



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 660 779 A5

⑤① Int. Cl.⁴: F 25 B 23/00
F 25 B 29/00
F 24 J 3/00

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳① Gesuchsnummer: 3355/83

⑦③ Inhaber:
Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft, Winterthur

⑳② Anmeldungsdatum: 20.06.1983

⑳④ Patent erteilt: 15.06.1987

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 15.06.1987

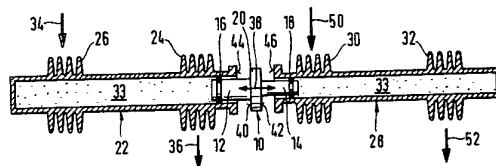
⑦② Erfinder:
Baumann, Heinz, Winterthur

⑤④ Kältemaschine oder Wärmepumpe mit thermoakustischen Antriebs- und Arbeitsteilen.

⑤⑦ Die Kältemaschine oder Wärmepumpe weist einen thermoakustischen Arbeitsteil (28) auf, der mit wenigstens einem thermoakustischen Antriebsteil (22) gekoppelt ist. Die Wärmequelle (34) des Antriebsteils (22) hat eine höhere Temperatur als die Wärmequelle (50) des Arbeitsteils (28).

Beim Einsatz als Kältemaschine in einer Kälteanlage wird ein Kühlbehälter als Wärmequelle im thermoakustischen Arbeitsteil (28) benutzt.

In einer Wärmepumpen-Heizanlage liefert ein Brenner über eine Wärmeübertragungsfläche (26) Wärmeenergie und dient als Wärmequelle im thermoakustischen Antriebsteil (22). Im thermoakustischen Arbeitsteil (28) wird Umgebungswärme als Wärmequelle benutzt. Ein Brauchwasserkreislauf wird als Warmesenke des thermoakustischen Antriebsteils benutzt, während ein Heizwasser-Kreislauf als Warmesenke des thermoakustischen Arbeitsteils benutzt wird.



PATENTANSPRÜCHE

1. Kältemaschine oder Wärmepumpe mit einem thermoakustischen Arbeitsteil, welcher Mittel (50) zur Übertragung von Wärme aus einer Wärmequelle und Mittel (52) zur Übertragung von Wärme in eine Wärmesenke aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der thermoakustische Arbeitsteil (28, 58, 66) mit wenigstens einem thermoakustischen Antriebsteil (22, 56, 64) gekoppelt ist und der bzw. jeder Antriebsteil (22, 56, 64) an eine Wärmequelle (34, 82, 83) mit einer Temperatur anzuschliessen bestimmt ist, die höher ist als die der Wärmequelle (50, 84, 85) des Arbeitsteils (28, 58, 66).

2. Kältemaschine oder Wärmepumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein geschlossener Hohlkörper (22, 28, 54, 62) das Antriebs- oder das Arbeitsteil enthält.

3. Kältemaschine oder Wärmepumpe nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass Antriebs- und Arbeitsteil in einem gemeinsamen rohrförmigen Hohlkörper (54, 62) enthalten sind.

4. Kältemaschine oder Wärmepumpe nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass Antriebs- und Arbeitsteil durch einen Kolben (10) voneinander getrennt sind.

5. Kältemaschine oder Wärmepumpe nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Antriebsteil und das Arbeitsteil jeweils in einem Schenkel (64, 66) eines U-Rohres (62) enthalten sind.

6. Kältemaschine oder Wärmepumpe nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Schenkel (64, 66) des U-Rohres (62) durch eine Flüssigkeit (68) voneinander getrennt sind.

7. Kältemaschine oder Wärmepumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eines der thermoakustischen Teile (22, 56, 64; 28, 58, 66) einen durch Trennwände (76) in parallele Kanäle (78) unterteilten Hohlraum aufweist.

8. Kältemaschine oder Wärmepumpe nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Trennwände (76) Heiz- bzw. Kühlleitungen (80, 81) aufweisen.

9. Kälteanlage mit einer Kältemaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der thermoakustische Arbeitsteil über wärmeübertragende Mittel (30, 87) mit einem Kühlbehälter (84) in thermischer Verbindung steht, wobei die vom Kühlbehälter abgegebene Wärmeenergie als Wärmequelle im thermoakustischen Arbeitsteil (66) benutzt wird.

