conduites (12, 13) pour alimenter en un deuxième fluide caloporteur (C2) les deux échangeurs qui constituent un point froid pour le flux de chaleur, les conduites (10, 11) pour l'alimentation du premier fluide caloporteur (C1) étant maintenues en position fixe par rapport aux deux échangeurs qui constituent le point chaud alors que les conduites (12, 13) pour l'alimentation du deuxième fluide caloporteur (C2) sont libres de se déplacer sous l'effet des dilatations thermiques qui apparaissent entre point chaud et point froid.
10. Générateur d'ondes thermo-acoustiques selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** les conduites (12, 13) pour l'alimentation du deuxième fluide caloporteur (C2) se croisent au niveau d'une bride de maintien afin de transformer des déplacements longitudinaux en déplacements de torsion.
11. Générateur d'ondes thermo-acoustiques selon l'une quelconque des revendications 9 ou 10, **caractérisé en ce que** les premier et deuxième fluides caloporteurs sont du sodium liquide ou un eutectique NaK (Sodium/Potassium).
12. Convertisseur magnéto hydrodynamique thermo-acoustique, **caractérisé en ce qu'**il comprend un générateur d'ondes thermo-acoustique selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 pour former des ondes acoustiques (P) à partir d'énergie thermique et un dispositif magnéto hydrodynamique (16) pour délivrer de l'énergie électrique à partir des ondes acoustiques (P).
13. Réacteur spatial, **caractérisé en ce qu'**il comprend un convertisseur magnéto hydrodynamique thermo-acoustique selon la revendication 12.
14. Générateur électrique pour véhicule automobile, **caractérisé en ce qu'**il comprend un convertisseur magnéto hydrodynamique thermo-acoustique comprenant un générateur d'ondes thermo-acoustique selon l'une quelconque des revendications 7 à 10 pour former des ondes acoustiques à partir d'énergie

thermique et un dispositif magnéto hydrodynamique pour délivrer de l'énergie électrique à partir des ondes acoustiques, **en ce que** le premier fluide caloporteur (C1) est un mélange d'air et d'hydrogène et **en ce que** le deuxième fluide caloporteur (C2) est constitué d'air ambiant.

15. Générateur d'ondes thermo-acoustiques selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** les trous (7) des oreilles (6) et les ouvertures (9) des cales (8) d'un même échangeur thermique forment un ensemble de cavités (20), des capsules (21) contenant un radio-isotope étant placées à l'intérieur des cavités (20) formées dans les échangeurs thermiques situés de part et d'autre de la première extrémité de l'ensemble de plaques. 5
16. Générateur d'ondes thermo-acoustiques selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** des caloducs (22) reliés à au moins un radiateur (23) sont placés à l'intérieur des cavités (20) formées dans les échangeurs thermiques situés de part et d'autre de la deuxième extrémité de l'ensemble de plaques. 10
17. Générateur d'ondes thermo-acoustiques selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** les cavités (20) formées dans les échangeurs thermiques situés de part et d'autre de la deuxième extrémité sont reliées à des conduites (26, 27) aptes à faire circuler un fluide caloporteur (C3) dans les cavités (20). 15
18. Générateur d'ondes thermo-acoustiques selon la revendication 17, **caractérisé en ce que** le fluide caloporteur (C3) est du sodium liquide, ou un eutectique NaK (sodium/potassium), ou un gaz, ou du césium liquide, ou du mercure. 20
19. Générateur d'ondes thermo-acoustiques selon l'une quelconque des revendications 15 à 18, **caractérisé en ce que** le radio-isotope est de l'hydrure de tritium en poudre ou du Pu 235. 25
20. Convertisseur d'énergie comprenant un générateur d'ondes thermo-acoustiques et des moyens de conversion d'énergie acoustique en énergie électrique, **caractérisé en ce que** le générateur d'ondes thermo-acoustiques est un générateur selon l'une quelconque des revendications 15 à 19 et les moyens de conversion d'énergie acoustique en énergie électrique comprennent au moins un capteur piézo-électrique (24, 25). 30
21. Réacteur spatial, **caractérisé en ce qu'il** comprend un convertisseur d'énergie selon la revendication 20. 35
22. Générateur électrique pour véhicule automobile, **caractérisé en ce qu'il** comprend un convertisseur d'énergie selon la revendication 20. 40

23. Générateur d'ondes thermo-acoustiques selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 ou 15 à 19, **caractérisé en ce que** les plaques (4) et les cales (8) sont réalisées en Inconel ou en Incoloy. 45

Patentansprüche

1. Thermoakustischer Wellenerzeuger, enthaltend: 50

- eine Einheit von Platten (4), die in einem mit einem thermodynamischen Medium (17) gefüllten Mantel (18) parallel zueinander angeordnet sind, wobei zwei aufeinanderfolgende Platten der Stapelung so voneinander beabstandet sind, dass das thermodynamische Medium den Raum zwischen den Platten ausfüllt, und
- Mittel (6, 7), die einen Wärmefluss zwischen einem ersten Ende der Platteneinheit und einem dem ersten Ende entgegengesetzten zweiten Ende der Platteneinheit herstellen können, 55

dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (6, 7) zum Herstellen eines Wärmeflusses einerseits zwei Wärmetauscher enthalten, die parallel geschaltet sind und sich beiderseits des ersten Endes befinden, und andererseits zwei Wärmetauscher aufweisen, die parallel geschaltet sind und sich beiderseits des zweiten Endes befinden, wobei jeder Wärmetauscher aus einer wechselweisen Stapelung von Lappen (6) und Keilen (8) besteht, wobei ein Lappen (6) aus einem mit zumindest einer Bohrung (7) versehenen Plattenabschnitt gebildet ist, wobei jeder Keil (8) zumindest eine Öffnung (9) aufweist, so dass die Öffnung (9) eines Keils gegenüber zumindest einer Bohrung (7) zu liegen kommt.

2. Thermoakustischer Wellenerzeuger nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Lappen (6) eine Mehrzahl von Bohrungen (7) aufweist, die gleichmäßig über die Fläche des Lappens verteilt sind. 60
3. Thermoakustischer Wellenerzeuger nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gesamte Öffnung, welche die Bohrung bzw. Bohrungen eines Lappens (6) darstellen, im wesentlichen 60 % der Gesamtfläche des Lappens beträgt. 65
4. Thermoakustischer Wellenerzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lappen (6) und die Keile (4) einer Wärmetauscherstapelung verschweißt oder verklebt sind. 70
5. Thermoakustischer Wellenerzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das thermodynamische Medium flüssiges Natrium 75

oder eine Salzlösung ist.

