



(11) **EP 4 339 534 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
20.03.2024 Patentblatt 2024/12

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F25B 3/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22195656.8**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F25B 3/00

(22) Anmeldetag: **14.09.2022**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **ADLER, Bernhard**
2440 Gramatneusiedl (AT)
• **RAKUSCH, Christian**
3021 Pressbaum (AT)
• **LÄNGAUER, Andreas**
1230 Wien (AT)
• **ERHARD, Johannes**
8020 Graz (AT)

(71) Anmelder: **Ecop Technologies GmbH**
4531 Neuhofen an der Krems (AT)

(74) Vertreter: **SONN Patentanwälte GmbH & Co KG**
Riemergasse 14
1010 Wien (AT)

(54) **ROTOR**

(57) Rotor (1), insbesondere Rotationswärmepumpe, aufweisend:
eine Rotationsachse (2),
eine Anzahl von Verdichtungskanälen (15), in welchen ein Arbeitsmedium, insbesondere ein Gas, bevorzugt ein Edelgas, zur Druckerhöhung aufgrund der Zentrifugalbeschleunigung von der Rotationsachse (2) weggeführt wird,
eine Anzahl von Entspannungskanälen (20), in welchen das Arbeitsmedium zur Druckverringerung aufgrund der Zentrifugalbeschleunigung zur Rotationsachse (2) hin geführt wird,
eine Anzahl von ersten Wärmeübertragungskanälen (18) für das Arbeitsmedium und
eine Anzahl von zweiten Wärmeübertragungskanälen

(22) für ein Wärmeträgermedium, insbesondere eine Flüssigkeit, so dass Wärme zwischen dem in den ersten Wärmeübertragungskanälen (18) strömenden Arbeitsmedium und dem in den zweiten Wärmeübertragungskanälen (22) strömenden Wärmeträgermedium übertragen wird,
eine Anzahl von ersten (10) und zweiten Rotorplatten (11), welche die Verdichtungskanäle (15), die Entspannungskanäle (20), die ersten Wärmeübertragungskanäle (18) für das Arbeitsmedium und die zweiten Wärmeübertragungskanäle (22) für das Wärmeträgermedium aufweisen,
wobei die ersten (10) und die zweiten Rotorplatten (11) entlang ihrer Hauptstreckungsebenen miteinander verbunden sind.

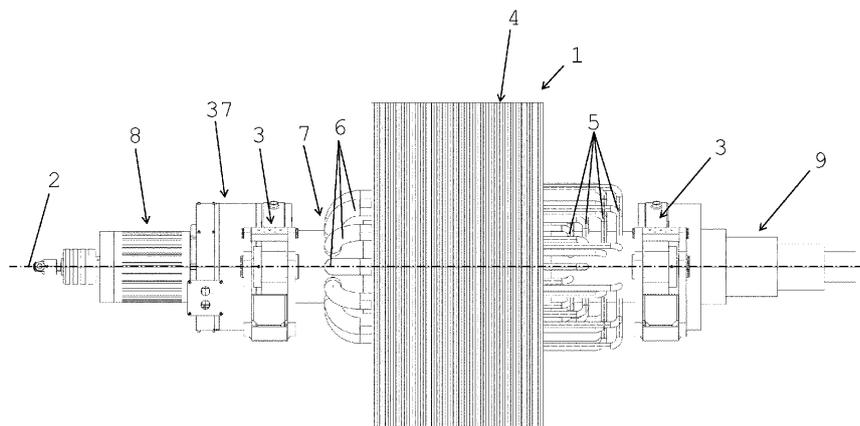


Fig. 1

EP 4 339 534 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Rotor, insbesondere eine Rotationswärmepumpe, aufweisend:

eine Rotationsachse,
 eine Anzahl von Verdichtungskanälen, in welchen ein Arbeitsmedium, insbesondere ein Gas, bevorzugt ein Edelgas, zur Druckerhöhung aufgrund der Zentrifugalkraft von der Rotationsachse weggeführt wird,
 eine Anzahl von Entspannungskanälen, in welchen das Arbeitsmedium zur Druckverringerung aufgrund der Zentrifugalkraft zur Rotationsachse hin geführt wird,
 eine Anzahl von ersten Wärmeübertragungskanälen für das Arbeitsmedium und
 eine Anzahl von zweiten Wärmeübertragungskanälen für ein Wärmeträgermedium, insbesondere eine Flüssigkeit, so dass Wärme zwischen dem in den ersten Wärmeübertragungskanälen strömenden Arbeitsmedium und dem in den zweiten Wärmeübertragungskanälen strömenden Wärmeträgermedium übertragen wird.

[0002] Aus der WO 2015/103656 ist eine Rotationswärmepumpe bekannt, bei welcher die Zentrifugalbeschleunigung des Rotors genutzt wird, um verschiedene Druck- bzw. Temperaturniveaus zu erzeugen. Dem verdichteten Arbeitsmedium wird hierbei Wärme hoher Temperatur entzogen und dem entspannten Arbeitsmedium wird Wärme vergleichsweise niedriger Temperatur zugeführt. Zu diesem Zweck weist die Rotationswärmepumpe innere Wärmetauscher und äußere Wärmetauscher auf, welche im Wesentlichen parallel zur Drehachse des Rotors angeordnet sind. Die inneren Wärmetauscher sind für einen Wärmeaustausch bei niedrigerer Temperatur und die äußeren Wärmetauscher für einen Wärmeaustausch bei höherer Temperatur eingerichtet. Dieser Typ von Rotationswärmepumpen bringt wesentliche Vorteile gegenüber stationären Wärmepumpen mit sich. Nachteilig ist jedoch der hohe Konstruktionsaufwand der bekannten Rotationswärmepumpe. Darüber hinaus gibt es Verbesserungsbedarf hinsichtlich der Rotordynamik, welche beim Stand der Technik durch die mechanische Verbindung der einzelnen Komponenten beeinträchtigt wird. Schließlich gibt es stets Bestrebungen, die Effizienz solcher Rotationswärmepumpen (COP - Coefficient of Performance) weiter zu steigern.

[0003] Somit stellt sich die vorliegende Erfindung der Aufgabe, zumindest einzelne Nachteile des Standes der Technik zu lindern bzw. zu beheben. Die Erfindung setzt sich bevorzugt zum Ziel, einen Rotor zu schaffen, welcher geringen Konstruktionsaufwand mit hohem Wirkungsgrad verbindet.

[0004] Diese Aufgabe wird durch einen Rotor nach Anspruch 1 und ein Verfahren nach Anspruch 13 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen sind in den abhängigen

Ansprüchen angegeben.

[0005] Erfindungsgemäß sind eine Anzahl von ersten und zweiten Rotorplatten vorgesehen, wobei die ersten und/oder die zweiten Rotorplatten die Verdichtungskanäle, die Entspannungskanäle, die ersten Wärmeübertragungskanäle für das Arbeitsmedium und die zweiten Wärmeübertragungskanäle für das Wärmeträgermedium aufweisen, wobei die ersten und die zweiten Rotorplatten entlang ihrer Haupterstreckungsebenen miteinander verbunden sind.

[0006] Die Anordnung aus den ersten und den zweiten Rotorplatten bildet ein kompaktes und gegenüber Rotationskräften besonders stabiles Rotorelement, welches die beim Stand der Technik in einzelne Komponenten wie innere und äußere Wärmetauscher sowie Entspannungs- und Verdichtungskanäle aufgetrennten Funktionen in sich vereint. Zur Ausbildung des Rotorelements sind die ersten und die zweiten Rotorplatten in Kontakt miteinander gestapelt und an ihren aufeinandertreffenden Haupterstreckungsebenen miteinander verbunden. In den ersten und/oder in den zweiten Rotorplatten strömt das Arbeitsmedium durch Strömungskanäle, welche die ersten Wärmeübertragungskanäle, die Verdichtungskanäle und die Entspannungskanäle bilden. Entsprechend strömt das Wärmeträgermedium durch die zweiten Wärmeübertragungskanäle der ersten und/oder zweiten Rotorplatten, um eine Wärmeübertragung mit dem Arbeitsmedium zu ermöglichen. Im Stand der Technik waren bereits sogenannte "Micro Channel Diffusion Bonded Heat Exchanger" bekannt, vgl. z.B. EP 3 885 691 A1, bei denen ein Stapel von Wärmetauscherplatten mit integrierten Strömungspassagen durch Diffusionsverbindungen (diffusion bonds) miteinander verbunden sind. Die Erfindung ersetzt nun aber nicht nur die inneren und die äußeren Wärmetauscher bekannter Rotationswärmepumpen durch diesen Typ von Wärmetauscher, sondern integriert zudem die Entspannungs- und die Verdichtungskanäle in die ersten bzw. zweiten Rotorplatten des Rotorelements. Somit wird nicht nur der Wärmeübergang zwischen dem Arbeits- und dem Wärmeträgermedium, sondern auch die Verdichtung des Arbeitsmediums beim Strömen weg von der Rotationsachse und die Entspannung des Arbeitsmediums beim Strömen hin zur Rotationsachse in den Strömungskanälen des Rotorelements durchgeführt. Dadurch kann ein Rotor, insbesondere eine Rotationswärmepumpe oder eine Wärme-Kraft-Maschine zur Bereitstellung von elektrischem Strom aus einem Wärmefluss, geschaffen werden, bei welchem die wesentlichen Prozessschritte in das Innere des Pakets aus den ersten und den zweiten Rotorplatten integriert werden. Durch diese Bauweise wird eine besonders günstige Rotordynamik erreicht. Als vorteilhaft hat sich insbesondere herausgestellt, dass sich die ersten und die zweiten Rotorplatten quasi nicht gegeneinander verschieben können, so dass die Zahl von Wuchtungs-läufen wesentlich reduziert oder Wuchtungs-läufe ganz vermieden werden können. Weiters kann das Rotorelement aus den ersten und den zweiten Rotorele-

menten in unterschiedlichen Ausführungen, insbesondere auch mit geringeren Abmessungen, realisiert werden. Das bringt den Vorteil mit sich, dass die Fertigung vereinfacht werden kann und eine schwächer dimensionierte Antriebsmaschine verwendet werden kann. Gegenüber den diskreten Wärmetauschern beim Stand der Technik können zudem die zur Verfügung stehenden Wärmetauscherflächen im Betrieb des Rotors gesteigert werden. Durch die integrale Ausbildung des Rotorelements kann zudem die Zahl der Dichtstellen wesentlich reduziert werden.

[0007] Für die Zwecke dieser Offenbarung beziehen sich die Orts- und Richtungsangaben auf den bestimmungsgemäßen Gebrauchszustand des Rotors, wobei sich "radial", "axial" und "in Umfangsrichtung" auf die Rotationsachse beziehen. In Bezug auf die Strömung des Arbeits- oder Wärmeträgermediums bedeutet "innen" näher an der Rotationsachse des Rotors und "außen" weiter von der Rotationsachse entfernt.

[0008] Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind die Haupterstreckungsebenen der ersten und der zweiten Rotorplatten, d.h. ihre Plattenebenen, in denen die ersten und die zweiten Rotorplatten jeweils ihre größte Ausdehnung haben, jeweils im Wesentlichen senkrecht zur Rotationsachse angeordnet. Bevorzugt durchsetzt die Rotationsachse die Zentren jeweils der ersten und der zweiten Rotationsachse. Weiters ist es günstig, wenn die ersten und die zweiten Rotorplatten, mit Blick in Richtung der Rotationsachse, im Wesentlichen deckungsgleich angeordnet sind.

[0009] Bei einer bevorzugten Ausführungsform weisen die ersten Rotorplatten jeweils zumindest einen der Verdichtungskanäle, zumindest einen der Entspannungskanäle und zumindest einen der ersten Wärmeübertragungskanäle für das Arbeitsmedium und die Anzahl von zweiten Rotorplatten jeweils zumindest einen der zweiten Wärmeübertragungskanäle für das Wärmeträgermedium auf.

[0010] Bei einer bevorzugten Ausführungsform weisen die ersten Rotorplatten jeweils zumindest einen Strömungskanal für das Arbeitsmedium auf, wobei der zumindest eine Strömungskanal an einem ersten Ende eine Eintrittsöffnung für das Arbeitsmedium und an einem zweiten Ende eine Austrittsöffnung für das Arbeitsmedium aufweist. Bei einer bevorzugten Ausführungsform weist der Strömungskanal einen vorzugsweise im Wesentlichen radial nach außen verlaufenden Strömungskanalabschnitt zur Ausbildung eines der Verdichtungskanäle und/oder einen vorzugsweise im Wesentlichen radial nach innen verlaufenden Strömungskanalabschnitt zur Ausbildung eines der Entspannungskanäle und/oder einen vorzugsweise im Wesentlichen in Umfangsrichtung verlaufenden Strömungskanalabschnitt zur Ausbildung eines der ersten Wärmeübertragungskanäle auf. Somit kann das Arbeitsmedium über die Eintrittsöffnungen auf die Strömungskanäle innerhalb der ersten Rotorplatten verteilt werden. Anschließend strömt das Arbeitsmedium entlang der Strömungskanäle zu den

Austrittsöffnungen, an denen das Arbeitsmedium aus dem Rotorelement herausgeführt wird. In dem nach außen führenden Strömungskanalabschnitt kann das Arbeitsmedium durch die Wirkung der Zentrifugalbeschleunigung im rotierenden Zustand des Rotors verdichtet werden. In dem nach innen führenden Strömungskanalabschnitt kann das Arbeitsmedium, ebenfalls aufgrund der Zentrifugalkraft, entspannt werden. In dem im Wesentlichen in Umfangsrichtung verlaufenden Strömungskanalquerschnitt kann Wärme zwischen dem Arbeitsmedium und dem Wärmeträgermedium übertragen werden. Die einzelnen Strömungskanalabschnitte hängen zusammen, so dass das Arbeitsmedium den Strömungskanal innerhalb der ersten Rotorplatte von der Eintritts- bis zur Austrittsöffnung durchströmen kann.