10. Heizungsanlage mit einer Wärmepumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass im thermoakustischen Antriebsteil (56) wärmeübertragende Mittel (26) angeordnet sind, welche die von einem als Wärmequelle dienenden Brenner (83) abgegebene Wärmeenergie dem Antriebsteil (56) zuführen, dass im thermoakustischen Arbeitsteil (58) wärmeübertragende Mittel (30) angeordnet sind, welche aus der als Wärmequelle benutzten Umgebung (85) dem Arbeitsteil (58) Wärme zuführen, und dass im Antriebsteil (56) wärmeübertragende Mittel (24) angeordnet sind, welche vom Antriebsteil (56) Wärme auf einen als Wärmesenke dienenden Brauchwasserkreislauf (90) übertragen, während im thermoakustischen Arbeitsteil (58) wärmeübertragende Mittel (32) angeordnet sind, welche Wärme auf einen als Wärmesenke dienenden Heizwasser-Kreislauf (89) übertragen.

Die Erfindung betrifft eine Kältemaschine oder Wärmepumpe mit einem thermoakustischen Arbeitsteil, welcher Mittel zur Übertragung von Wärme aus einer Wärmequelle und Mittel zur Übertragung von Wärme in eine Wärmesenke aufweist.

Eine solche Kältemaschine bzw. Wärmepumpe ist z.B. in der Dissertation von Peter Merkli, «Theoretische und experimentelle thermoakustische Untersuchungen am kolbengetriebenen Resonanzrohr», Eidgenössische Technische Hoch-

schule, Zürich, 1973, Seiten 43 bis 45 und 73, beschrieben. Dabei wird die Luft an einem als thermoakustischen Arbeitsteil dienenden Resonanzrohr am unteren Ende desselben mittels eines Kolbens zu Schwingungen angeregt, während das obere Ende durch einen verstellbaren Dorn, der zugleich einen Druckgeber enthält, abgeschlossen ist. Für diese Vorrichtung kann man einen Gütegrad als Quotienten aus Kühlleistung und aufgewendeter mechanischer Energie des Kolbens definieren, analog zur Wärmepumpe.

Diese Vorrichtung weist jedoch den Nachteil auf, dass zum Antrieb des Kolbens eine verhältnismässig komplizierte Antriebseinrichtung benötigt wird, damit dieser eine sogenannte Sinusbewegung ausübt. Falls keine Sinusbewegung gewährleistet ist, wird im Resonanzrohr nicht nur die Grundschwingung angeregt, sondern es werden auch höhere harmonische Schwingungen erzeugt. Diese wirken sich besonders ungünstig aus in der Nähe von Resonanzen. Ein weiterer Nachteil ergibt sich bei der Schmierung und Kühlung des Sinusgetriebes und des Kolbens. Das beschriebene Kühlen und Schmieren durch Anblasen mit Druckluft, die mit einem Ölnebel vermischt wird, ist verhältnismässig kompliziert und gewährleistet keine genügende Betriebssicherheit.

Demgegenüber ist es Aufgabe der Erfindung, eine Wärmepumpe bzw. Kältemaschine der eingangs genannten Art zu schaffen, welche in bezug auf den Antrieb wesentlich einfacher und betriebssicherer ist.

Die Lösung dieser Aufgabe wird durch die Massnahmen herbeigeführt, dass das thermoakustische Arbeitsteil mit wenigstens einem thermoakustischen Antriebsteil gekoppelt ist und der bzw. jeder Antriebsteil an eine Wärmequelle mit einer Temperatur anzuschliessen bestimmt ist, die höher ist als die der Wärmequelle des Arbeitsteils.

Hierdurch lässt sich erreichen, dass die thermoakustische Schwingung im ersten Teil als Antrieb für die thermoakustische Schwingung im zweiten Teil dient, so dass der Umweg über einen mechanischen Antrieb entfällt. Indem thermische Energie direkt zur Erzeugung der thermoakustischen Schwingung im Arbeitsteil genutzt werden kann, wird der Gesamtwirkungsgrad erhöht, und die Gesamtanlage kann wesentlich einfacher und kompakter gestaltet werden. Durch Wegfall der mechanischen Antriebsteile mit den damit verbundenen Verschleiss- und Schmierproblemen wird die Betriebssicherheit zudem wesentlich erhöht.

Da sich im Antriebsteil auch Wärmequellen mit verhältnismässig tiefen Temperaturen verwenden lassen, wird zudem der Einsatzbereich der Wärmepumpen bzw. Kältemaschine erweitert.