6. Thermoakustischer Wellenerzeuger nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** er eine Druckkapazität aufweist, in welcher die thermodynamische Flüssigkeit unter Druck gehalten wird. 5
7. Thermoakustischer Wellenerzeuger nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bohrungen (7) der Lappen und die Öffnungen (9) der Keile (8) eines gleichen Wärmetauschers zumindest eine Leitung zur Zirkulation eines Wärmeträgermediums bilden. 10
8. Thermoakustischer Wellenerzeuger nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zum Herstellen eines Wärmeflusses Leitungen (10, 11, 12, 13) zum Speisen der Wärmetauscher mit Wärmeträgermedium enthalten. 15
9. Thermoakustischer Wellenerzeuger nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leitungen (10, 11, 12, 13) Leitungen (10, 11) zum Speisen der beiden einen heißen Punkt für den Wärmefluss bildenden Wärmetauscher mit einem ersten Wärmeträgermedium (C1) und Leitungen (12, 13) zum Speisen der beiden einen kalten Punkt für den Wärmefluss bildenden Wärmetauscher mit einem zweiten Wärmeträgermedium (C2) enthalten, wobei die Leitungen zum Speisen mit dem ersten Wärmeträgermedium (C1) in fester Stellung bezüglich der beiden Wärmetauscher gehalten werden, welche den kalten Punkt bilden, wohingegen die Leitungen (12, 13) zum Speisen mit dem zweiten Wärmeträgermedium (C2) unter der Wirkung von Wärmeausdehnungen, die zwischen heißem Punkt und kaltem Punkt auftreten, frei verstellbar sind. 20 25 30 35
10. Thermoakustischer Wellenerzeuger nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leitungen (12, 13) zum Speisen mit dem zweiten Wärmeträgermedium (C2) sich im Bereich eines Halteflansches kreuzen, um Längsbewegungen in Drehbewegungen umzuwandeln. 40 45
11. Thermoakustischer Wellenerzeuger nach einem der Ansprüche 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste und das zweite Wärmeträgermedium flüssiges Natrium oder ein NaK-Eutektikum (Natrium/Kalium) sind. 50
12. Thermoakustischer MHD-Wandler, **dadurch gekennzeichnet, dass** er einen thermoakustischen Wellenerzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 11 aufweist, um Schallwellen (P) ausgehend von Wärmeenergie zu bilden, sowie eine magnetohydrody-

namische Vorrichtung (16), um ausgehend von den Schallwellen (P) elektrische Energie zu liefern.

13. Raumfahrtreaktor, **dadurch gekennzeichnet, dass** er einen thermoakustischen MHD-Wandler nach Anspruch 12 enthält. 5
14. Stromgenerator für Kraftfahrzeuge, **dadurch gekennzeichnet, dass** er einen thermoakustischen MHD-Wandler mit einem thermoakustischen Wellenerzeuger nach einem der Ansprüche 7 bis 10 enthält, um Schallwellen ausgehend von Wärmeenergie zu bilden, sowie eine magnetohydrodynamische Vorrichtung, um ausgehend von den Schallwellen elektrische Energie zu liefern, dass das erste Wärmeträgermedium (C1) ein Luft-Wasserstoff-Gemisch ist und dass das zweite Wärmeträgermedium (C2) aus Umgebungsluft besteht. 10 15
15. Thermoakustischer Wellenerzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bohrungen (7) der Lappen (6) und die Öffnungen (9) der Keile (8) eines gleichen Wärmetauschers eine Einheit von Hohlräumen (20) bilden, wobei ein Radioisotop enthaltende Kapseln (21) innerhalb der Hohlräume (20) eingesetzt sind, die in den Wärmetauschern gebildet sind, die sich beiderseits des ersten Endes der Platteneinheit befinden. 20 25 30 35
16. Thermoakustischer Wellenerzeuger nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** Wärmerohre (22), die mit zumindest einem Strahler (23) verbunden sind, innerhalb der Hohlräume (20) eingesetzt sind, die in den Wärmetauschern gebildet sind, die sich beiderseits des zweiten Endes der Platteneinheit befinden. 40 45
17. Thermoakustischer Wellenerzeuger nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hohlräume (20), die in den Wärmetauschern gebildet sind, welche sich beiderseits des zweiten Endes der Platteneinheit befinden, mit Leitungen (26, 27) verbunden sind, durch die ein Wärmeträgermedium (C3) in den Hohlräumen (20) zirkulieren kann. 50
18. Thermoakustischer Wellenerzeuger nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Wärmeträgermedium (C3) flüssiges Natrium oder ein NaK-Eutektikum (Natrium/Kalium) oder ein Gas oder flüssiges Cäsium oder Quersilber ist. 55
19. Thermoakustischer Wellenerzeuger nach einem der Ansprüche 15 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Radioisotop Tritiumhydridpulver oder PU 235 ist.
20. Energiewandler mit einem thermoakustischen Wellenerzeuger und Mitteln zum Umwandeln von Schal-

lenergie in elektrische Energie, **dadurch gekennzeichnet, dass** der thermoakustische Wellenerzeuger ein Wellenerzeuger nach einem der Ansprüche 15 bis 19 ist und die Mittel zum Umwandeln von Schallenergie in elektrische Energie zumindest einen piezoelektrischen Sensor (24, 25) enthalten.

21. Raumfahrtreaktor, **dadurch gekennzeichnet, dass** er einen Energiewandler nach Anspruch 20 enthält.
22. Stromgenerator für Kraftfahrzeuge, **dadurch gekennzeichnet, dass** er einen Energiewandler nach Anspruch 20 enthält.
23. Thermoakustischer Wellenerzeuger nach einem der Ansprüche 1 bis 11 oder 15 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Platten (4) und die Keile (8) aus Inconel oder Incoloy hergestellt sind.

Claims

1. Thermo-acoustic wave generator comprising:

- a set of plates (4) mounted in parallel against each other in a casing (18) filled with a thermodynamic fluid (17), with two successive plates of the pack being distanced from one another so that the thermodynamic fluid fills the space between the plates, and
- means (6, 7) capable of establishing a flow of heat between a first end of the set of plates and a second end of the set of plates located opposite to the first end

characterised in that the means (6, 7) capable of establishing a flow of heat comprise, firstly, two thermal exchangers mounted in parallel and located on each side of the first end and, secondly, two thermal exchangers mounted in parallel and located on each side of the second end, with each thermal exchanger consisting of a pack alternating between lugs (6) and blocks (8), with a lug (6) being formed by an extension of a plate pierced by at least one hole (7), with each block (8) comprising at least one opening (9) so that the opening (9) of a block is placed opposite at least one hole (7).

2. Thermo-acoustic wave generator according to claim 1, **characterised in that** a lug (6) has a plurality of holes (7) uniformly distributed over the surface of the lug.
3. Thermo-acoustic wave generator according to any one of claims 1 or 2 in that the overall opening presented by the hole or holes of a lug (6) is approximately equal to 60% of the total surface of the lug.

4. Thermo-acoustic wave generator according to any one of claims 1 to 3, **characterised in that** the lugs (6) and the blocks (4) of a pack forming the exchanger are brazed or bonded.

5. Thermo-acoustic wave generator according to any one of claims 1 to 4, **characterised in that** the thermodynamic fluid is liquid sodium or a saline solution.

6. Thermo-acoustic wave generator according to any one of the above claims, **characterised in that** it has a capacity under pressure in which the thermodynamic liquid is maintained under pressure.

7. Thermo-acoustic wave generator according to any one of the above claims, **characterised in that** the holes (7) of the lugs and the openings (9) of the blocks (8) of the same thermal exchanger constitute at least one conduit for the circulation of a heat-exchanging fluid.

8. Thermo-acoustic wave generator according to any one of the above claims, **characterised in that** the means capable of establishing a heat flow comprise conduits (10, 11, 12, 13) for supplying the heat exchangers with heat-exchanging fluid.

9. Thermo-acoustic wave generator according to claim 8, **characterised in that** the conduits (10, 11, 12, 13) comprise conduits (10, 11) for supplying with a first heat-exchanging fluid (C1) the two exchangers which constitute a hot spot for the heat flow and conduits (12, 13) for supplying with a second heat-exchanging fluid (C2) the two exchangers which constitute a cold spot for the flow of heat, with the conduits (10, 11) for supplying the first heat-exchanging fluid (C1) being maintained in fixed position in relation to the two exchangers which constitute the hot spot while the conduits (12, 13) for supplying the second heat-exchanging fluid (C2) are free to move under the effect of the thermal expansion which occurs between the hot spot and the cold spot.