[0011] Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind die Eintrittsöffnungen und/oder die Austrittsöffnungen der ersten Rotorplatten jeweils fluchtend, d.h. in einer Linie parallel zur Rotationsachse, angeordnet. Bevorzugt sind die Eintrittsöffnungen und/oder die Austrittsöffnungen jeweils, in Richtung parallel zur Rotationsachse betrachtet, deckungsgleich.

[0012] Um die Durchleitung des Arbeitsmediums durch die zweiten Rotorplatten zu ermöglichen, weisen die zweiten Rotorplatten bei dieser Ausführungsform bevorzugt jeweils fluchtend mit den Eintrittsöffnungen bzw. fluchtend mit den Austrittsöffnungen angeordnete Durchgangsöffnungen auf. Somit kann das Arbeitsmedium auf der einen Seite des Rotorelements zugeführt und über die Eintrittsöffnungen auf die ersten Rotorplatten verteilt werden, wobei dazwischen angeordnete zweite Rotorplatten über die Durchgangsöffnungen passiert werden.

[0013] Um die Zahl der Anschlüsse möglichst gering zu halten, sind die Austrittsöffnungen bei einer bevorzugten Ausführungsform in von der Rotationsachse durchsetzten Zentralbereichen der ersten Rotorplatten angeordnet. Bevorzugt geht die Rotationsachse durch die Mittelpunkte der Austrittsöffnungen. Das Arbeitsmedium kann entlang der Strömungskanäle zu den Austrittsöffnungen in den Zentralbereichen der ersten Rotorplatten geführt und über die, bevorzugt fluchtend angeordneten, Austrittsöffnungen aus den ersten Rotorplatten abgeleitet werden. Vorteilhafterweise können sich mehrere Strömungskanäle der ersten Rotorplatte dieselbe Austrittsöffnung im Zentralbereich teilen.

[0014] Zur Aufrechterhaltung der Strömung des Arbeitsmediums ist bevorzugt ein Ventilator vorgesehen. Der Ventilator ist bevorzugt in axialer Richtung außerhalb des Rotorelements aus den ersten und den zweiten Rotorplatten angeordnet. Mit Hilfe des Ventilators kann eine Kreisströmung des Arbeitsmediums vom Ventilator über die Eintrittsöffnungen durch die Strömungskanäle innerhalb des Rotorelements, über die Austrittsöffnungen zurück zum Ventilator und schließlich wieder zu den Eintrittsöffnungen in die Strömungskanäle innerhalb des Rotorelements bewirkt werden. Somit kann das Arbeitsmedium einen Kreisprozess durchlaufen. Je nach Anordnung der Strömungskanäle in den ersten Rotorplatten

können verschiedene Arten von Kreisprozessen erzielt werden, beispielsweise ein Joule-Prozess mit im Wesentlichen isobarer Wärmeübertragung.

[0015] Je nach Ausführung kann der Ventilator mit einem Ventilatorantrieb verbunden sein, mit welchem ein Schaufelrad des Ventilators in Drehbewegung versetzt werden kann. Mit dem Ventilatorantrieb kann das Schaufelrad relativ zum Rotorelement gedreht werden, welches bevorzugt mit einem vom Ventilatorantrieb verschiedenen Motor in Rotation versetzt wird.

[0016] Zur Erzielung der Kreisströmung des Arbeitsmediums können die Eintrittsöffnungen der ersten Rotorplatten mit einem Ausgang des Ventilators und/oder die Austrittsöffnungen der ersten Rotorplatten mit einem Eingang des Ventilators verbunden sein.

[0017] Um den Wärmeübergang zwischen dem Arbeits- und dem Wärmeträgermedium zu verbessern, weisen die ersten Rotorplatten bei einer bevorzugten Ausführungsform jeweils mehrere Strömungskanäle jeweils mit zumindest einem vorzugsweise im Wesentlichen radial nach außen verlaufenden Strömungskanalabschnitt und/oder mit zumindest einem vorzugsweise im Wesentlichen radial nach innen verlaufenden Strömungskanalabschnitt und/oder mit zumindest einem vorzugsweise im Wesentlichen in Umfangsrichtung verlaufenden Strömungskanalabschnitt auf. Somit können an den ersten Rotorplatten jeweils mehrere Strömungskanäle ausgebildet sein, welche parallel von dem Arbeitsmedium durchströmt werden können. Die Strömungskanäle können über die Fläche der ersten Rotorplatte verteilt sein. Bevorzugt sind mehr als drei, insbesondere mehr als sechs, beispielsweise zwölf, Strömungskanäle an unterschiedlichen Winkelpositionen pro erster Rotorplatte vorgesehen.

[0018] Bei einer bevorzugten Ausführungsform weisen die Strömungskanäle der ersten Rotorplatten jeweils zur Ausbildung mehrerer erster Wärmeübertragungskanäle jeweils mehrere vorzugsweise im Wesentlichen in Umfangsrichtung verlaufende Strömungskanalabschnitte in unterschiedlichen Radialabständen zur Rotationsachse auf. Die in Umfangsrichtung verlaufenden Strömungskanalabschnitte sind bevorzugt in Schleifen angeordnet. Bevorzugt sind mehrere innere, beispielsweise S-förmige, Schleifen zum Wärmeaustausch mit dem Wärmeträgermedium in inneren Schleifen eines der zweiten Wärmeübertragungskanäle einer der zweiten Rotorplatten und/oder mehrere äußere, beispielsweise S-förmige, Schleifen zum Wärmeaustausch mit dem Wärmeträgermedium in äußeren Schleifen eines der zweiten Wärmeübertragungskanäle einer der zweiten Rotorplatten vorgesehen. Bei dieser Ausführungsform kann eine Zwischenverdichtung bzw. -entspannung während des Wärmeaustauschs mit dem Wärmeträgermedium bewirkt werden. Damit kann erreicht werden, dass die Temperatur nach einer Wärmeübertragung wieder angehoben wird, um entweder bei im Wesentlichen konstanter Temperatur die Wärme zu übertragen oder um die Effizienz zu steigern, wenn eine Anwendung mit

geringer Temperaturdifferenz zwischen Ein- und Austritt des Wärmeträgermediums vorgesehen ist.

[0019] Um die notwendigen Anschlüsse für das Arbeitsmedium zu reduzieren, sind bei einer bevorzugten Ausführungsform zwei benachbarte Strömungskanäle der ersten Rotorplatten bezüglich einer in axialer und radialer Richtung aufgespannten Symmetrieebene gespiegelt angeordnet, wobei sich die zwei benachbarten Strömungskanäle eine gemeinsame Eintritts- und eine gemeinsame Austrittsöffnung für das Arbeitsmedium teilen. Wenn beispielsweise 12 Strömungskanäle an unterschiedlichen Winkelpositionen pro erster Rotorplatte vorgesehen sind, werden bei dieser Ausführungsform lediglich sechs Anschlüsse für den Eintritt des Arbeitsmediums benötigt.

[0020] Bei einer bevorzugten Ausführungsform weisen die zweiten Rotorplatten jeweils zumindest einen inneren Strömungskanal und zumindest einen äußeren Strömungskanal jeweils zur Ausbildung eines der zweiten Wärmeübertragungskanäle auf, wobei der äußere Strömungskanal in radialer Richtung weiter außen als der innere Strömungskanal angeordnet ist. Bei einer Anwendung als Rotationswärmepumpe kann der äußere Strömungskanal als äußerer Wärmetauscher ausgebildet sein, bei dem das Wärmeträgermedium, hier das Senkenmedium, Wärme vom Arbeitsmedium aufnimmt. Der innere Strömungskanal kann als innerer Wärmetauscher ausgebildet sein, bei dem das Wärmeträgermedium, hier das Quellenmedium, Wärme an das Arbeitsmedium abgibt. Alternativ kann der Rotor als Wärme-Kraft-Maschine ausgebildet sein.

[0021] Bei einer weiteren Ausführungsform weisen die ersten Rotorplatten die zweiten Wärmeübertragungskanäle für das Wärmeträgermedium auf. Bei dieser Ausführung können die zweiten Rotorplatten als Trennplatten für die ersten Rotorplatten ausgeführt sein, wobei die zweiten Trennplatten bevorzugt frei von Strömungskanälen sowohl für das Arbeitsmedium als auch für das Wärmeträgermedium sind.

[0022] Zur integralen Ausbildung der einzelnen Strömungskanäle ist es günstig, wenn die Verdichtungskanäle, die Entspannungskanäle und die ersten Wärmeübertragungskanäle für das Arbeitsmedium als Vertiefungen ausgehend von vorzugsweise im Wesentlichen planen ersten Außenflächen der ersten Rotorplatten ausgebildet sind, wobei die zweiten Wärmeübertragungskanäle für das Wärmeträgermedium

i. als Vertiefungen ausgehend von vorzugsweise im Wesentlichen planen Außenflächen der zweiten Rotorplatten oder

ii. als Vertiefungen ausgehend von vorzugsweise im Wesentlichen planen zweiten Außenflächen der ersten Rotorplatten ausgebildet sind. Die ersten und die zweiten Rotorplatten weisen parallel zu ihren Hauptstreckungsebenen vorzugsweise im Wesentlichen plane Außenflächen auf. In der ersten Ausführungsvariante strömt das Arbeitsmedium in den Ver-

tiefungen der ersten Rotorplatten, wobei das Wärmeträgermedium in den Vertiefungen der zweiten Rotorplatten strömt. Durch die Verbindung der ersten und zweiten Rotorplatten entlang ihrer Haupterstreckungsflächen bilden die Vertiefungen der ersten Rotorplatte mit den benachbarten Außenflächen der zweiten Rotorplatten im Querschnitt geschlossene Strömungskanäle. In der zweiten Ausführungsvariante strömen das Arbeitsmedium und das Wärmeträgermedium jeweils in voneinander getrennten Vertiefungen der ersten Rotorplatten, welche an den gegenüberliegenden ersten und zweiten Außenflächen der ersten Rotorplatten ausgebildet sind. Diese Vertiefungen bilden mit den angrenzenden Außenflächen der zweiten Rotorplatten im Querschnitt geschlossene Strömungskanäle für das Arbeitsmedium und das Wärmeträgermedium.

[0023] Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind die ersten Rotorplatten und die zweiten Rotorplatten über Diffusionsverbindungen, d.h. durch Diffusion-Bonding, miteinander verbunden.

[0024] Je nach Ausführung sind bevorzugt zumindest 50, insbesondere zumindest 200, beispielsweise von 300 bis 800, erste Rotorplatten und/oder zumindest 50, insbesondere zumindest 200, beispielsweise von 300 bis 800, zweite Rotorplatten vorgesehen. Die ersten und/oder die zweiten Rotorplatten können eine Wandstärke, d.h. eine Erstreckung senkrecht zur Haupterstreckungs- bzw. Plattenebene von der einen zur anderen Außenfläche, von 0,2 mm bis 5 mm, insbesondere von 0,5 mm bis 4 mm, beispielsweise von 2 mm bis 3 mm aufweisen. Die Strömungskanäle können eine Breite, d.h. eine Erstreckung an der Außenfläche der jeweiligen ersten bzw. zweiten Rotorplatte quer zur Strömungsrichtung, von 0,5 mm bis 5 mm, insbesondere von 1 mm bis 3 mm, aufweisen. Die Tiefe der Strömungskanäle, d.h. ihre Erstreckung senkrecht zur Haupterstreckungsebene an der tiefsten Stelle, kann von 0,2 mm bis 3 mm, insbesondere von 1 mm bis 2 mm, betragen.

[0025] Bei einer ersten bevorzugten Ausführungsvariante sind die ersten und die zweiten Rotorplatten in Draufsicht, d.h. mit Blick in axialer Richtung, jeweils kreisförmig. Bei dieser Ausführungsvariante können die Wärmeübertragungsflächen bei einer vorgegebenen Länge, d.h. axialen Erstreckung, des Rotorelements aus den ersten und den zweiten Rotorplatten optimiert werden.

[0026] Bei einer zweiten bevorzugten Ausführungsvariante sind die ersten und die zweiten Rotorplatten mit Blick in Richtung der Rotationsachse jeweils unrund, d.h. nicht kreisförmig, insbesondere im Wesentlichen rechteckig. Diese Ausführung kann bei einer Herstellung des Rotorelements durch Diffusion-Bonding der ersten und zweiten Rotorplatten günstig sein, da beim Diffusion-Bonding rechteckige Vakuumpressen eingesetzt werden können. Vorteilhafterweise kann so der Herstellungsprozess optimiert werden; zudem können größere radiale Erstreckungen erzielt werden.

[0027] Zur Wärmeübertragung zwischen dem Arbeitsmedium und dem Wärmeträgermedium sind bevorzugt abwechselnd eine der ersten Rotorplatten und eine der zweiten Rotorplatten angeordnet. Wenn das Arbeitsmedium in den ersten Rotorplatten und das Wärmeträgermedium in den zweiten Rotorplatten geführt wird, verlaufen die ersten Wärmeübertragungskanäle der ersten Rotorplatten und die zweiten Wärmeübertragungskanäle der zweiten Rotorplatten im Wesentlichen in denselben Radialabständen und entlang derselben Abschnitte in Umfangsrichtung, d.h. nebeneinander. Wenn das Arbeitsmedium und das Wärmeträgermedium in den ersten Rotorplatten geführt werden, verlaufen die ersten Wärmeübertragungskanäle und die zweiten Wärmeübertragungskanäle im Wesentlichen in denselben Radialabständen und entlang derselben Abschnitte in Umfangsrichtung gegenüberliegend an den ersten Rotorplatten.