Nach einer besonders vorteilhaften Ausführung der Erfindung kann wenigstens ein geschlossener Hohlkörper das Antriebs- bzw. Arbeitsteil enthalten. Hierdurch können verschiedene thermoakustische Arbeitsmedien sowie Hohlkörper verschiedener Grösse zur Anwendung gelangen.

Das Antriebs- und Arbeitsteil können in einem gemeinsamen rohrförmigen Hohlkörper enthalten sein. Dabei wird der Vorteil einer direkten Übertragung der thermoakustischen Schwingung vom Antriebsteil auf das Arbeitsteil erreicht.

Weiter können Antriebs- und Arbeitssystem durch einen Kolben voneinander getrennt sein. Dabei ergibt sich der Vorteil, dass Antriebs- und Arbeitsteil verschiedene Kolbendurchmesser aufweisen können.

Das Antriebs- und Arbeitsteil können in den Schenkeln eines U-Rohres enthalten sein. Hierdurch wird eine besonders kompakte räumliche Anordnung der Teile erreicht.

Dabei können die Schenkel des U-Rohres durch eine Flüssigkeit voneinander getrennt sein. Hierdurch lässt sich eine besonders einfache Trennung der Teile erreichen, so dass z.B. mit verschiedenen Arbeitsmedien gearbeitet werden kann.

Mindestens eines der thermoakustischen Teile kann einen durch Trennwände in parallele Kanäle unterteilten Hohlraum

aufweisen. Hierdurch lässt sich eine zusätzliche Verbesserung des Wirkungsgrades erreichen.

Dabei können die Trennwände als Heiz- bzw. Kühlwände ausgebildet sein. Hierdurch wird eine besonders wirkungsvolle Heizung bzw. Kühlung der einzelnen Kanäle herbeigeführt.

Die Kältemaschine oder Wärmepumpe kann in einer Kälteanlage angewendet werden, wobei der thermoakustische Arbeitsteil über wärmeübertragende Mittel mit einem Kühlbehälter in thermischer Verbindung steht, wobei die vom Kühlbehälter abgegebene Wärmeenergie als Wärmequelle im thermoakustischen Arbeitsteil benutzt wird.

Schliesslich kann die Kältemaschine oder Wärmepumpe in einer Heizungsanlage angewendet werden, wobei im thermoakustischen Antriebsteil wärmeübertragende Mittel angeordnet sind, welche die von einem als Wärmequelle dienenden Brenner abgegebene Wärmeenergie dem Antriebsteil zuführen, dass im thermoakustischen Arbeitsteil wärmeübertragende Mittel angeordnet sind, welche aus der als Wärmequelle benutzten Umgebung dem Arbeitsteil Wärme zuführen, und dass im Antriebsteil wärmeübertragende Mittel angeordnet sind, welche vom Antriebsteil Wärme auf einen als Wärmesenke dienenden Brauchwasserkreislauf übertragen, während im thermoakustischen Arbeitsteil wärmeübertragende Mittel angeordnet sind, welche Wärme auf einen als Wärmesenke dienenden Heizwasser-Kreislauf übertragen.

Die nähere Erläuterung der Erfindung erfolgt anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit nachstehender Zeichnung. Es zeigen:

Fig. 1 eine erste Ausführung der Erfindung mit einer an sich bekannten Kolbenmaschine als Arbeitsteil, welche mit einem thermoakustischen Antriebsteil gekoppelt ist,

Fig. 2 eine Ausführung der Erfindung ohne mechanischen Kolben,

Fig. 3 eine Ausführung der Erfindung mit einem U-Rohr, in welchem eine als Kolben dienende Flüssigkeit enthalten ist,

Fig. 4 eine Weiterbildung der Ausführung gemäss Fig. 3,

Fig. 5 ein Anwendungsbeispiel der erfindungsgemässen Kältemaschine bzw. Wärmepumpe in einer Kälteanlage und

Fig. 6 ein Anwendungsbeispiel der erfindungsgemässen Kältemaschine bzw. Wärmepumpe in einer Heizungsanlage.

Ein Doppelkolben 10 (Fig. 1) weist zwei Teilkolben 12, 14 mit Kolbenringen 16, 18 auf, wobei der Teilkolben 12 über das Mittelstück 20 mit dem Teilkolben 14 verbunden ist und grösseren Durchmesser aufweist als dieser. Der Teilkolben 12 gleitet in einem einseitig geschlossenen Rohr 22 mit Wärmeübertragungsflächen 24, 26, während der Teilkolben 14 im entsprechenden Rohr 28 mit den Wärmeübertragungsflächen 30, 32 geführt ist. In den Rohren befindet sich ein gasförmiges Medium 33, z.B. Luft.