10. Thermo-acoustic wave generator according to claim 9, **characterised in that** the conduits (12, 13) for supplying the second heat-exchanging fluid (C2) cross at the level of a holding flange in order to convert the longitudinal movements into torsional movements.

11. Thermo-acoustic wave generator according to any one of claims 9 or 10, **characterised in that** the first and second heat-exchanging fluids are liquid sodium or eutectic NaK (Sodium/Potassium).

12. Magnetohydrodynamic (MHD) thermo-acoustic converter, **characterised in that** it comprises a thermo-acoustic wave generator according to any one

of claims 1 to 11 in order to form acoustic waves (P) from thermal energy and a magnetohydrodynamic device (16) for delivering the electrical energy from the acoustic waves (P).

13. Space reactor, **characterised in that** it comprises an MHD thermo-acoustic converter according to claim 12.
14. Electric generator for automobile vehicles, **characterised in that** it comprises a thermo-acoustic MHD converter comprising a thermo-acoustic wave generator according to any one of claims 7 to 10 to form acoustic waves from thermal energy and an MHD device to deliver electrical energy from acoustic waves, **in that** the first heat-exchanging fluid (C1) is a mixture of air and hydrogen and **in that** the second heat-exchanging fluid (C2) consists of ambient air.
15. Thermo-acoustic wave generator according to any one of claims 1 to 6, **characterised in that** the holes (7) of the lugs (6) and the openings (9) of the blocks (8) of the same thermal exchanger form a set of cavities (20), with capsules (21) containing a radio-isotope being placed inside the cavities (20) formed in the thermal exchangers located on each side of the first end of the set of plates.
16. Thermo-acoustic wave generator according to claim 15, **characterised in that** heat pipes (22) connected to at least one radiator (23) are placed inside cavities (20) formed in the thermal exchangers located on each side of the second end of the set of plates.
17. Thermo-acoustic wave generator according to claim 15, **characterised in that** the cavities (20) formed in the thermal exchangers located on each side of the second end are connected to conduits (26, 27) capable of allowing a heat-exchanging fluid (C3) to circulate in the cavities (20).
18. Thermo-acoustic wave generator according to claim 17, **characterised in that** the heat-exchanging fluid (C3) is liquid sodium, or eutectic NaK (sodium/potassium), or a gas, or liquid caesium, or mercury.
19. Thermo-acoustic wave generator according to any one of claims 15 to 18, **characterised in that** the radio-isotope is tritium hydride in powder or Pu-235.
20. Energy converter comprising a thermo-acoustic wave generator and means of converting acoustic energy into electrical energy, **characterised in that** the thermo-acoustic wave generator is a generator according to any one of claims 15 to 19 and the means of converting acoustic energy into electrical energy comprise at least one piezo-electric sensor (24, 25).

21. Space reactor, **characterised in that** it has an energy converter according to claim 20.

22. Electrical generator for automobile vehicles, **characterised in that** it has an energy converter according to claim 20.

23. Thermo-acoustic wave generator according to any one of claims 1 to 11 or 15 to 19 **characterised in that** the plates (4) and the blocks (8) are made from Inconel or Incoloy.