[0028] Bei einer bevorzugten Ausführungsform weisen die ersten Rotorplatten und/oder die zweiten Rotorplatten jeweils zumindest eine Aussparung auf. Hiermit kann einerseits eine Gewichtsersparnis erzielt werden. Zudem kann eine Isolation in Bereichen erzielt werden, in denen die nicht gewünschte Wärmeübertragung minimiert werden soll. Somit kann die Aussparung beispielsweise einen Isolationsbereich zwischen den Verdichtungs- und Expansionskanälen oder zwischen dem äußeren Wärmeübertrager, insbesondere mit vergleichsweise hoher Temperatur, und dem inneren Wärmeübertrager, insbesondere mit vergleichsweise niedriger Temperatur, ausbilden.

[0029] Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind die ersten und die zweiten Rotorplatten aus einem Material ausgewählt aus Austenit, Duplexstahl, Kupfer, Titan und Aluminium gebildet.

[0030] Die Erfindung bezieht sich weiters auf ein Verfahren zur Wärmeübertragung zwischen einem Arbeitsmedium, insbesondere einem Edelgas, und einem Wärmeträgermedium, insbesondere einer Flüssigkeit, mit den Schritten:

Vorsehen eines Rotors in einer der oben beschriebenen Ausführungsformen,
Zuführen des Arbeitsmedium in den Rotor,
Zuführen des Wärmeträgermediums in den Rotor,
und
Rotieren des Rotors um die Drehachse Rotationsachse.

[0031] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines Rotors, insbesondere einer Rotationswärmepumpe, weist zumindest die folgenden Schritte auf:

Vorsehen von ersten Rotorplatten,
Vorsehen von zweiten Rotorplatten,
Ausbilden von Verdichtungskanälen, Entspannungskanälen, ersten Wärmeübertragungskanälen für ein Arbeitsmedium und zweiten Wärmeübertragungskanälen für ein Wärmeträgermedium in den

ersten und/oder in den zweiten Rotorplatten,
Stapeln der ersten und zweiten Rotorplatten,

Verbinden der ersten Rotorplatten mit den zweiten Rotorplatten entlang ihrer Hauptstreckungsebenen, und
[0032] Drehlagerung eines aus den ersten und den zweiten Rotorplatten gebildeten Rotorelements um eine Rotationsachse.

[0033] Wenn die Strömungskanäle für das Arbeitsmedium in den ersten Rotorplatten und die zweiten Wärmeübertragungskanäle für das Wärmeträgermedium in den zweiten Rotorplatten ausgebildet werden sollen, weist das Verfahren zur Herstellung des Rotors, insbesondere einer Rotationswärmepumpe, bevorzugt zumindest die folgenden Schritte auf:

Vorsehen der ersten Rotorplatten,
Vorsehen der zweiten Rotorplatten,
Ausbilden der Verdichtungskanäle, Entspannungskanäle und ersten Wärmeübertragungskanäle für das Arbeitsmedium in den ersten Rotorplatten,
Ausbilden der zweiten Wärmeübertragungskanäle für das Wärmeträgermedium in den zweiten Rotorplatten,
Stapeln der ersten und der zweiten Rotorplatten,
Verbinden der ersten Rotorplatten mit den zweiten Rotorplatten entlang ihrer Hauptstreckungsebenen, und
Drehlagerung des aus den ersten und den zweiten Rotorplatten gebildeten Rotorelements um die Rotationsachse.

[0034] Wenn die Strömungskanäle für das Arbeitsmedium und die zweiten Wärmeübertragungskanäle für das Wärmeträgermedium in den ersten Rotorplatten ausgebildet werden sollen, weist das Verfahren zur Herstellung des Rotors, insbesondere einer Rotationswärmepumpe, bevorzugt zumindest die folgenden Schritte auf:

Vorsehen der ersten Rotorplatten,
Vorsehen der zweiten Rotorplatten,
Ausbilden der Verdichtungskanäle, der Entspannungskanäle und der ersten Wärmeübertragungskanäle für das Arbeitsmedium in den ersten Rotorplatten, vorzugsweise als Vertiefungen von ersten Außenflächen der ersten Rotorplatten,
Ausbilden der zweiten Wärmeübertragungskanäle für das Wärmeträgermedium in den ersten Rotorplatten, vorzugsweise als Vertiefungen von zweiten Außenflächen der ersten Rotorplatten,
Stapeln der ersten und der zweiten Rotorplatten,
Verbinden der ersten Rotorplatten mit den zweiten Rotorplatten entlang ihrer Hauptstreckungsebenen, und
Drehlagerung des aus den ersten und den zweiten Rotorplatten gebildeten Rotorelements um die Rotationsachse.

[0035] Bei einer bevorzugten Ausführungsform werden die ersten Rotorplatten und die zweiten Rotorplatten durch Diffusion-Bonding, insbesondere in einer Vakuumpresse, miteinander verbunden.

5 [0036] Die Verdichtungs-, die Entspannungs-, die ersten Wärmeübertragungskanäle und/oder die zweiten Wärmeübertragungskanäle werden bevorzugt durch Ätzen oder Fräsen in den ersten und/oder zweiten Rotorplatten ausgebildet.

10 [0037] Die Ausführung des Rotorelements aus den ersten und den zweiten Rotorplatten ermöglicht eine Anwendung mit hohen Drücken. Bei einer bevorzugten Ausführungsform beträgt der Maximaldruck des Arbeitsmediums im rotierenden Zustand des Rotors innerhalb der ersten Rotorplatten zumindest 80 bar, insbesondere zumindest 120 bar, beispielsweise von 160 bar bis 240 bar. Vorteilhafterweise bewirken diese Drücke bei gleichem Massenstrom geringere Druckverluste und damit eine höhere Effizienz, welche bei einer Ausführung des Rotors als Wärmepumpe mit dem "Coefficient of Performance" (COP) bestimmt wird.

15 [0038] Die Erfindung wird nachstehend anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels weiter erläutert.

25 Fig. 1 zeigt einen erfindungsgemäßen Rotor für eine Verwendung als Rotationswärmepumpe.

30 Fig. 2A, Fig. 2B und Fig. 3 zeigen Ansichten eines aus ersten und zweiten Rotorplatten gebildeten Rotorelements der Rotationswärmepumpe gemäß Fig. 1.

35 Fig. 4 bis 9 zeigen jeweils eine weitere Ausführungsform von Teilen des Rotorelements.

40 Fig. 10A zeigt eine erste rechteckige Ausführung, Fig. 10B und Fig. 10C zeigen eine zweite rechteckige Ausführung.

45 Fig. 11 und Fig. 12 zeigen eine weitere Ausführungsform des Rotorelements, bei welcher das Arbeitsmedium und das Wärmeträgermedium jeweils in Mikro-Kanälen der ersten bzw. zweiten Rotorplatten geführt wird.

50 Fig. 13 und Fig. 14 zeigen eine weitere Ausführungsform des Rotorelements, bei welcher das Arbeitsmedium und das Wärmeträgermedium in Kanälen der ersten Rotorplatten geführt werden, wobei die zweiten Rotorplatten als Trennplatten zwischen den ersten Rotorplatten angeordnet sind.

55 [0039] Fig. 1 zeigt einen Rotor 1, welcher in der dargestellten Ausführung als Vorrichtung zum Umwandeln von mechanischer Energie in Wärmeenergie (und umgekehrt) ausgeführt ist. Der Rotor 1 wird insbesondere als Rotationswärmepumpe eingesetzt. Je nach Ausfüh-

rung kann der Rotor 1 in einem stillstehenden Gehäuse aufgenommen sein, in welchem ein Unterdruck herrschen kann. Der Rotor 1 weist eine, im Betriebszustand bevorzugt horizontale, Rotationsachse 2 auf, um welche der Rotor 1 mit Hilfe eines Motors 37 rotiert wird. Zur Ausbildung der Rotationsachse 2 weist der Rotor 1 zwei Drehlagerungen 3 auf. Der Rotor 1 weist ein in Fig. 1 nur symbolisch dargestelltes Rotorelement 4 auf, welches auf der einen Seite mit Anschlüssen 5 für ein Wärmeträgermedium, insbesondere Wasser, und auf der anderen Seite mit Anschlüssen 6 für ein Arbeitsmedium, beispielsweise ein Edelgas, verbunden ist. Weiters ist ein Ventilator 7 für die Aufrechterhaltung einer Kreisströmung des Arbeitsmediums vorgesehen. Der Ventilator 7 ist mit einem Ventilatorantrieb 8 verbunden, um ein Schaufelrad des Ventilators 7 relativ zum mit dem Motor 37 in Rotation versetzten Rotorelement 4 zu rotieren. Weiters sind in Fig. 1 Drehdurchführungen 9 für die (Wasser-)Anschlüsse 5 ersichtlich.

[0040] Fig. 2A, Fig. 2B und Fig. 3 zeigen schematisch eine Ausführungsform des Rotorelements 4, welches aus einer Vielzahl von ersten Rotorplatten 10 und zweiten Rotorplatten 11 aufgebaut ist. Der besseren Übersicht halber sind in Fig. 2 nur zwei erste Rotorplatten 10 und zwei zweite Rotorplatten 11 gezeigt. In Fig. 3 ist die Strömung des Arbeitsmediums mit durchgezogenen Linien und die Strömung des Wärmeträgermediums mit strichlierten Linien veranschaulicht. Die ersten Rotorplatten 10 und die zweiten Rotorplatten 11 sind an ihren Außenflächen parallel zu ihren (im Betrieb vertikal ausgerichteten) Haupterstreckungs- bzw. Plattenebenen miteinander verbunden. Die ersten 10 und die zweiten Rotorplatten 11 wechseln einander in axialer Richtung gesehen ab. Bei dieser Ausführungsform weisen die ersten Rotorplatten 10 jeweils mehrere Strömungskanäle 12 auf, welche von dem Arbeitsmedium durchströmt werden. Das Arbeitsmedium strömt über eine Eintrittsöffnung 13 in einen Anfangsabschnitt des Strömungskanals 12 ein und über eine Austrittsöffnung 14 aus einem Endabschnitt des Strömungskanals 12 aus. In der gezeigten Ausführung sind mehrere benachbart, parallel zueinander verlaufende Strömungskanäle 12 pro Eintrittsöffnung 13 vorgesehen, vgl. das in Fig. 2A mit einem Kreis hervorgehobene Detail B der Fig. 2B. Die Eintrittsöffnungen 13 sind mit einem Ausgang des Ventilators 7 verbunden. Die Austrittsöffnungen 14 sind mit einem Eingang des Ventilators 7 verbunden. Im gezeigten Beispiel sind die Austrittsöffnungen 14 in den von der Rotationsachse 2 durchsetzten Zentralbereichen der ersten Rotorplatten 10 angeordnet. Der Strömungskanal 12 weist zur Ausbildung eines Verdichtungskanals 15 einen im Wesentlichen radial nach außen führenden Strömungskanalabschnitt 16 auf, in welchem das Arbeitsmedium zur Druckerhöhung aufgrund der Zentrifugalbeschleunigung von der Rotationsachse 2 weggeführt wird. An den im Wesentlichen radial nach außen führenden Strömungskanalabschnitt 16 schließt zumindest ein im Wesentlichen in Umfangsrichtung verlaufender Strömungs-

kanalabschnitt 17 an, mit welchem ein erster Wärmeübertragungskanal 18 für den Wärmeaustausch mit dem Wärmeträgermedium ausgebildet wird. An den umfangseitigen Strömungskanalabschnitt 17 schließt ein im Wesentlichen radial nach innen führender Strömungskanalabschnitt 19 an, welcher als Entspannungskanal 20 eine Druckverringerung des Arbeitsmediums aufgrund der Zentrifugalbeschleunigung bewirkt. An den im Wesentlichen radial nach innen führenden Strömungskanalabschnitt 19 schließt zumindest ein weiterer im Wesentlichen in Umfangsrichtung verlaufender Strömungskanalabschnitt 21 an, welcher als weiterer erster Wärmeübertragungskanal 18 für den Wärmeaustausch mit dem Wärmeträgermedium ausgebildet ist. Die Eintrittsöffnungen 13 und die Austrittsöffnungen 14 der ersten Rotorplatten 10 sind jeweils fluchtend angeordnet. Die zweiten Rotorplatten 11 weisen entsprechende Durchgangsöffnungen 32 zur Durchleitung des Arbeitsmediums auf.

[0041] Bei dieser Ausführungsform weisen die zweiten Rotorplatten 11 jeweils zweite Wärmeübertragungskanäle 22 auf, welche von dem Wärmeträgermedium durchströmt werden. Als zweite Wärmeübertragungskanäle 22 weisen die zweiten Rotorplatten 11 jeweils zumindest einen inneren Strömungskanal 23 mit zumindest einem in Umfangsrichtung verlaufenden Abschnitt 24 zur Ausbildung eines inneren Wärmetauschers und zumindest einen äußeren Strömungskanal 25 mit einem in Umfangsrichtung verlaufenden Abschnitt 26 zur Ausbildung eines äußeren Wärmetauschers auf. Der äußere Strömungskanal 25 ist in radialer Richtung gesehen weiter außen als der innere Strömungskanal 23 angeordnet. Der in Umfangsrichtung verlaufende Abschnitt 24 des inneren Wärmetauschers der zweiten Rotorplatte 11 verläuft neben dem in Umfangsrichtung verlaufendem Strömungskanalabschnitt 21 der ersten Rotorplatte 10. Der in Umfangsrichtung verlaufende Abschnitt 26 des äußeren Wärmetauschers der zweiten Rotorplatte 11 verläuft neben dem in Umfangsrichtung verlaufenden Strömungskanalabschnitt 17 der ersten Rotorplatte 10. Der innere Strömungskanal 23 der zweiten Rotorplatte 11 weist eine Eingangsöffnung 27 zum Eintritt des Wärmeträgermediums und eine Ausgangsöffnung 28 zum Austritt des Wärmeträgermediums auf. Entsprechend weist der äußere Strömungskanal 25 eine weitere Eingangsöffnung 29 zum Eintritt des Wärmeträgermediums und eine weitere Ausgangsöffnung 30 zum Austritt des Wärmeträgermediums auf. Die Eingangsöffnungen 27, die Ausgangsöffnungen 28, die weiteren Eingangsöffnungen 29 und die weiteren Ausgangsöffnungen 30 sind jeweils fluchtend angeordnet. Die ersten Rotorplatten 10 weisen entsprechende Durchtrittsöffnungen 31 zur Durchleitung des Wärmeträgermediums auf.