Für ein Betriebsbeispiel der beschriebenen Kältemaschine bzw. Wärmepumpe wird angenommen, dass das Rohr 22 als thermoakustisches Antriebsteil vorgesehen ist, wobei die Wärmeübertragungsfläche 26 gemäss dem Pfeil 34 mit Heissluft als Wärmequelle bestrichen wird, während von der Wärmeübertragungsfläche 24 Wärme an die als Wärmesenke dienende Umgebung bzw. ein Heizsystem gemäss dem Pfeil 36 abgeführt wird.

Dabei werden thermoakustische Schwingungen im Rohr 22 angefacht, durch welche der Doppelkolben 10 gemäss Doppelpfeil 38 in eine oszillierende Bewegung versetzt wird, welche durch die Anschlagflächen 40, 42 am Mittelstück 20 bzw. 44, 46 an den Rohren 22, 28 begrenzt wird. Durch die oszillierende Bewegung des Teilkolbens 14 im als Arbeitsteil dienenden Rohr 28 werden thermoakustische Schwingungen in diesem angefacht, wobei der Wärmeübertragungsfläche 30 Wärme aus einem Kühlbehälter bzw. aus der Umgebung als Wärmequelle gemäss Pfeil 50 zugeführt wird und von der

Wärmeübertragungsfläche 32 Wärme gemäss Pfeil 52 an die als Wärmesenke dienende Umgebung bzw. an das Heizsystem abgeführt wird. Die Temperatur der Wärmeübertragungsfläche 30 ist dabei niedriger als die Temperatur der Wärmeübertragungsfläche 32. Dabei ist die Temperatur der Wärmequelle gemäss den Pfeilen 34 höher als diejenige gemäss den Pfeilen 50.

Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 sind die Wärmeübertragungsflächen 24, 26 bzw. 30, 32 an einem einzigen beidseitig geschlossenen Rohr 54 angebracht, dessen Rohrteile 56, 58 als Antriebs- bzw. Arbeitsteil dienen.

Der Betrieb entspricht im wesentlichen dem vorherigen Beispiel, mit dem Unterschied, dass die im Rohrteil 56 angefachten thermoakustischen Schwingungen direkt gemäss Doppelpfeil 60 auf den Rohrteil 58 durch das gasförmige Medium 33 übertragen werden.

Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 ist statt des Rohres 54 ein U-Rohr 62 vorgesehen, dessen Schenkel mit 64, 66 bezeichnet sind. Im unteren Teil des U-Rohres befindet sich ein flüssiges Medium 68.

Der Betrieb entspricht im wesentlichen dem Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 1, mit dem Unterschied, dass in diesem Fall das flüssige Medium 68 als Kolben dient und eine oszillierende Bewegung gemäss Doppelpfeil 70 ausführt.

Beim Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 4 sind die Schenkel 72, 74 des U-Rohres 62 durch Trennwände 76 in parallele Kanäle 78 unterteilt. Durch Bohrungen 80, 81, welche als Heiz- bzw. Kühlleitungen für ein Wärmeübertragungsmedium dienen, sind die Trennwände 76 als Heiz- bzw. Kühlwände ausgebildet, wobei die Wärmezufuhr bzw. Wärmeabfuhr sowie der Betrieb dem Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 3 entspricht. Durch die parallelen Kanäle 78 wird jedoch eine Erhöhung der Nutzleistung erzielt, da die Kanäle einer Vielzahl von parallel geschalteten thermoakustischen Schwingungssystemen entsprechen.

Beim Anwendungsbeispiel in einer Kälteanlage (Fig. 5) dient eine Elektroheizung 82 als Wärmequelle im thermoakustischen Antriebsteil 64, während im thermoakustischen Arbeitsteil 66 ein Kühlbehälter 84 als Wärmequelle dient.

Über einen Kühlkreislauf 86 mit einer Wärmeübertragungsfläche 87 und einer Pumpe 88 ist der Kühlbehälter 84 mit dem thermoakustischen Arbeitsteil 66 verbunden.