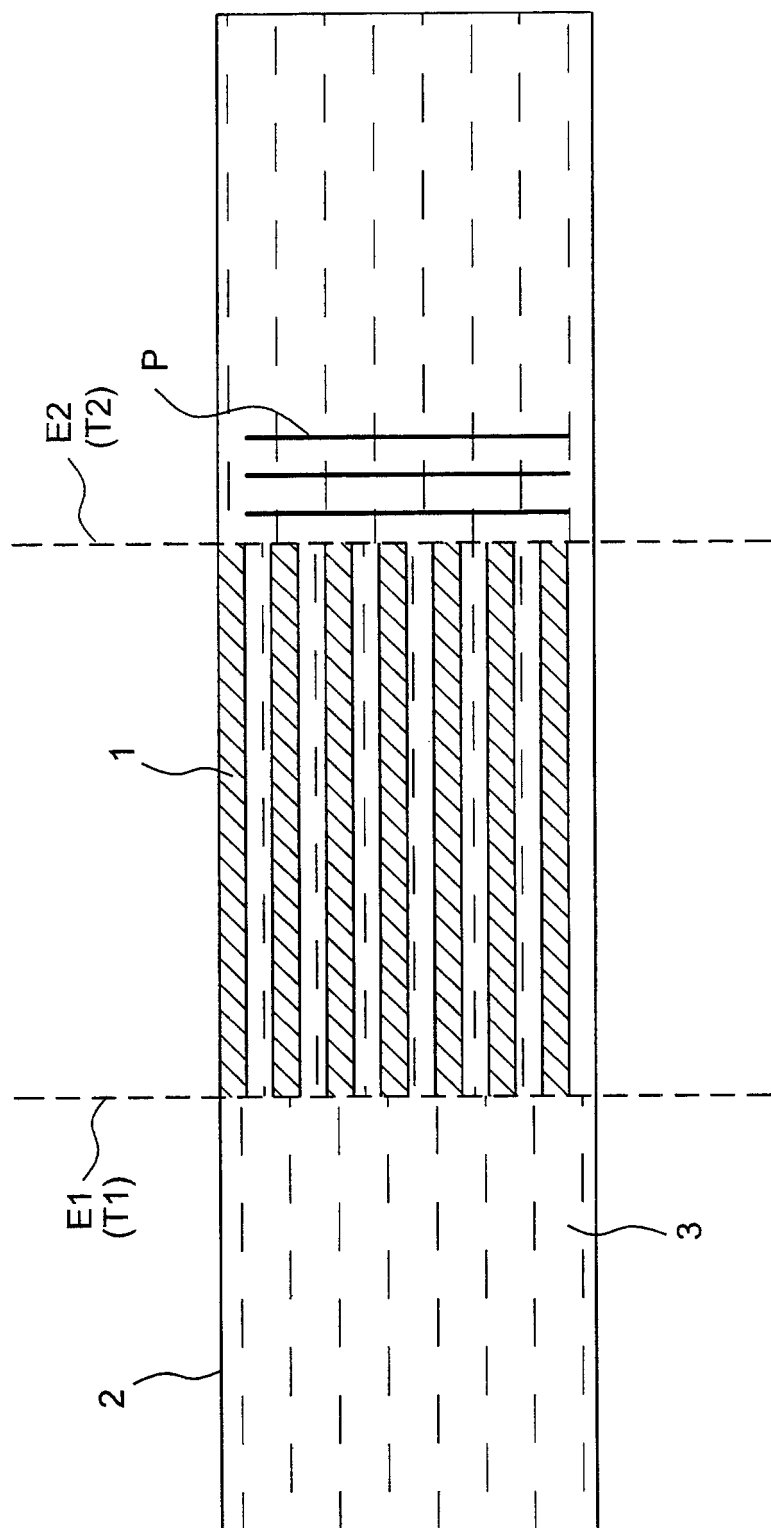


FIG. 1

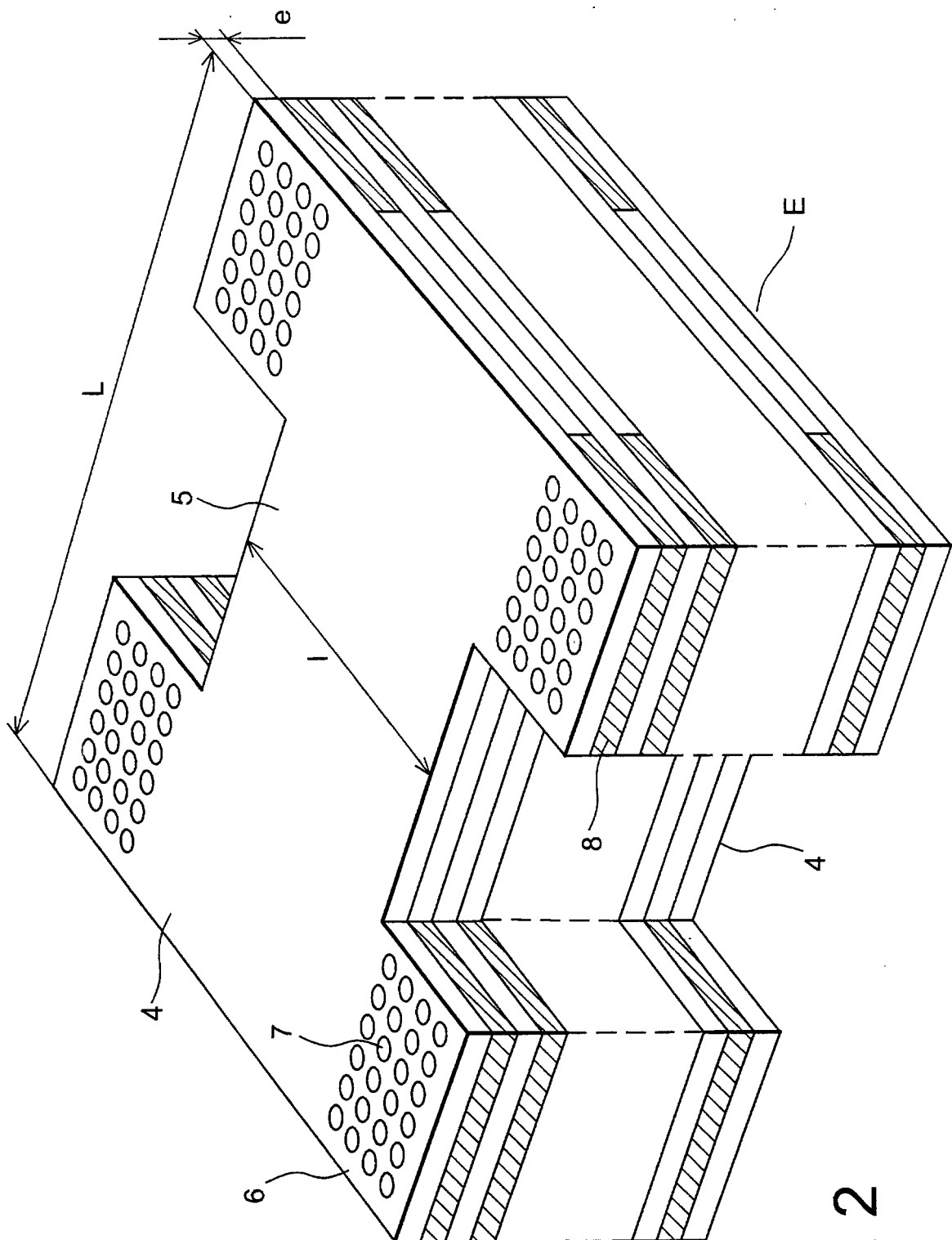


FIG. 2

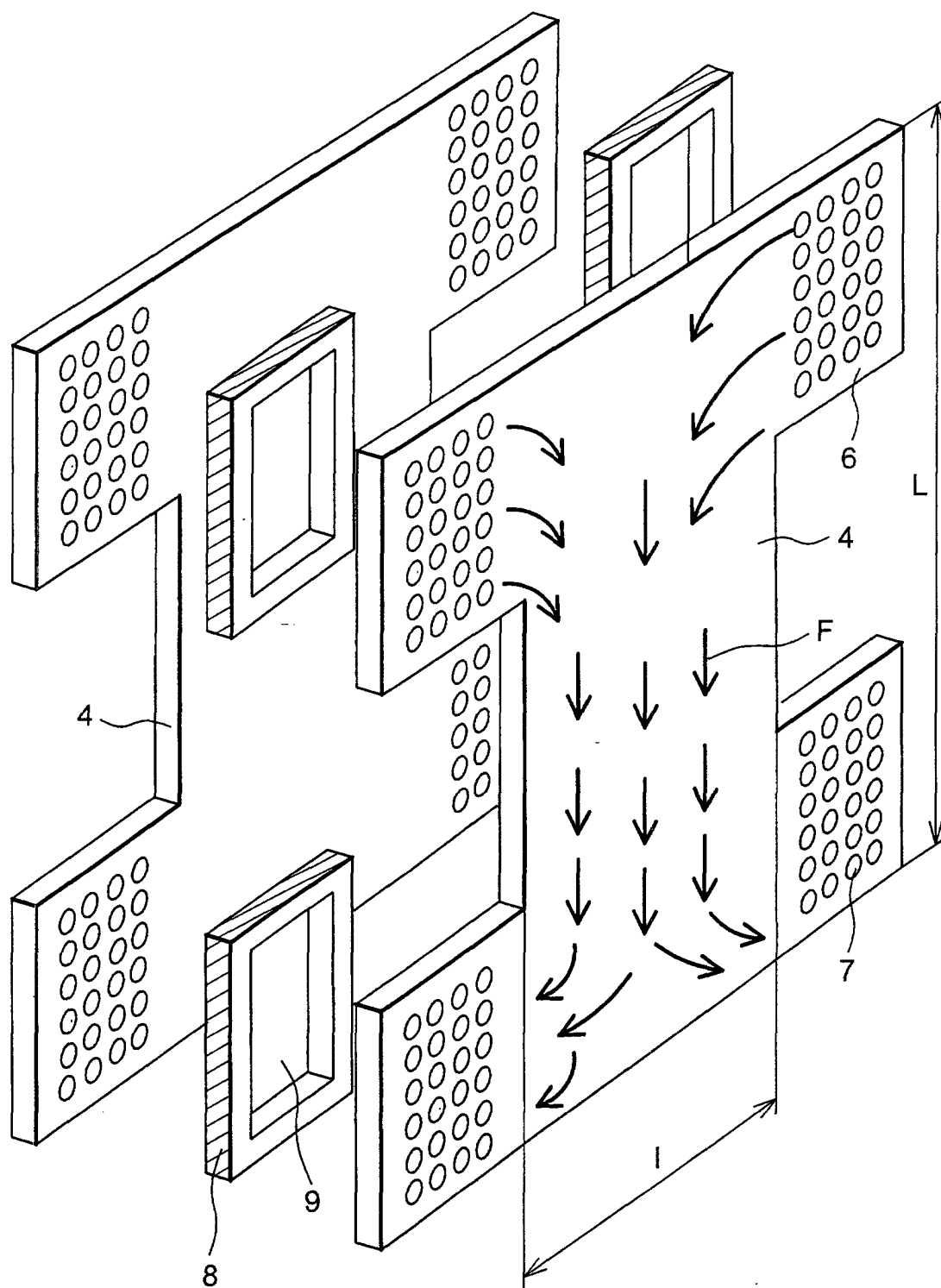