[0042] In der Ausführungsform der Fig. 2A, Fig. 2B und Fig. 3 sind die ersten 10 und die zweiten Rotorplatten 11 in Blickrichtung der Rotationsachse 2 kreisförmig. Jede der ersten Rotorplatten 10 weist mehrere, beispielsweise 12, Strömungskanäle 12 auf, welche ident ausgebildet und an unterschiedlichen Winkelpositionen über die ers-

ten Rotorplatten 10 verteilt sind. Wie oben erwähnt, kann zudem an jeder Winkelposition eine Mehrzahl von Strömungskanälen 12 vorgesehen sein, welche sich nebeneinander von der Eintrittsöffnung 13 zur Austrittsöffnung 14 erstrecken. In der gezeigten Ausführungsform weisen die Strömungskanäle 12 jeweils in einem radial inneren Bereich der ersten Rotorplatte 10 mehrere in Umfangsrichtung verlaufende Strömungskanalabschnitte 21 und in einem radial äußeren Bereich der ersten Rotorplatte 10 mehrere in Umfangsrichtung verlaufende Strömungskanalabschnitte 17 auf, welche jeweils in Schleifen in unterschiedlichen Radien R1, R2, R3 zur Rotationsachse 2 angeordnet sind. Entsprechend weisen die zweiten Rotorplatten 11 mehrere, beispielsweise 12, innere Strömungskanäle 23 und mehrere, beispielsweise 12, äußere Strömungskanäle 24 auf. In der gezeigten Ausführung weisen die inneren Strömungskanäle 23 der zweiten Rotorplatten 11 jeweils mehrere in Umfangsrichtung verlaufende Abschnitte 24 als innerer Wärmetauscher und mehrere in Umfangsrichtung verlaufende Abschnitte 26 als äußerer Wärmetauscher auf, welche neben den in Umfangsrichtung verlaufenden Strömungskanalabschnitten 21 im radial inneren Bereich der ersten Rotorplatte 10 bzw. neben den in Umfangsrichtung verlaufenden Strömungskanalabschnitten 17 im radial äußeren Bereich der ersten Rotorplatte 10 verlaufen. Bei der Ausführungsform der Fig. 2A, 2B und Fig. 3 wird das Arbeitsmedium während der Wärmeübertragung verdichtet oder entspannt.

[0043] In Fig. 4 ist eine weitere Ausführungsform, beispielhaft anhand einer der ersten Rotorplatten 10, gezeigt, bei welcher jeweils zwei benachbarte Strömungskanäle 12 bezüglich einer in axialer und radialer Richtung aufgespannten Symmetrieebene S gespiegelt angeordnet sind. Die zwei benachbarten Strömungskanäle 12 teilen sich jeweils eine gemeinsame Eintrittsöffnung 13 und eine gemeinsame Austrittsöffnung 14 für das Arbeitsmedium. Die Strömungskanäle der zweiten Rotorplatten 11 verlaufen bei dieser Ausführungsform im Bereich der Wärmeübertragungskanäle kongruent mit den Strömungskanälen 12 der ersten Rotorplatten 10 und werden bevorzugt im Gegenstrom durchströmt.

[0044] In Fig. 5, Fig. 6 und Fig. 7 ist jeweils eine weitere Ausführungsform gezeigt, bei welcher das Arbeitsmedium während der Wärmeübertragung verdichtet bzw. entspannt wird.

[0045] Gemäß Fig. 5 wird während der äußeren Wärmeübertragung das Arbeitsmedium verdichtet, vorzugsweise um bei niedrigen Spreizungen oder bei im Wesentlichen konstanter Temperatur des Wärmeübertragungsmediums auf der Senkenseite niedrige Temperaturdifferenzen zwischen dem Arbeitsmedium und dem Wärmeträgermedium der Senkenseite zu erzielen. Weiters wird während der inneren Wärmeübertragung das Arbeitsmedium expandiert, um bei niedrigen Spreizungen oder bei im Wesentlichen konstanter Temperatur des Wärmeträgermediums auf der Quellenseite wiederum eine niedrige Temperaturdifferenz zwischen Arbeitsmedium und

dem Wärmeträgermedium der Quellenseite zu erzielen. Niedrige Temperaturdifferenzen zwischen Arbeitsmedium und dem jeweiligen Wärmeträgermedium führen zu niedrigen Exergieverlusten und einem hohen Wirkungsgrad (COP) der gesamten Anlage. Voraussetzung ist, dass das jeweilige Wärmeträgermedium mit dem Arbeitsmedium im Gegenstromprinzip durch die Kanäle geführt wird.

[0046] Gemäß Fig. 6 wird während der äußeren Wärmeübertragung das Arbeitsmedium verdichtet, vorzugsweise um bei niedrigen Spreizungen oder bei im Wesentlichen konstanter Temperatur des Wärmeübertragungsmediums auf der Senkenseite niedrige Temperaturdifferenzen zwischen Arbeitsmedium und dem Wärmeträgermedium der Senkenseite zu erzielen. Weiters wird auch während der inneren Wärmeübertragung das Arbeitsmedium verdichtet, um bei hohen Spreizungen des Wärmeträgermediums auf der Quellenseite wiederum eine niedrige Temperaturdifferenz zwischen Arbeitsmedium und dem Wärmeträgermedium der Quellenseite zu erzielen. Das jeweilige Wärmeträgermedium und das Arbeitsmedium werden im Gegenstromprinzip durch die Kanäle geführt.

[0047] Gemäß Fig. 7 wird während der äußeren Wärmeübertragung das Arbeitsmedium expandiert, um bei hohen Spreizungen des Wärmeübertragungsmediums auf der Senkenseite niedrige Temperaturdifferenzen zwischen Arbeitsmedium und dem Wärmeträgermedium der Senkenseite zu erzielen. Weiters wird während der inneren Wärmeübertragung das Arbeitsmedium verdichtet, um bei hohen Spreizungen des Wärmeträgermediums auf der Quellenseite wiederum eine niedrige Temperaturdifferenz zwischen Arbeitsmedium und dem Wärmeträgermedium der Quellenseite zu erzielen. Das jeweilige Wärmeträgermedium und das Arbeitsmedium werden im Gegenstromprinzip durch die Kanäle geführt.

[0048] In Fig. 8 ist eine weitere Ausführungsform gezeigt, bei welcher keine Zwischenverdichtung bzw. Zwischenexpansion des Arbeitsmediums stattfindet. Zu diesem Zweck durchströmt das Arbeitsmedium im radial inneren Bereich der ersten Rotorplatte 10 pro Strömungskanal 12 nur einen in Umfangsrichtung verlaufenden Strömungskanalabschnitt 21, d.h. nicht wie bei Fig. 2A, Fig. 2B und Fig. 3 mehrere in Schleifen miteinander verbundene Strömungsabschnitte 21. Entsprechend durchströmt das Arbeitsmedium im radial äußeren Bereich der ersten Rotorplatte 10 pro Strömungskanal 12 nur einen in Umfangsrichtung verlaufenden Strömungskanalabschnitt 17, d.h. nicht wie bei Fig. 2A, Fig. 2B und Fig. 3 mehrere in Schleifen miteinander verbundene Strömungskanalabschnitte 17.

[0049] In Fig. 9 ist eine weitere Ausführungsform gezeigt, bei welcher die ersten Rotorplatten 10 und/oder die zweiten Rotorplatten 11 jeweils zumindest eine Aussparung 33 aufweisen. Die Aussparungen 33 können so angeordnet sein, dass eine Wärmeübertragung zwischen den Strömungen des Arbeitsmediums in Strömungskanälen 12 an unterschiedlichen Winkelpositio-

nen der jeweiligen ersten Rotorplatte 10 reduziert, insbesondere im Wesentlichen unterbunden, wird. Weiters kann mit den Aussparungen 33 die Wärmeübertragung der Wärmeträgermedien in den Strömungskanälen der zweiten Rotorplatten 11 an benachbarten Kanälen reduziert, insbesondere im Wesentlichen unterbunden, werden. Weiters können die Aussparungen 33 so angeordnet sein, dass die Wärmeübertragung zwischen dem Arbeitsmedium und dem Wärmeträgermedium im Wesentlichen nur an jenen Stellen erfolgen kann, bei welchen die Wärmeübertragung gewünscht ist.

[0050] Fig. 10A zeigt eine erste Ausführungsvariante, bei welcher die ersten 10 und die zweiten Rotorplatten 11 in Blickrichtung der Rotationsachse 2 gesehen un-
5 rund, hier im Wesentlichen rechteckig, sind. In der gezeigten Ausführung sind die zwei kürzeren Seiten der ersten 10 bzw. zweiten Rotorplatten 11 gebogen und die zwei längeren Seiten der ersten 10 bzw. zweiten Rotorplatten 11 gerade ausgeführt.

[0051] Fig. 10B und Fig. 10C zeigen eine weitere im Wesentlichen rechteckige Ausführung des Rotorelements. In Fig. 10B ist eine der ersten Rotorplatten 10 dargestellt, wobei die Kanäle der benachbarten zweiten Rotorplatte 11 strichliert eingezeichnet sind. In Fig. 10C ist die zweite Rotorplatte 11 dargestellt. Mit dieser Ausführung ergeben sich die folgenden Unterschiede zu den oben beschriebenen Ausführungsbeispielen.

[0052] Wie aus Fig. 10B ersichtlich, weist die erste Rotorplatte 10 bei dieser Ausführungsform mehrere, bevorzugt zwischen 10 und 200, vorzugsweise im Wesentlichen parallel verlaufende Strömungskanäle 12 für das Arbeitsmedium auf, welche sich zwischen den Eintrittsöffnungen 13 und zumindest einer Austrittsöffnung 14, hier einer gemeinsamen Austrittsöffnung 14, erstrecken. Der besseren Übersicht halber sind in Fig. 10B sieben Strömungskanäle 12 pro Viertel der ersten Rotorplatte 10, d.h. insgesamt 28 Strömungskanäle 12, dargestellt. Die Strömungskanäle 12 weisen jeweils einen der weg von der Rotationsachse 2 nach außen führenden Verdichtungskanäle 15, einen äußeren der ersten Wärmeübertragungskanäle 18, einen Entspannungskanal 20 und einen inneren der ersten Wärmeübertragungskanäle 18 auf. Die ersten Wärmeübertragungskanäle 18 zur Ausbildung des äußeren Wärmetauschers und die ersten Wärmeübertragungskanäle 18 zur Ausbildung des inneren Wärmetauschers sind jeweils in unterschiedlichen Abständen von der Rotationsachse 2 angeordnet. Die ersten Wärmeübertragungskanäle 18 außen sind jeweils mit den entsprechenden ersten Wärmeübertragungskanälen 18 innen verbunden, so dass die Differenzen der Abstände von der Rotationsachse 2 im Wesentlichen dieselben sind. Somit ist beispielsweise der innerste Kanal der parallelen, im Wesentlichen in Umfangsrichtung führenden ersten Wärmeübertragungskanäle 18 der inneren Wärmeübertragung auch mit dem innersten Kanal der parallelen, im Wesentlichen in Umfangsrichtung führenden ersten Wärmeübertragungskanäle 18 der äußeren Wärmeübertragung verbunden. Die

beiden Radien der verbundenen inneren und äußeren Wärmeübertragungskanäle 18 sind darauf ausgelegt, dass die Temperaturdifferenz zwischen den inneren und äußeren Wärmeübertragungskanälen in allen parallel verlaufenden Kanälen im Wesentlichen gleich ist. Dies ermöglicht im Wesentlichen gleiche Temperaturverläufe sowie konstante Wärmeübertragungsleistungen in allen parallelen Wärmeübertragungskanälen, wodurch die Exergieverluste gering gehalten werden sowie es zu keiner bevorzugten Strömung aufgrund erhöhter oder verringerter Druckdifferenz kommt.

[0053] Weiters strömt das Arbeitsmedium bei der Ausführungsform der Fig. 10B, 10C im Bereich der Wärmeübertragung quer zum Wärmeträgermedium, wobei dennoch niedrige Temperaturdifferenzen (und damit niedrige Exergieverluste) auftreten. In Fig. 10A wird dies anhand der äußeren Wärmeübertragung gezeigt, indem das Arbeitsmedium in jedem der parallel geführten Kanäle während des Wärmeaustauschs derart verdichtet wird, dass sich eine konstante Temperatur in diesem Kanal einstellt. Über die Anzahl und den Radiusunterschied im Bereich der Wärmeübertragung der parallel geführten Kanäle kann die Temperaturspreizung für das querströmende Wärmeträgermedium eingestellt werden. Durch die hohe Anzahl der parallel verlaufenden Kanäle (bei gleicher radialer Erstreckung wie bei den oben beschriebenen Ausführungen mit Schleifen) sowie durch die vergleichsweise kurze Kanallänge ist der Druckverlust im Vergleich zu den anderen Ausführungen reduziert. Derselbe Effekt kann im Bereich der inneren Wärmeübertragung erzielt werden, wenn jeder der parallel geführten inneren Kanäle während des Wärmeaustauschs mit dem Wärmeträgermedium über eine Radiusreduktion in Strömungsrichtung derart expandiert wird, dass die Temperatur innerhalb eines Kanals konstant gehalten wird.