Beim Betrieb der Anlage wird von der Wärmequelle 82 ein Wärmestrom von 100 Watt bei einer Temperatur von 350 °C zugeführt, während von der Wärmequelle 84 ein Wärmestrom von 75 Watt bei -10 °C zugeführt wird, was somit der Kälteleistung bezüglich des Kühlbehälters 84 entspricht. Bei den Wärmeübertragungsflächen 24, 32 wird jeweils ein Wärmestrom von 80 bzw. 95 Watt mit einer Temperatur von 20 °C an die als Wärmesenke dienende Umgebung abgeführt.

Beim Anwendungsbeispiel in einer Heizungsanlage (Fig. 6) dient ein Öl- oder Gasbrenner 83 als Wärmequelle im thermoakustischen Antriebsteil 56, während im thermoakustischen Arbeitsteil 58 ein Umgebungswärme-Keislauf 85 als Wärmequelle dient. Als Wärmesenke im thermoakustischen Antriebsteil 56 dient ein Brauchwasserkreislauf 90, während ein Heizwasserkreislauf 89 als Wärmesenke im thermoakustischen Arbeitsteil 58 dient.

Beim Betrieb der Anlage wird der Wärmeübertragungsfläche 26 von der Wärmequelle 83 ein Wärmestrom von 10 kW bei einer Temperatur von 450 °C zugeführt, während der Wärmeübertragungsfläche 30 ein Wärmestrom von 6 kW bei 0 °C von der als Wärmequelle dienenden Umgebung zugeführt wird. Dem Brauchwasserkreislauf 90 wird ein Wärmestrom von 7,8 kW bei einer Temperatur von 55 °C zugeführt, während dem Heizwasserkreislauf ein Wärmestrom von 8,2 kW bei 40 °C zugeführt wird.

Es versteht sich, dass die Rohre 22, 28 bzw. Schenkel 64, 66 auch verschiedene Medien enthalten können.