FIG. 3

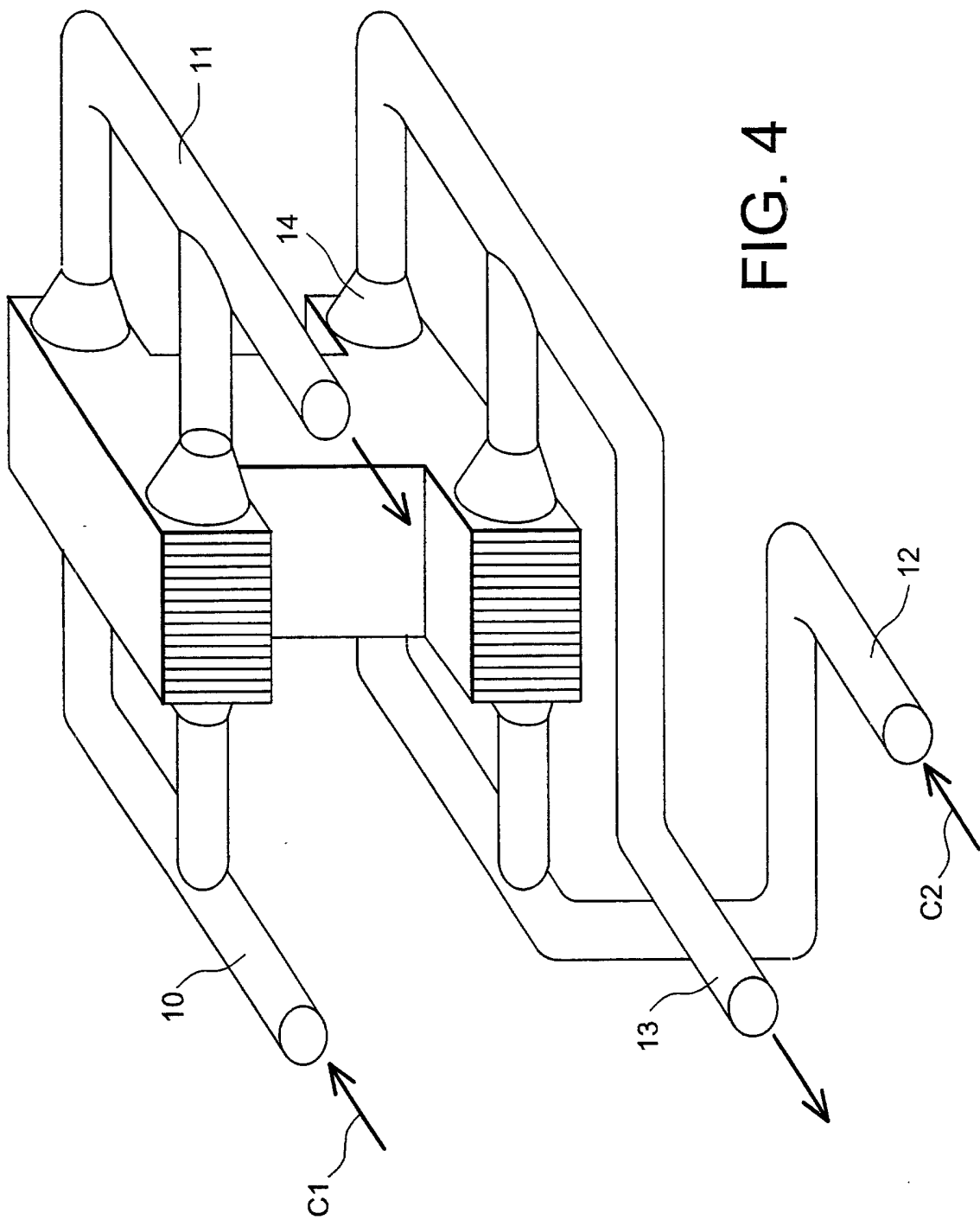


FIG. 4

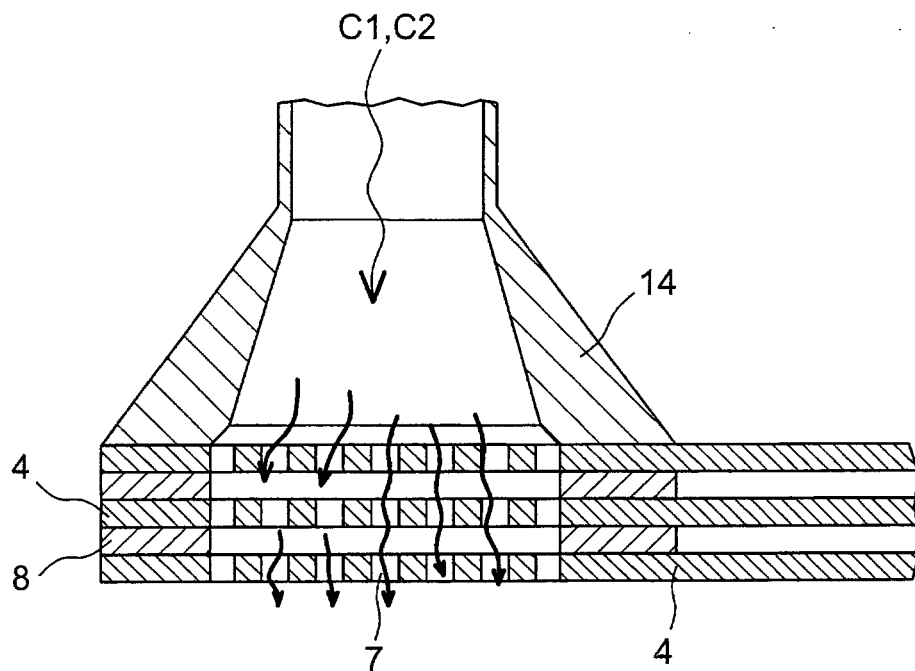