[0054] In Fig. 11 und Fig. 12 ist ein Teil des Rotorelements 4 der Ausführungsform gemäß Fig. 2A, Fig. 2B und Fig. 3 in größerem Detail dargestellt. Demnach erstrecken sich nebeneinander jeweils mehrere, im gezeigten Beispiel sechs, im Wesentlichen in Umfangsrichtung verlaufende Strömungskanalabschnitte 21 im radial inneren Bereich, im Wesentlichen in Umfangsrichtung verlaufende Strömungskanalabschnitte 17 im radial äußeren Bereich der ersten Rotorplatten 10, im Wesentlichen in Umfangsrichtung verlaufende Abschnitte 24 des inneren Wärmetauschers und im Wesentlichen in Umfangsrichtung verlaufende Abschnitte 26 des äußeren Wärmetauschers der zweiten Rotorplatten 11. Weiters ist in den Fig. 9 und Fig. 10 eine Endplatte 34 ohne Kanäle ersicht-
40 lich.

[0055] Wie die Fig. 11 und Fig. 12 zeigen, sind die Strömungskanäle 12 der ersten Rotorplatten 10 und die zweiten Wärmeübertragungskanäle 22 der zweiten Rotorplatten 11 jeweils als Vertiefungen 35 ausgebildet, welche sich gegenüber den planen Außen- bzw. Verbindungsflächen 36 der ersten 10 bzw. zweiten Rotorplatten 11 einsenken. Durch das Stapeln der ersten 10 und zweiten Rotorplatten 11 bilden sich die geschlossenen Ka-

näle für das Arbeits- bzw. Wärmeträgermedium. Die ersten Rotorplatten 10 und die zweiten Rotorplatten 11 können über Diffusionsverbindungen miteinander verbunden sein. Diese Verbindungen werden beispielsweise in der EP 3 885 691 beschrieben.

[0056] In Fig. 13 und der in Fig. 13 mit einem Rechteck markierten Detailansicht der Fig. 14 ist eine weitere Ausführungsform des Rotors dargestellt, wobei nachstehend nur auf die Unterschiede zu den vorangehenden Ausführungen eingegangen wird. Bei der Ausführungsform der Fig. 13 und Fig. 14 weisen die ersten Rotorplatten 10 nicht nur die Verdichtungskanäle 15, die Entspannungskanäle 20 und die ersten Wärmeübertragungskanäle 18 für das Arbeitsmedium auf, sondern zudem die zweiten Wärmeübertragungskanäle 22 für das Wärmeträgermedium auf. Zu diesem Zweck weisen die ersten Rotorplatten 10 an ihren ersten Außenflächen 36A die Vertiefungen 35 zur Ausbildung der Verdichtungskanäle 15, der Entspannungskanäle 20 und der ersten Wärmeübertragungskanäle 18 für das Arbeitsmedium und an ihren zweiten Außenflächen 36B Vertiefungen 35 zur Ausbildung der zweiten Wärmeübertragungskanäle 22 für das Wärmeträgermedium auf. Die zweiten Rotorplatten 11 sind als von den Vertiefungen 35 freie Trennplatten zwischen den ersten Rotorplatten 10 angeordnet, um die Vertiefungen 35 der ersten Rotorplatten 10 im zur Ausbildung der Strömungskanäle 12 und der zweiten Wärmeübertragungskanäle 22 abzuschließen.

Bezugsziffernliste:

[0057]

- 1 Rotor
- 2 Rotationsachse
- 3 Drehlagerungen
- 4 Rotorelement
- 5 Wasser-Anschlüsse
- 6 Gas-Anschlüsse
- 7 Ventilator
- 8 Ventilatorantrieb
- 9 Drehdurchführungen
- 10 erste Rotorplatten
- 11 zweite Rotorplatten
- 12 Strömungskanäle der ersten Rotorplatten 10
- 13 Eintrittsöffnungen der Strömungskanäle 12
- 14 Austrittsöffnungen der Strömungskanäle 12
- 15 Verdichtungskanal
- 16 radial nach außen führender Strömungskanalabschnitt
- 17 in Umfangsrichtung verlaufender Strömungskanalabschnitt
- 18 erster Wärmeübertragungskanal
- 19 radial nach innen führender Strömungskanalabschnitt
- 20 Entspannungskanal
- 21 in Umfangsrichtung verlaufende Strömungskanalabschnitte

- 22 zweite Wärmeübertragungskanäle
- 23 innere Strömungskanäle der zweiten Rotorplatten 11
- 24 in Umfangsrichtung verlaufende Abschnitte der inneren Strömungskanäle 23
- 25 äußere Strömungskanäle der zweiten Rotorplatten 11
- 26 in Umfangsrichtung verlaufende Abschnitte der äußeren Strömungskanäle 25
- 27 Eingangsöffnungen
- 28 Ausgangsöffnungen
- 29 weitere Eingangsöffnungen
- 30 weitere Ausgangsöffnungen
- 31 Durchtrittsöffnungen der ersten Rotorplatten 10
- 32 Durchgangsöffnungen der zweiten Rotorplatten 11
- 33 Aussparungen
- 34 Endplatte
- 35 Vertiefungen
- 36 Außen bzw. Verbindungsflächen
- 37 Motor

Patentansprüche

1. Rotor (1), insbesondere Rotationswärmepumpe, aufweisend:

eine Rotationsachse (2),
 eine Anzahl von Verdichtungskanälen (15), in welchen ein Arbeitsmedium, insbesondere ein Gas, bevorzugt ein Edelgas, zur Druckerhöhung aufgrund der Zentrifugalbeschleunigung von der Rotationsachse (2) weggeführt wird,
 eine Anzahl von Entspannungskanälen (20), in welchen das Arbeitsmedium zur Druckverringern aufgrund der Zentrifugalbeschleunigung zur Rotationsachse (2) hin geführt wird,
 eine Anzahl von ersten Wärmeübertragungskanälen (18) für das Arbeitsmedium und
 eine Anzahl von zweiten Wärmeübertragungskanälen (22) für ein Wärmeträgermedium, insbesondere eine Flüssigkeit, so dass Wärme zwischen dem in den ersten Wärmeübertragungskanälen (18) strömenden Arbeitsmedium und dem in den zweiten Wärmeübertragungskanälen (22) strömenden Wärmeträgermedium übertragen wird,

gekennzeichnet durch

eine Anzahl von ersten (10) und zweiten Rotorplatten (11), welche die Verdichtungskanäle (15), die Entspannungskanäle (20), die ersten Wärmeübertragungskanäle (18) für das Arbeitsmedium und die zweiten Wärmeübertragungskanäle (22) für das Wärmeträgermedium aufweisen,
 wobei die ersten (10) und die zweiten Rotorplatten (11) entlang ihrer Haupterstreckungsbe-

- nen miteinander verbunden sind.
2. Rotor (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- die Anzahl von ersten Rotorplatten (10) jeweils zumindest einen der Verdichtungskanäle (15), zumindest einen der Entspannungskanäle (20) und zumindest einen der ersten Wärmeübertragungskanäle (18) für das Arbeitsmedium und die Anzahl von zweiten Rotorplatten (11) jeweils zumindest einen der zweiten Wärmeübertragungskanäle (22) für das Wärmeträgermedium aufweisen.
3. Rotor (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- die ersten Rotorplatten (10) jeweils zumindest einen Strömungskanal (12) mit einem vorzugsweise im Wesentlichen radial nach außen verlaufenden Strömungskanalabschnitt (16) zur Ausbildung eines der Verdichtungskanäle (15) und/oder mit einem vorzugsweise im Wesentlichen radial nach innen verlaufenden Strömungskanalabschnitt (19) zur Ausbildung eines der Entspannungskanäle (20) und/oder mit einem vorzugsweise im Wesentlichen in Umfangsrichtung verlaufenden Strömungskanalabschnitt (17, 21) zur Ausbildung eines der ersten Wärmeübertragungskanäle (18) aufweisen, wobei der zumindest eine Strömungskanal (12) an einem ersten Ende eine Eintrittsöffnung (13) für das Arbeitsmedium und an einem zweiten Ende eine Austrittsöffnung (14) für das Arbeitsmedium aufweist.
4. Rotor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Ventilator (7) zur Aufrechterhaltung der Strömung des Arbeitsmediums vorgesehen ist, wobei bevorzugt die Eintrittsöffnungen (13) mit einem Ausgang des Ventilators (7) und/oder die Austrittsöffnungen (14) mit einem Eingang des Ventilators (7) verbunden sind.
5. Rotor (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten Rotorplatten (10) jeweils mehrere Strömungskanäle (12) jeweils mit zumindest einem vorzugsweise im Wesentlichen radial nach außen verlaufenden Strömungskanalabschnitt (16) und/oder mit zumindest einem vorzugsweise im Wesentlichen radial nach innen verlaufenden Strömungskanalabschnitt (19) und/oder mit zumindest einem vorzugsweise im Wesentlichen in Umfangsrichtung verlaufenden Strömungskanalabschnitt (17, 21) aufweisen.
6. Rotor (1) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strömungskanäle (12) der ersten Rotorplatten (10) jeweils zur Ausbildung mehrerer erster Wärmeübertragungskanäle (10) mehrere vorzugsweise im Wesentlichen in Umfangsrichtung verlaufende Strömungskanalabschnitte (17, 21) in unterschiedlichen Radialabständen zur Rotationsachse (2) aufweisen.
7. Rotor (1) nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei benachbarte Strömungskanäle (12) der ersten Rotorplatten (10) bezüglich einer in axialer und radialer Richtung aufgespannten Symmetrieebene gespiegelt angeordnet sind, wobei sich die zwei benachbarten Strömungskanäle (12) eine gemeinsame Eintritts- (13) und eine gemeinsame Austrittsöffnung (14) für das Arbeitsmedium teilen.
8. Rotor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweiten Rotorplatten (11) jeweils zumindest einen inneren Strömungskanal (23) und zumindest einen äußeren Strömungskanal (25) jeweils zur Ausbildung eines der zweiten Wärmeübertragungskanäle (22) aufweisen, wobei der äußere Strömungskanal (25) in radialer Richtung weiter außen als der innere Strömungskanal (23) angeordnet ist.
9. Rotor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten Rotorplatten (10) die zweiten Wärmeübertragungskanäle (22) für das Wärmeträgermedium aufweisen.
10. Rotor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verdichtungskanäle (15), die Entspannungskanäle (20) und die ersten Wärmeübertragungskanäle (18) für das Arbeitsmedium als Vertiefungen (35) ausgehend von vorzugsweise im Wesentlichen planen ersten Außenflächen (36A) der ersten Rotorplatten (10) ausgebildet sind, wobei die zweiten Wärmeübertragungskanäle (22) für das Wärmeträgermedium
- i. als Vertiefungen (35) ausgehend von vorzugsweise im Wesentlichen planen Außenflächen (36) der zweiten Rotorplatten (11) oder
- ii. als Vertiefungen (35) ausgehend von vorzugsweise im Wesentlichen planen zweiten Außenflächen (36B) der ersten Rotorplatten (10) ausgebildet sind.
11. Rotor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten Rotorplatten (10) und die zweiten Rotorplatten (11) über Diffusionsverbindungen miteinander verbunden sind.
12. Rotor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten (10) und

die zweiten Rotorplatten (11) jeweils im Wesentlichen kreisförmig oder unrund, insbesondere im Wesentlichen rechteckig, sind.

13. Verfahren zur Herstellung eines Rotors (1), insbesondere einer Rotationswärmepumpe, mit den Schritten: 5
- Vorsehen von ersten Rotorplatten (10), 10
 Vorsehen von zweiten Rotorplatten (11),
 Ausbilden von Verdichtungskanälen (15), Entspannungskanälen (20), ersten Wärmeübertragungskanälen (18) für ein Arbeitsmedium und zweiten Wärmeübertragungskanälen (22) für ein Wärmeträgermedium in den ersten (10) und/oder in den zweiten Rotorplatten (11), 15
 Stapeln der ersten (10) und zweiten Rotorplatten (11), Verbinden der ersten Rotorplatten (10) mit den zweiten Rotorplatten (11) entlang ihrer Hauptstreckungsebenen, und 20
 Drehlagerung eines aus den ersten (10) und den zweiten Rotorplatten (11) gebildeten Rotorelements (4) um eine Rotationsachse (2).
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten Rotorplatten (10) und die zweiten Rotorplatten (11) durch Diffusion-Bonding miteinander verbunden werden. 25
15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verdichtungs- (15), die Entspannungs- (20), die ersten Wärmeübertragungskanäle (18) und/oder die zweiten Wärmeübertragungskanäle (22) bevorzugt durch Ätzen oder Fräsen in den ersten und/oder in den zweiten Rotorplatten (11) ausgebildet werden. 30
 35