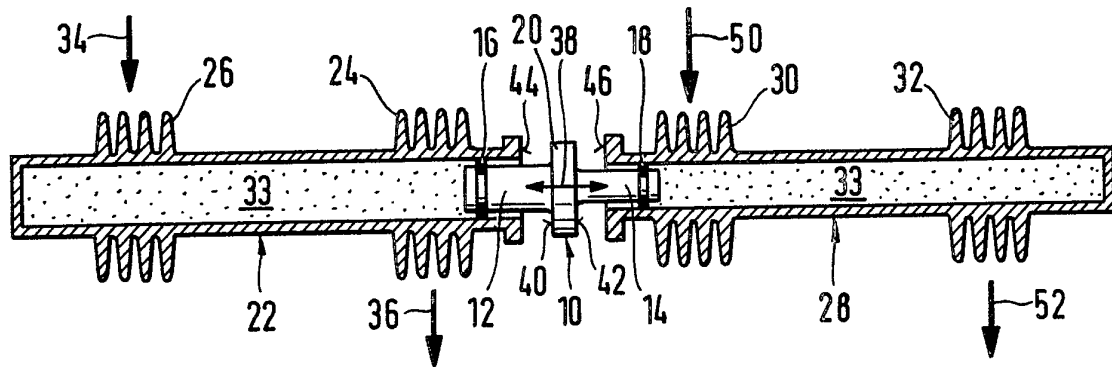


Fig. 1

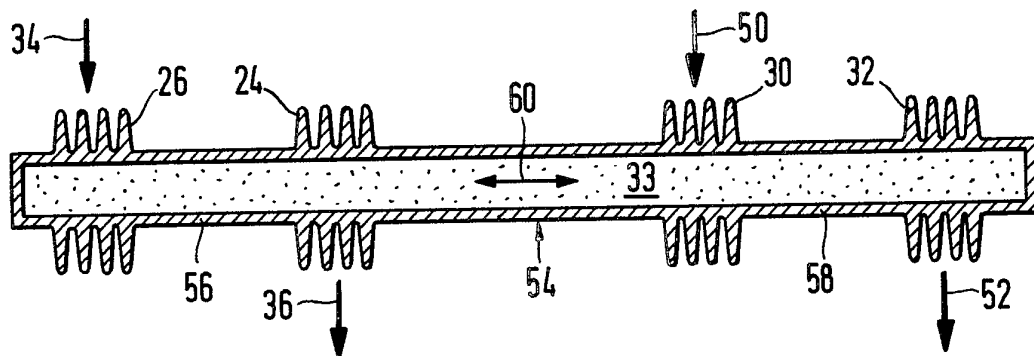


Fig. 2

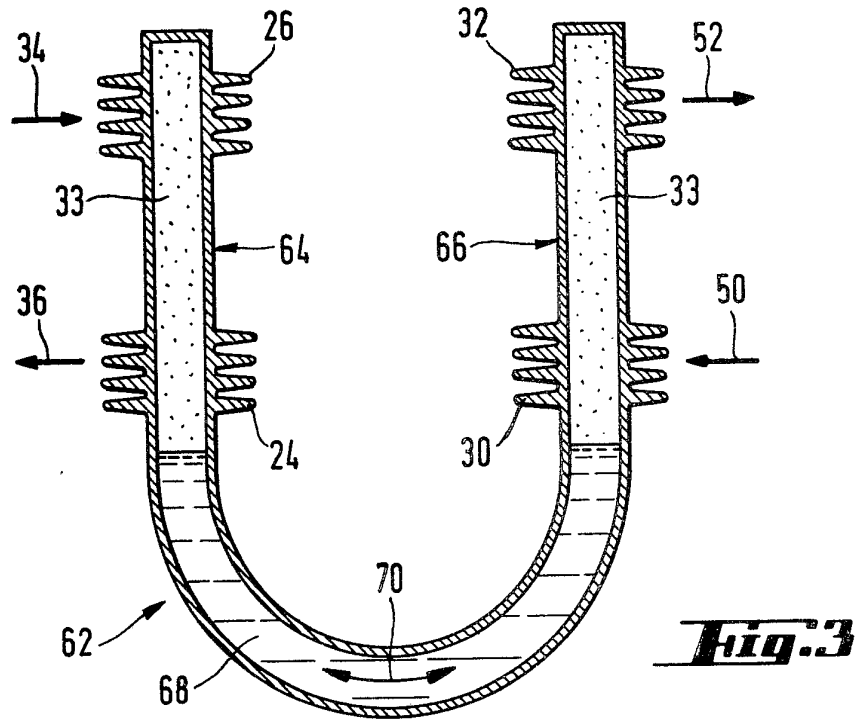


Fig. 3

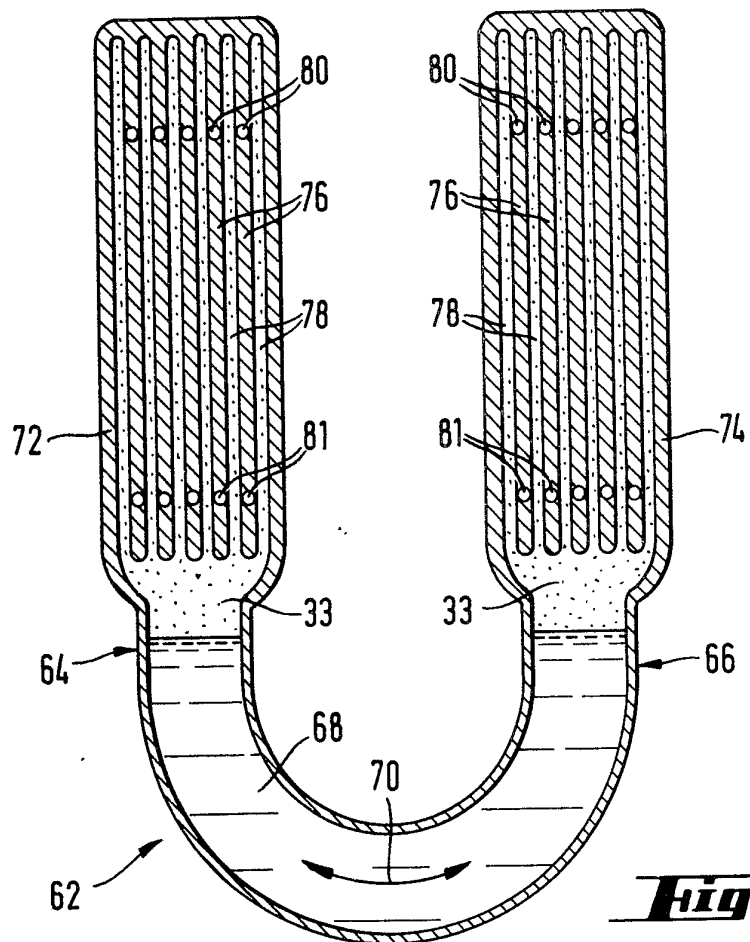


Fig. 4