FIG. 5

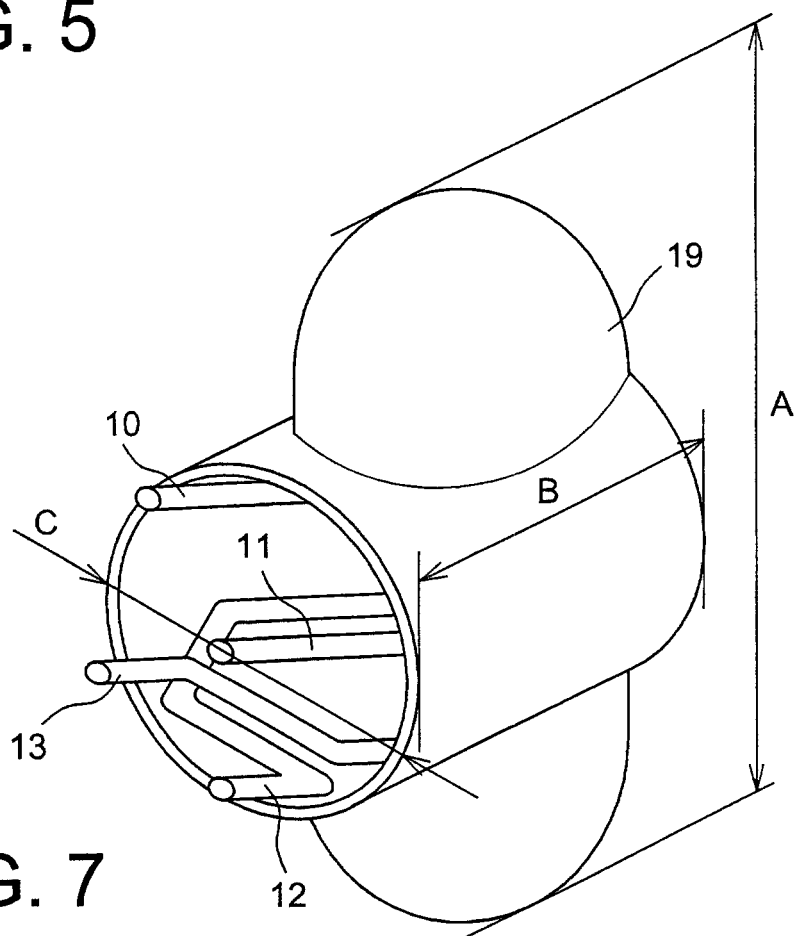


FIG. 7

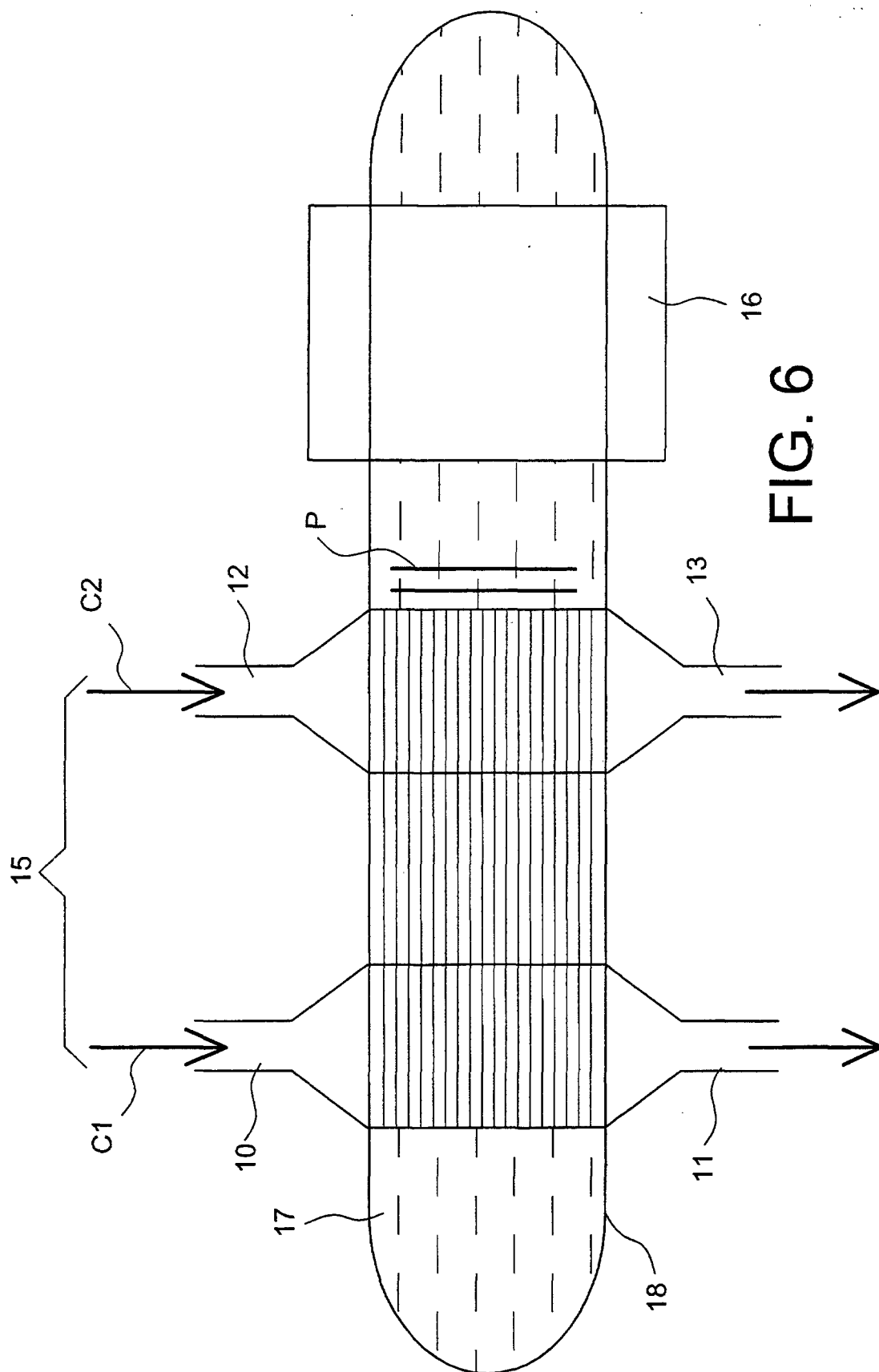


FIG. 6