40

45

50

55

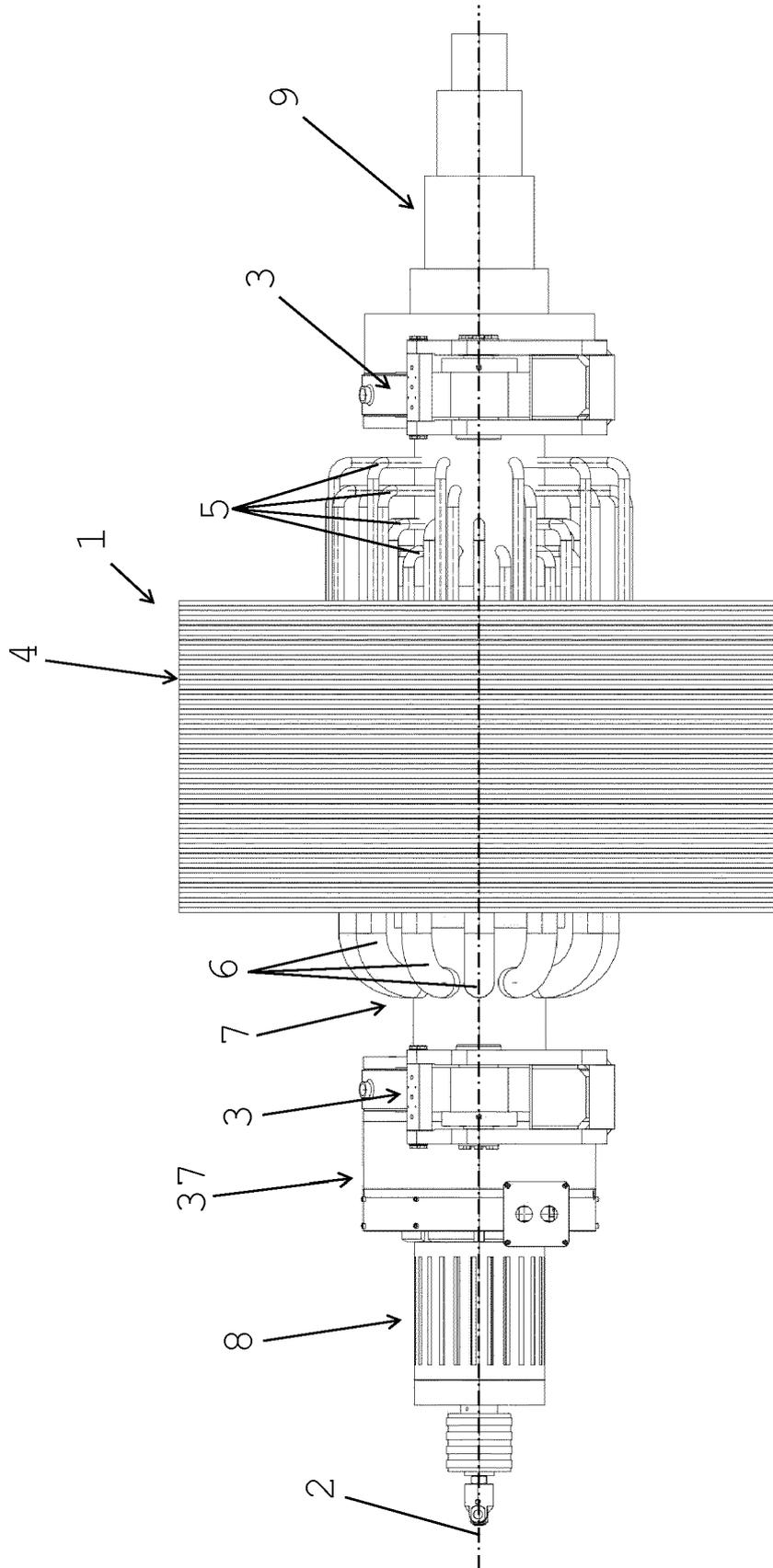


Fig. 1

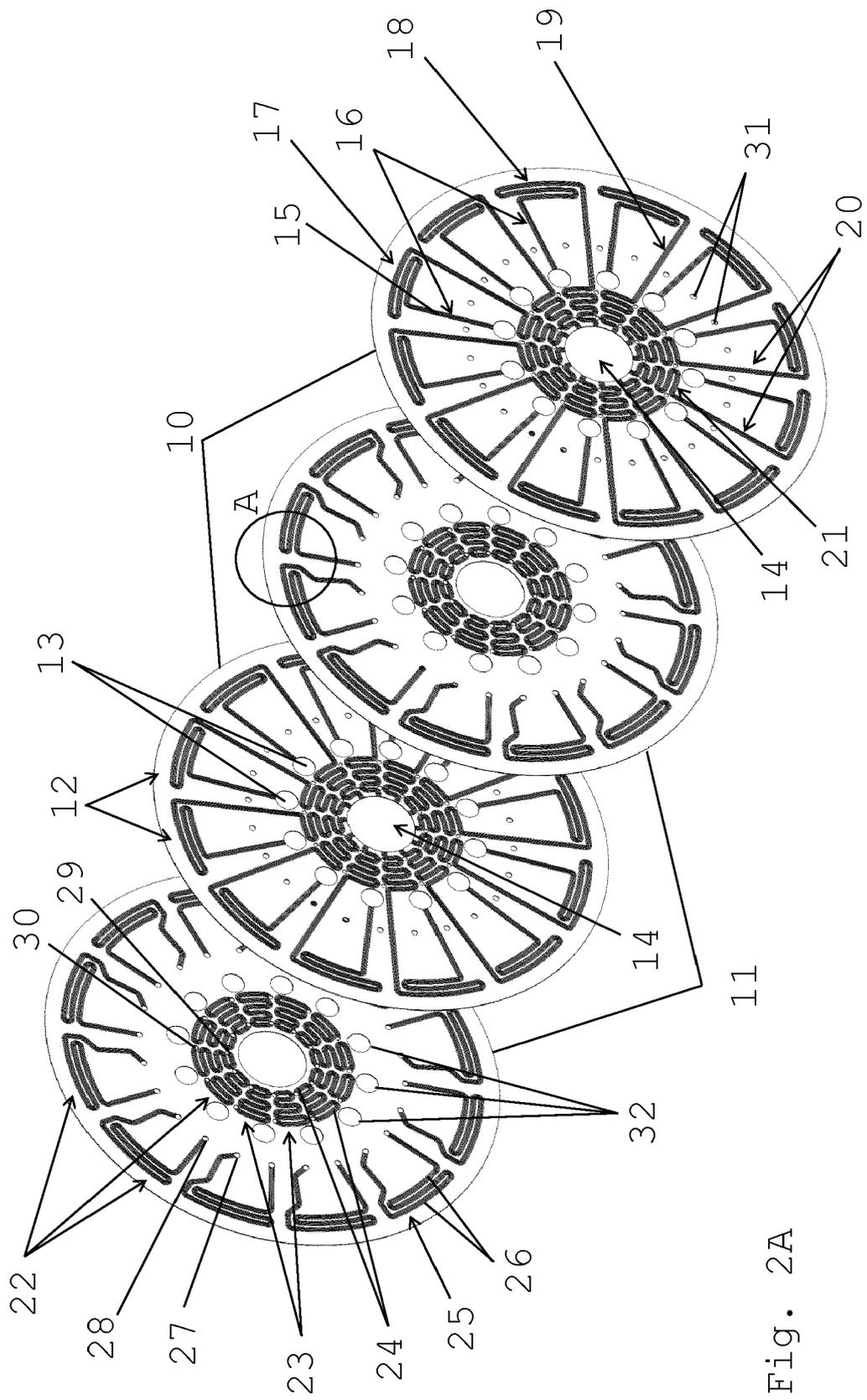


Fig. 2A

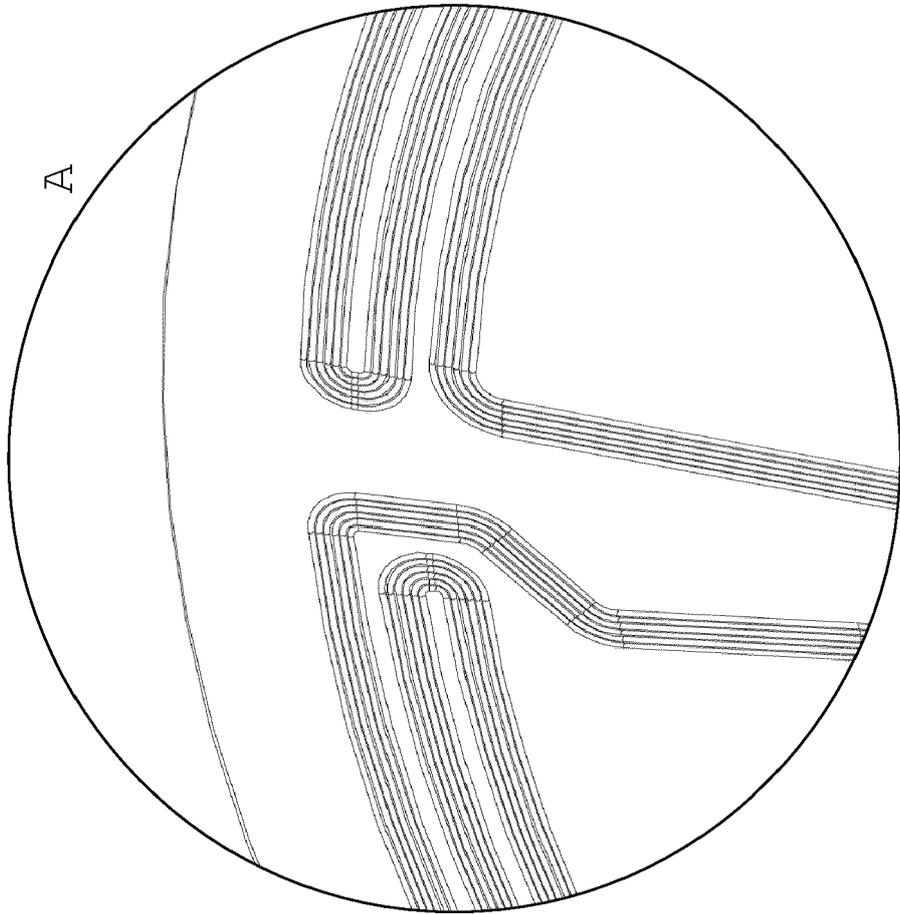


Fig. 2B

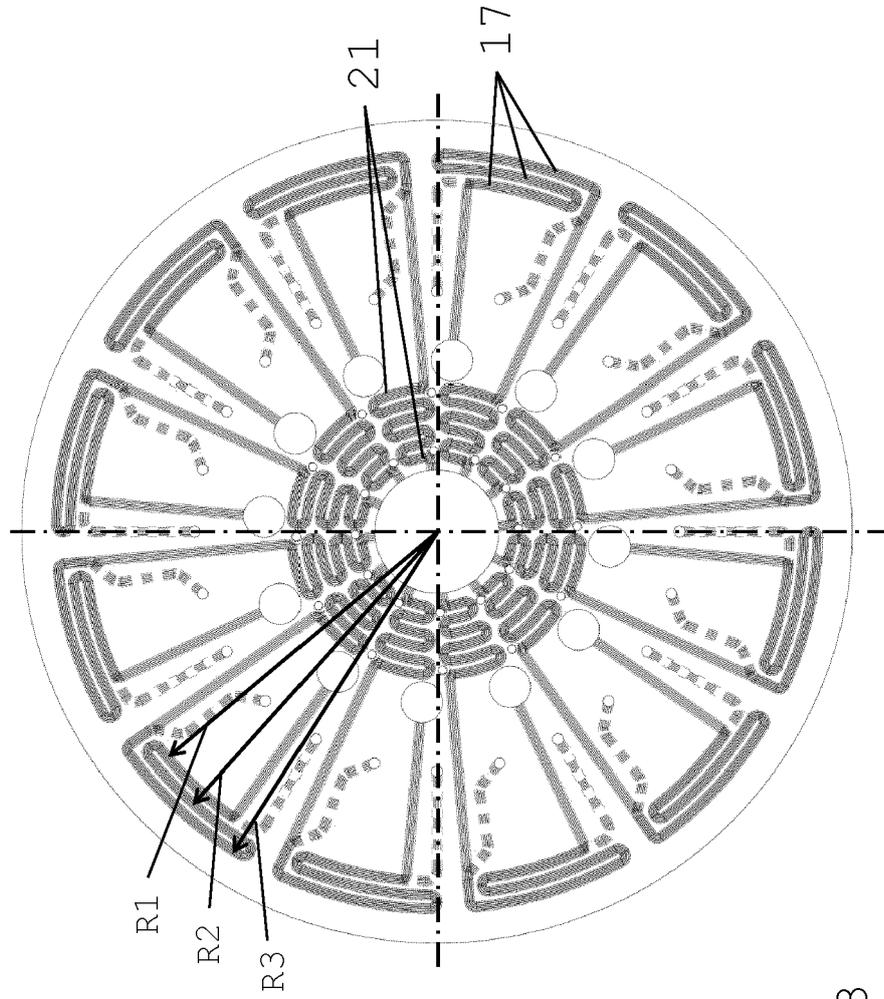


Fig. 3

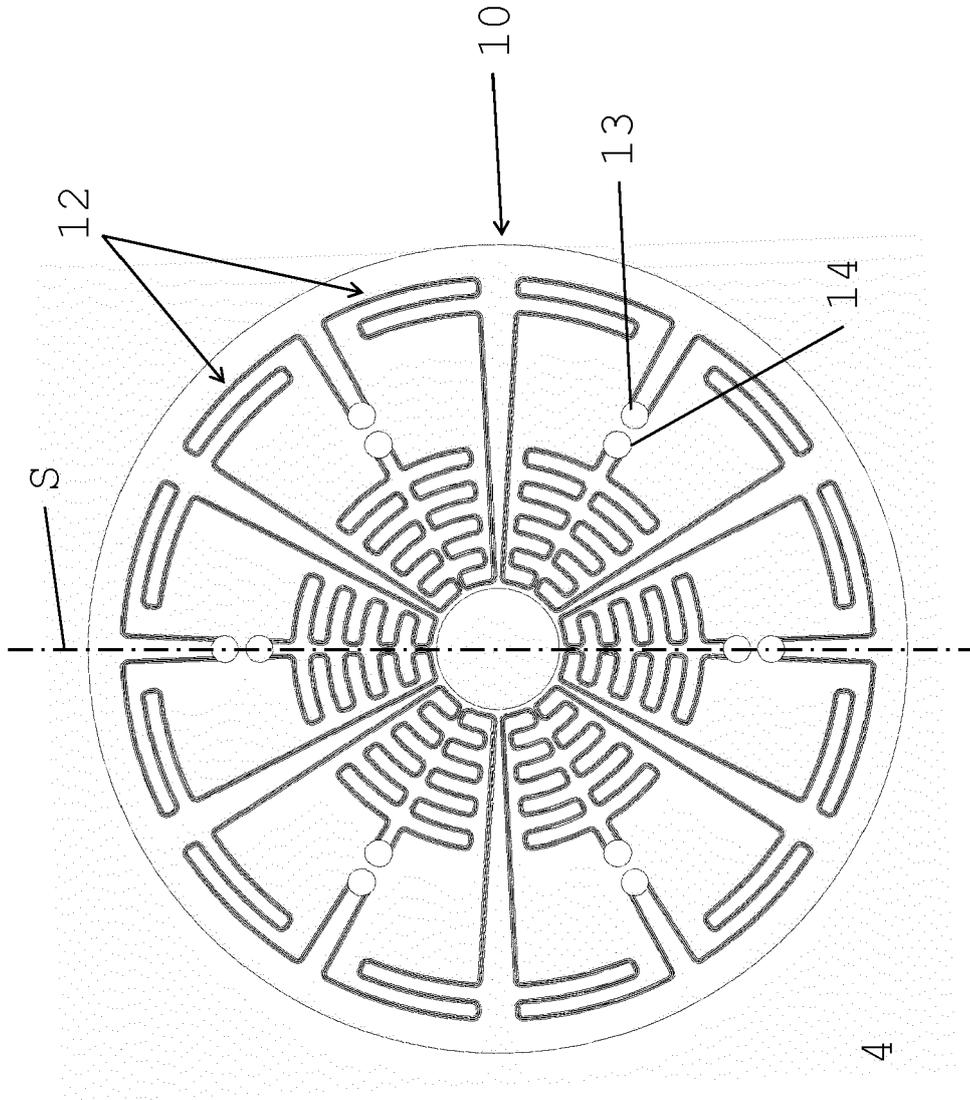


Fig. 4

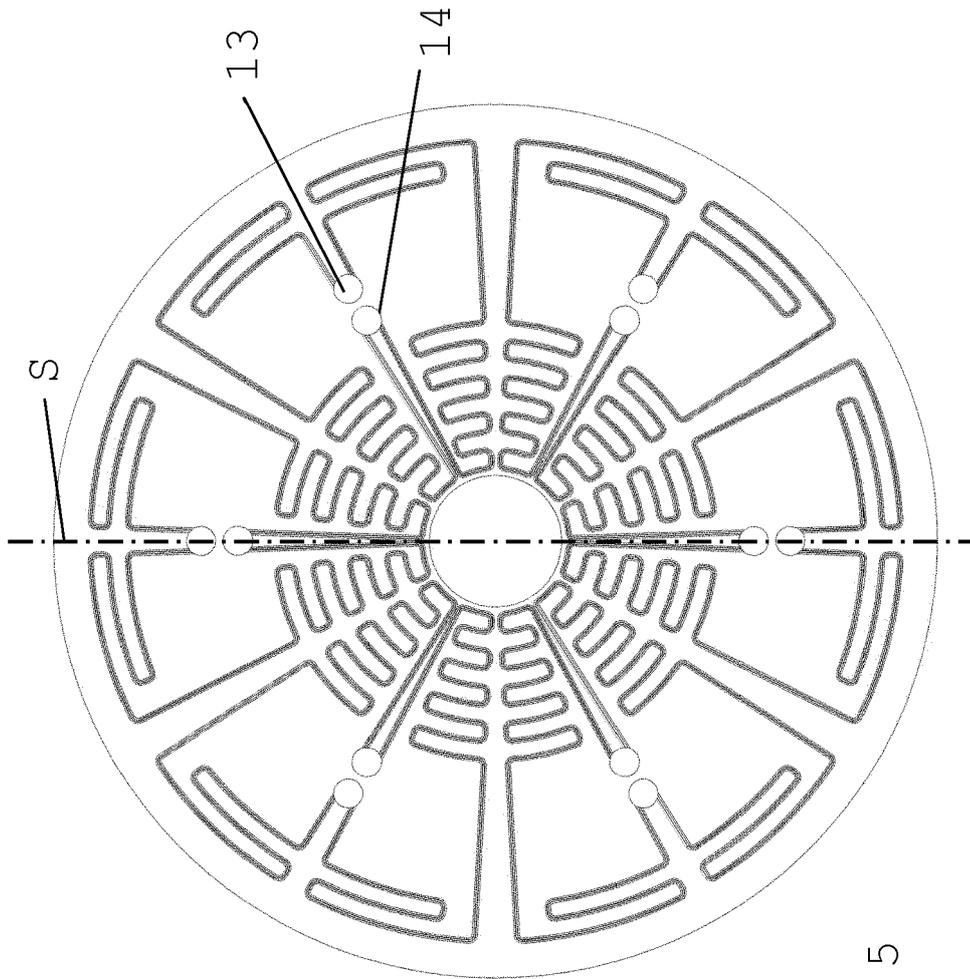


Fig. 5

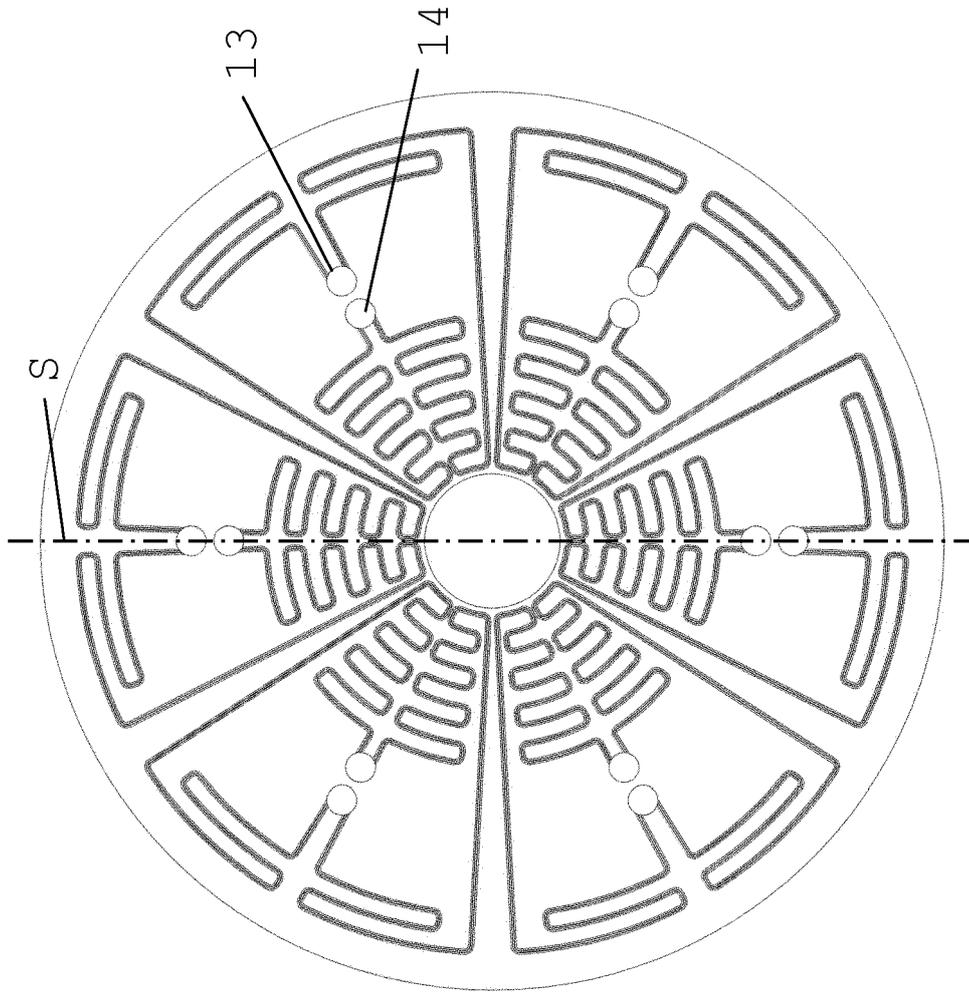


Fig. 6

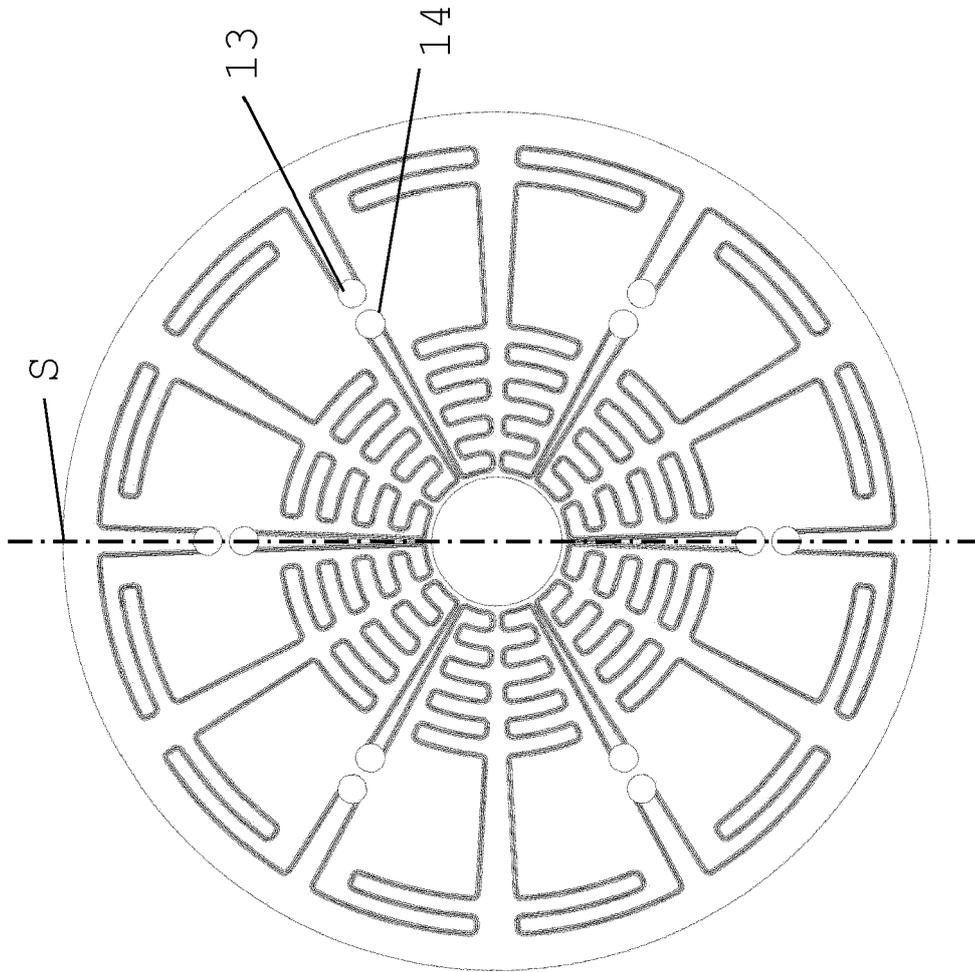


Fig. 7

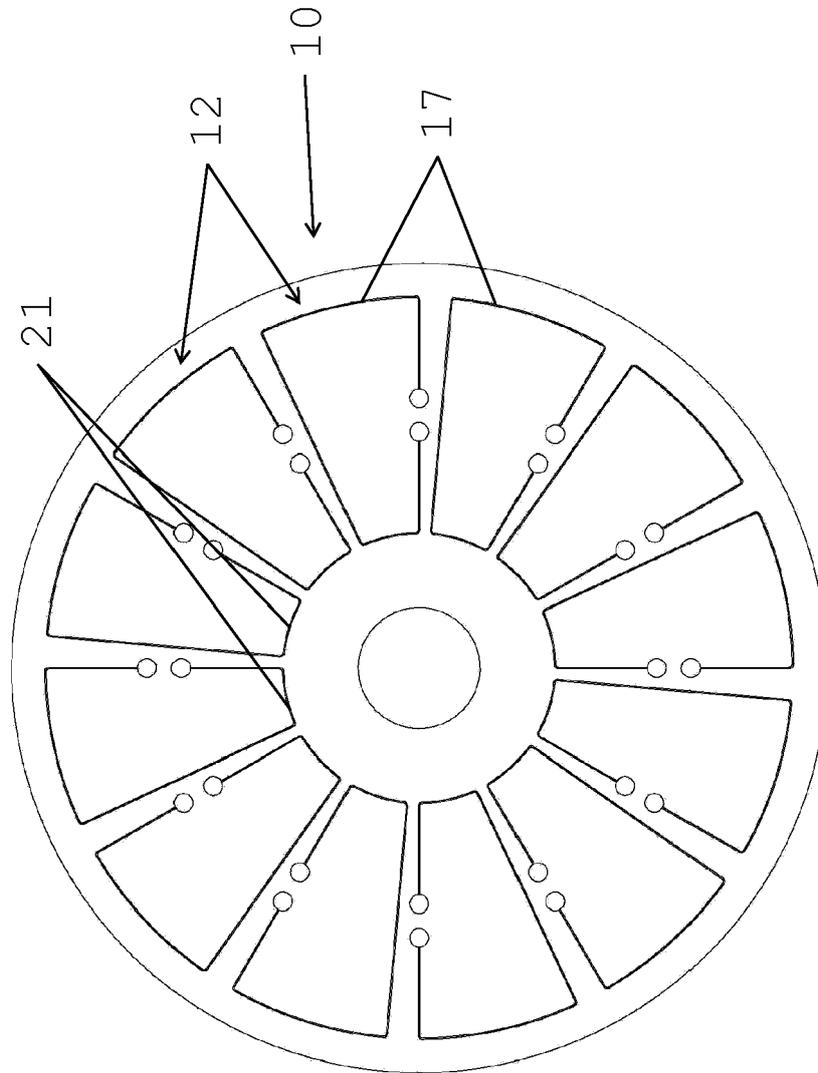


Fig. 8