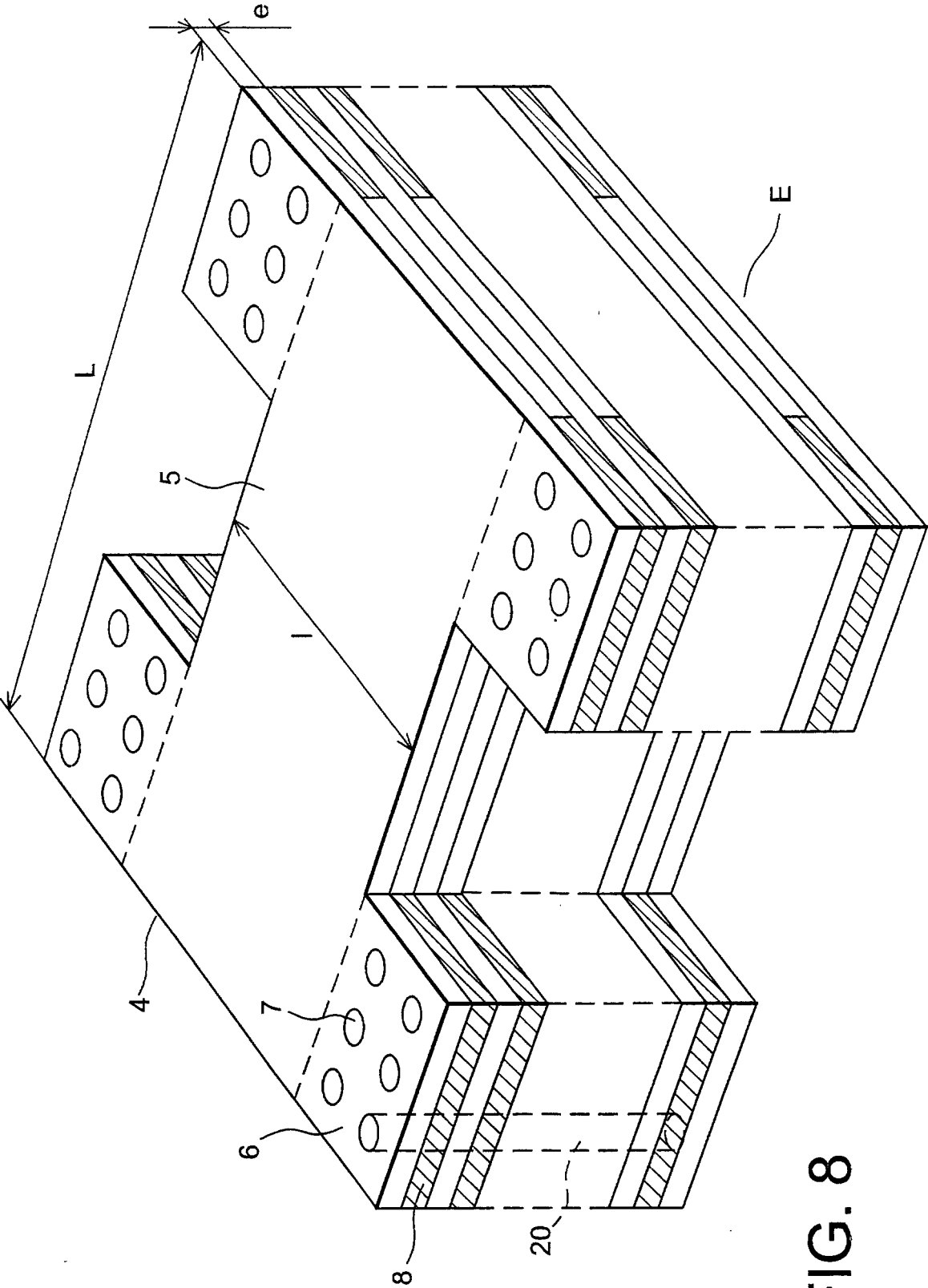


FIG. 8

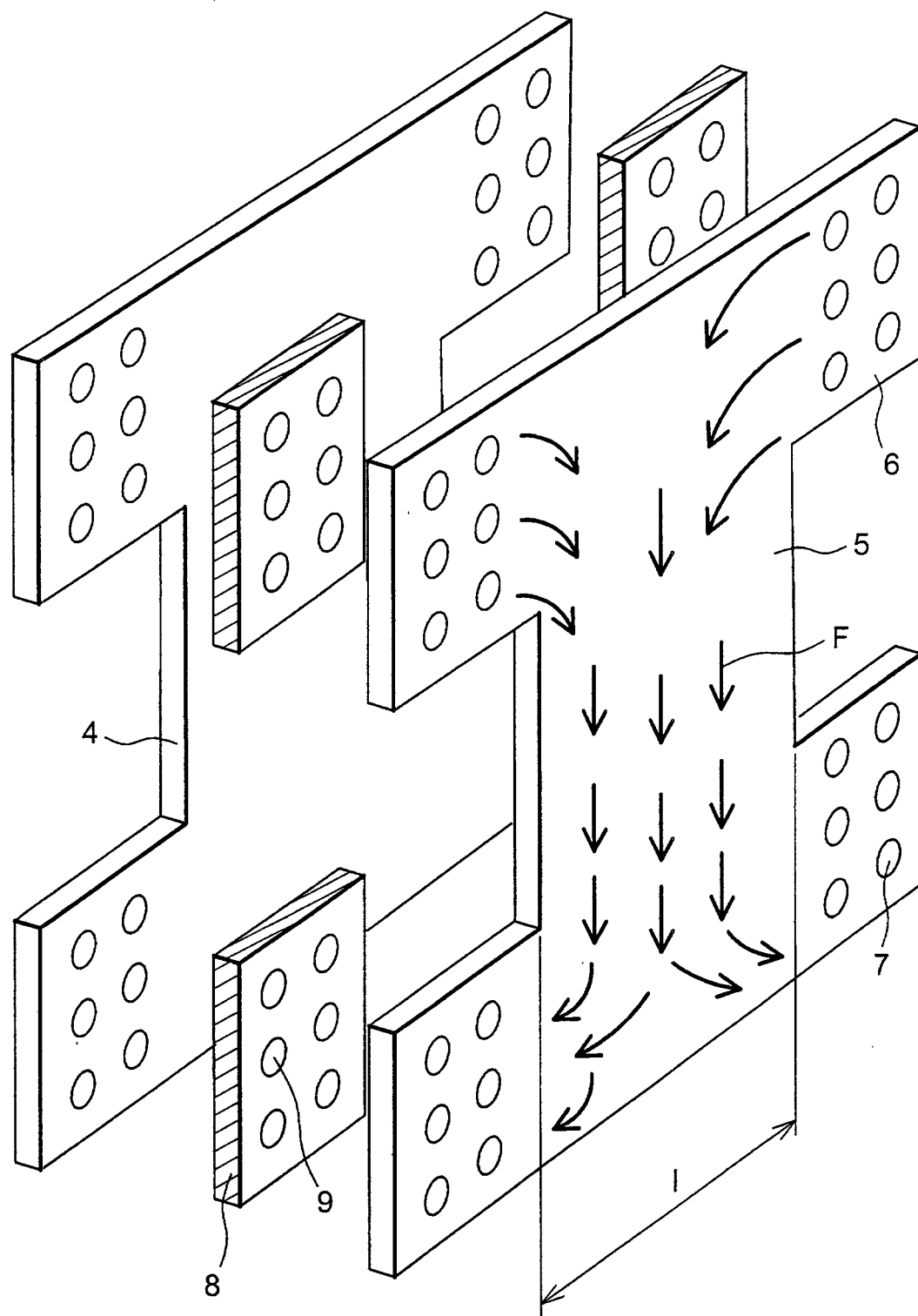


FIG. 9

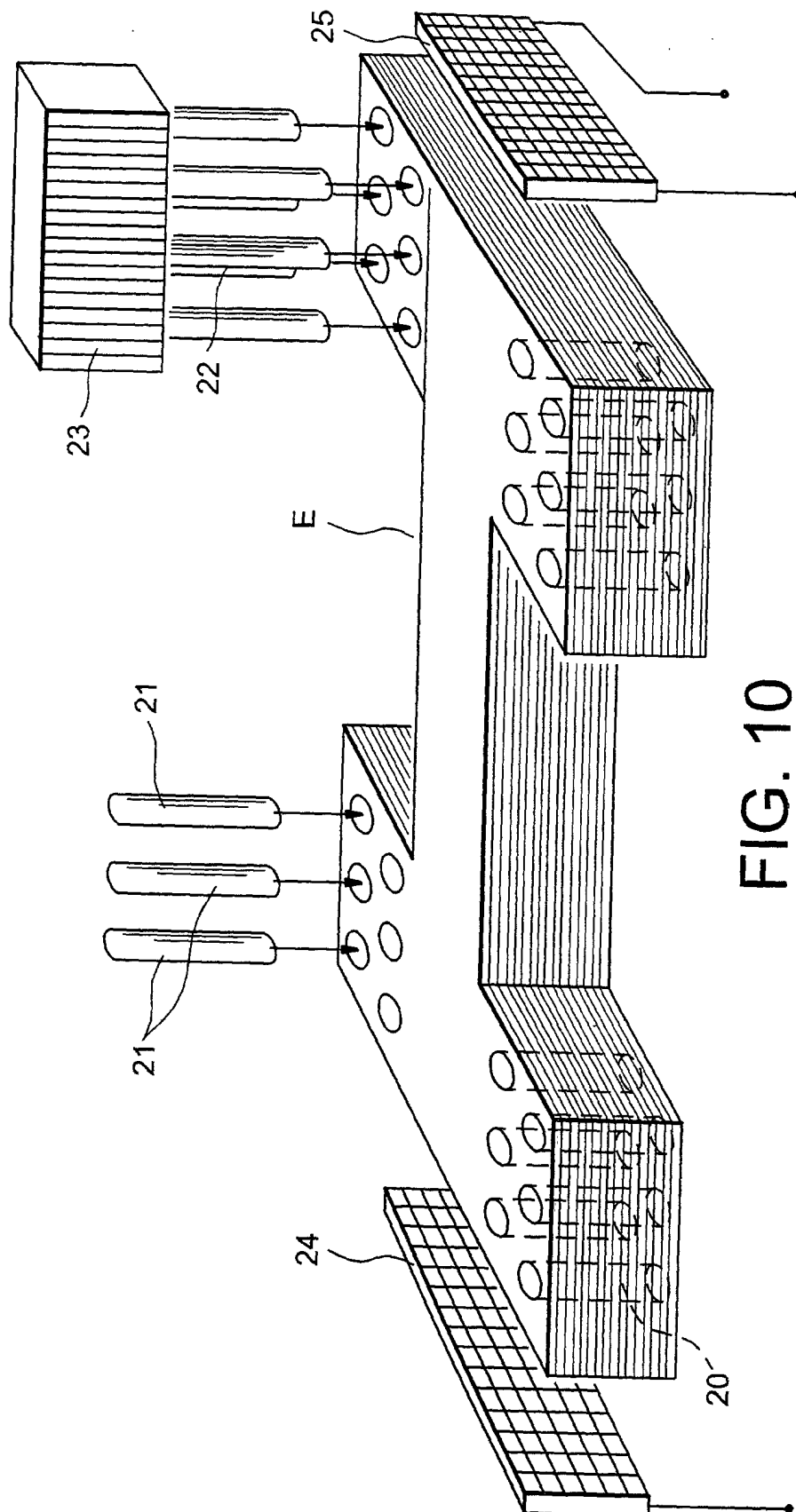


FIG. 10

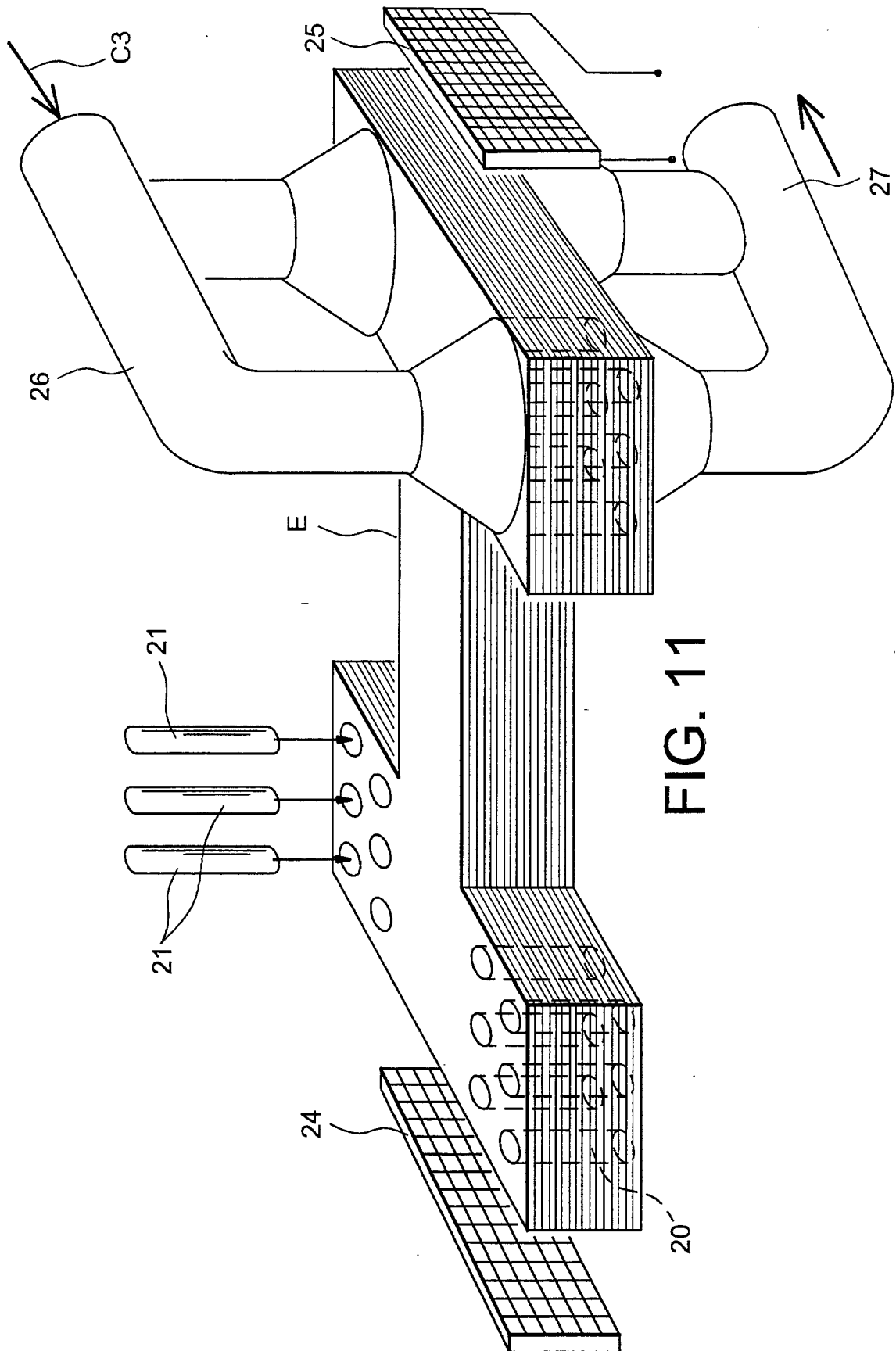


FIG. 11

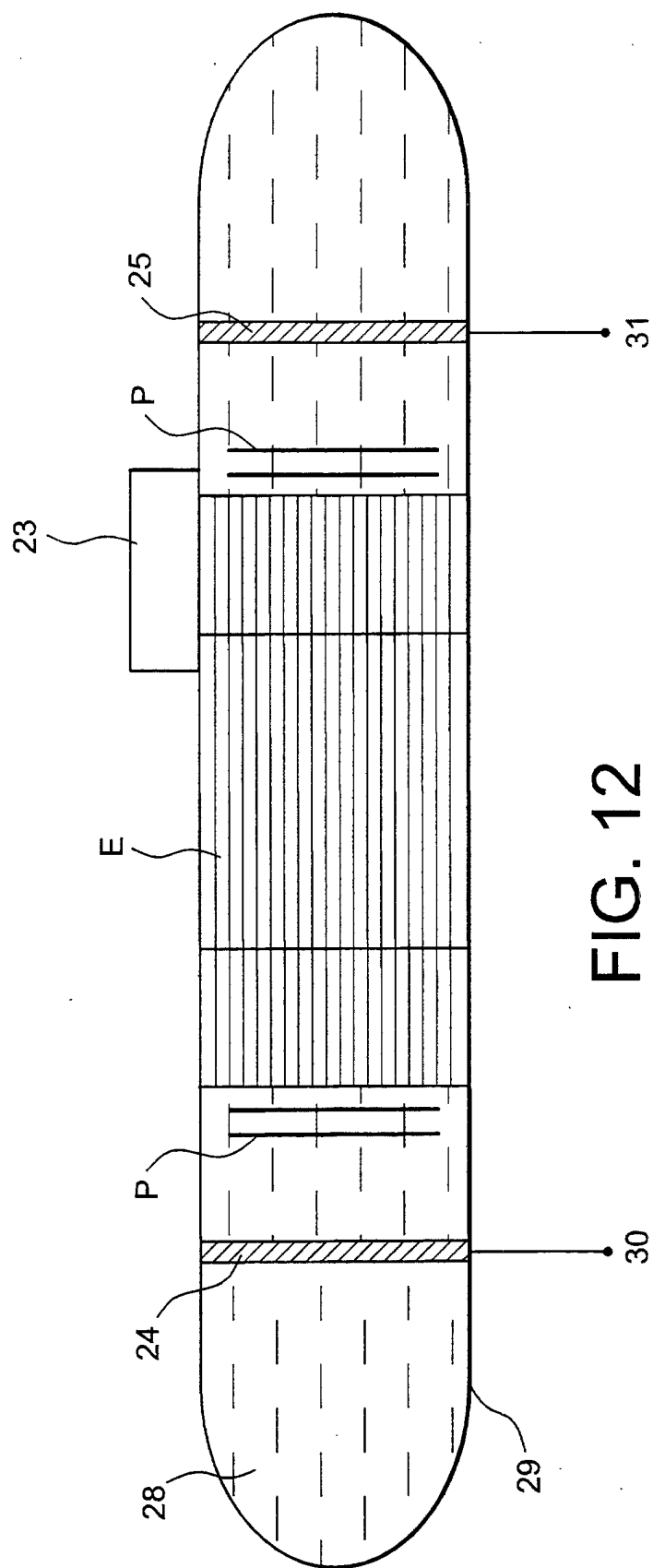


FIG. 12