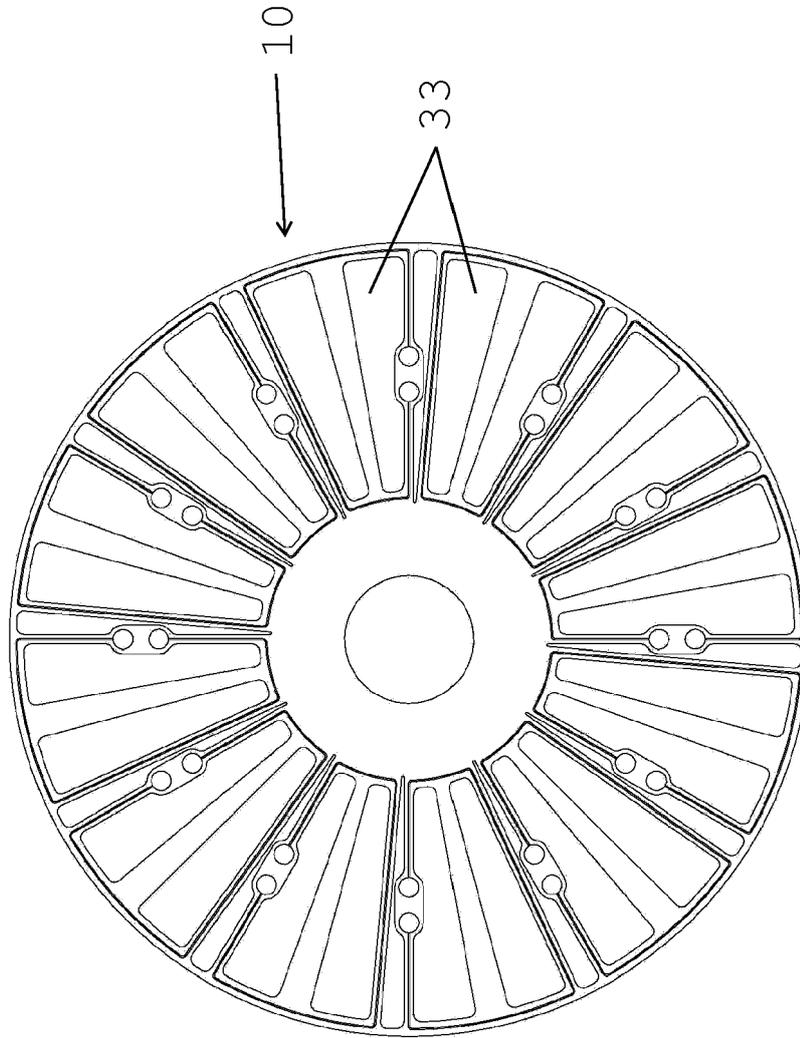


Fig. 9

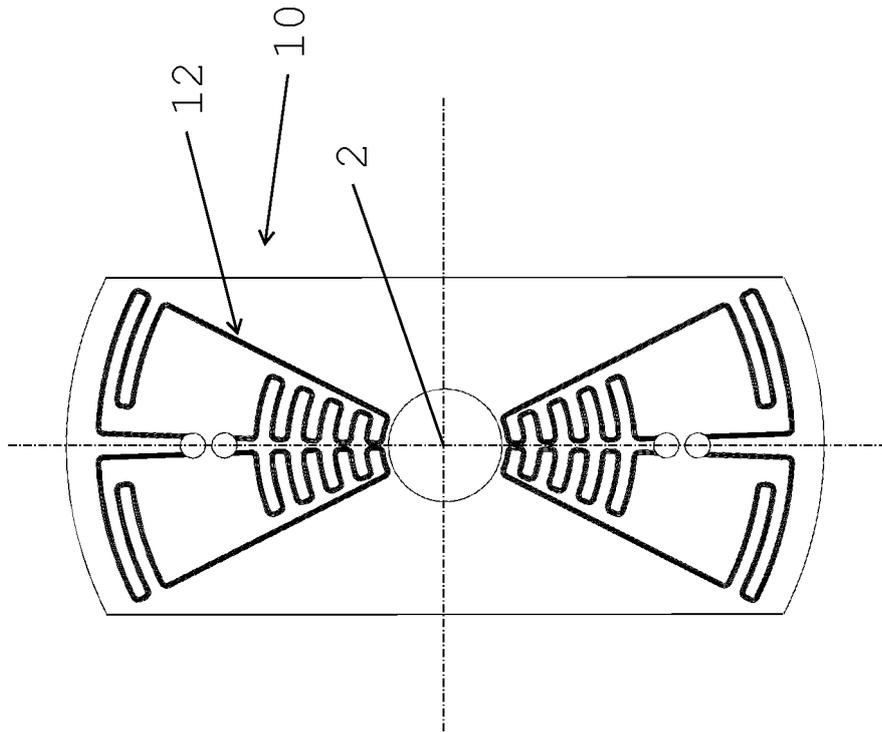


Fig. 10A

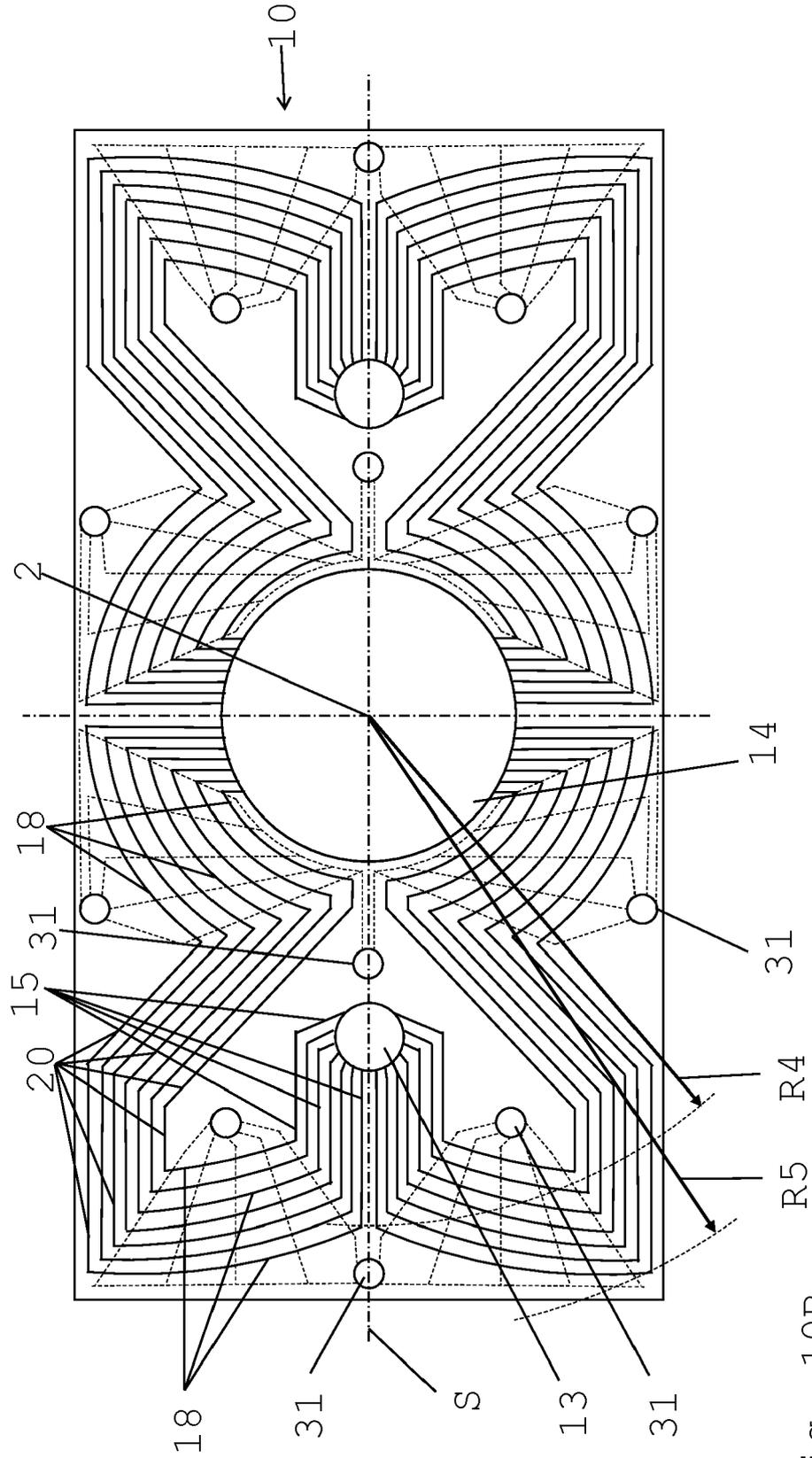


Fig. 10B

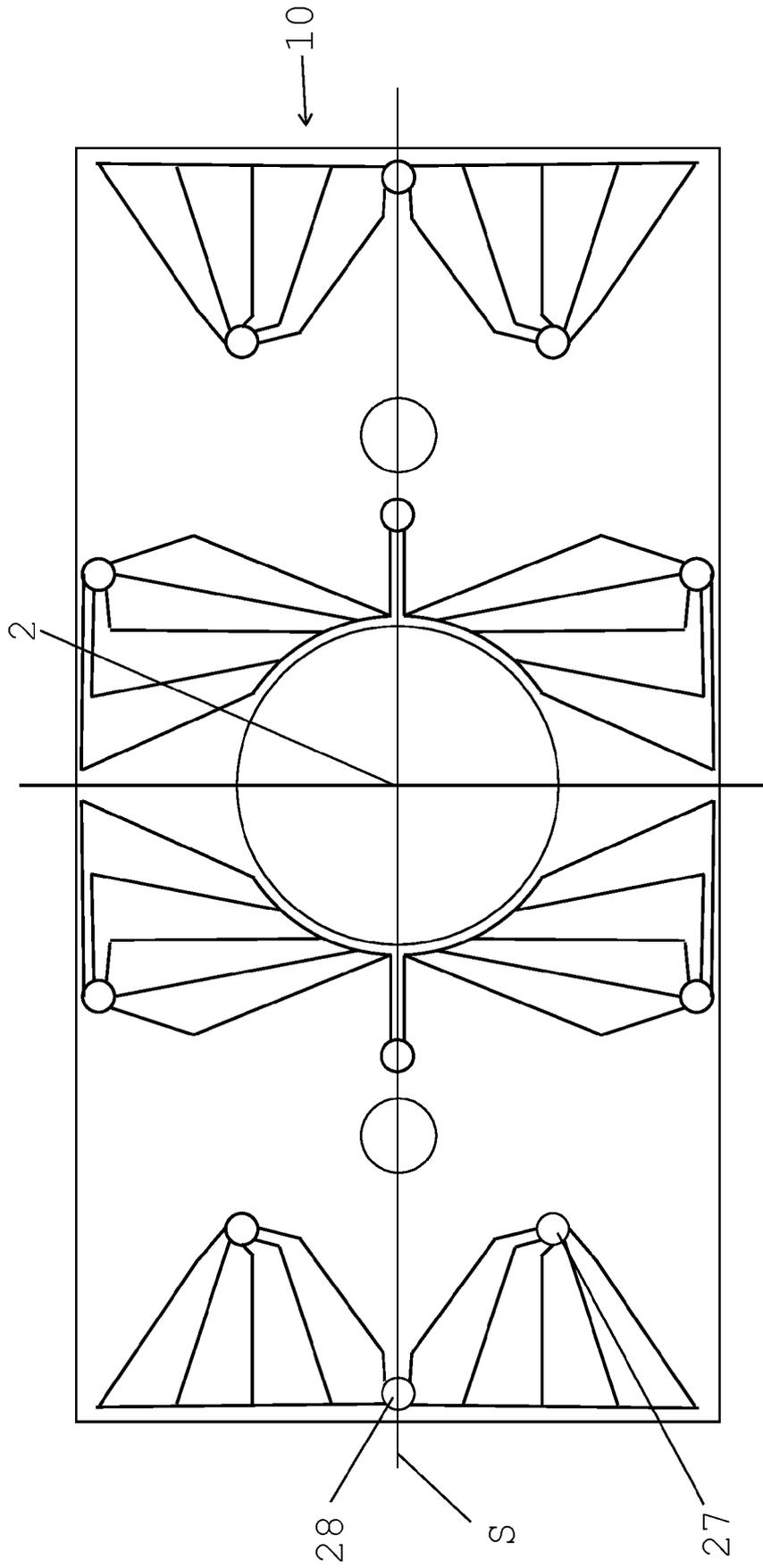


Fig. 10C

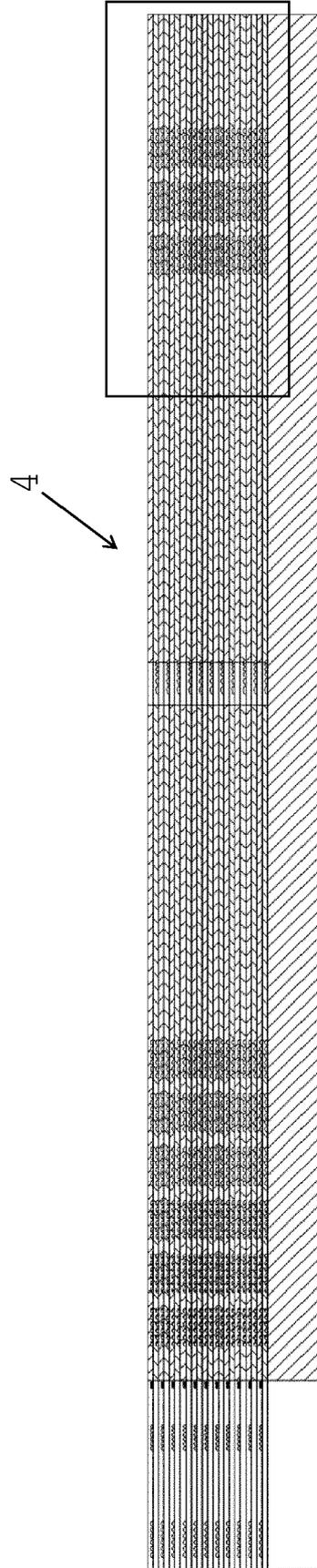


Fig. 11

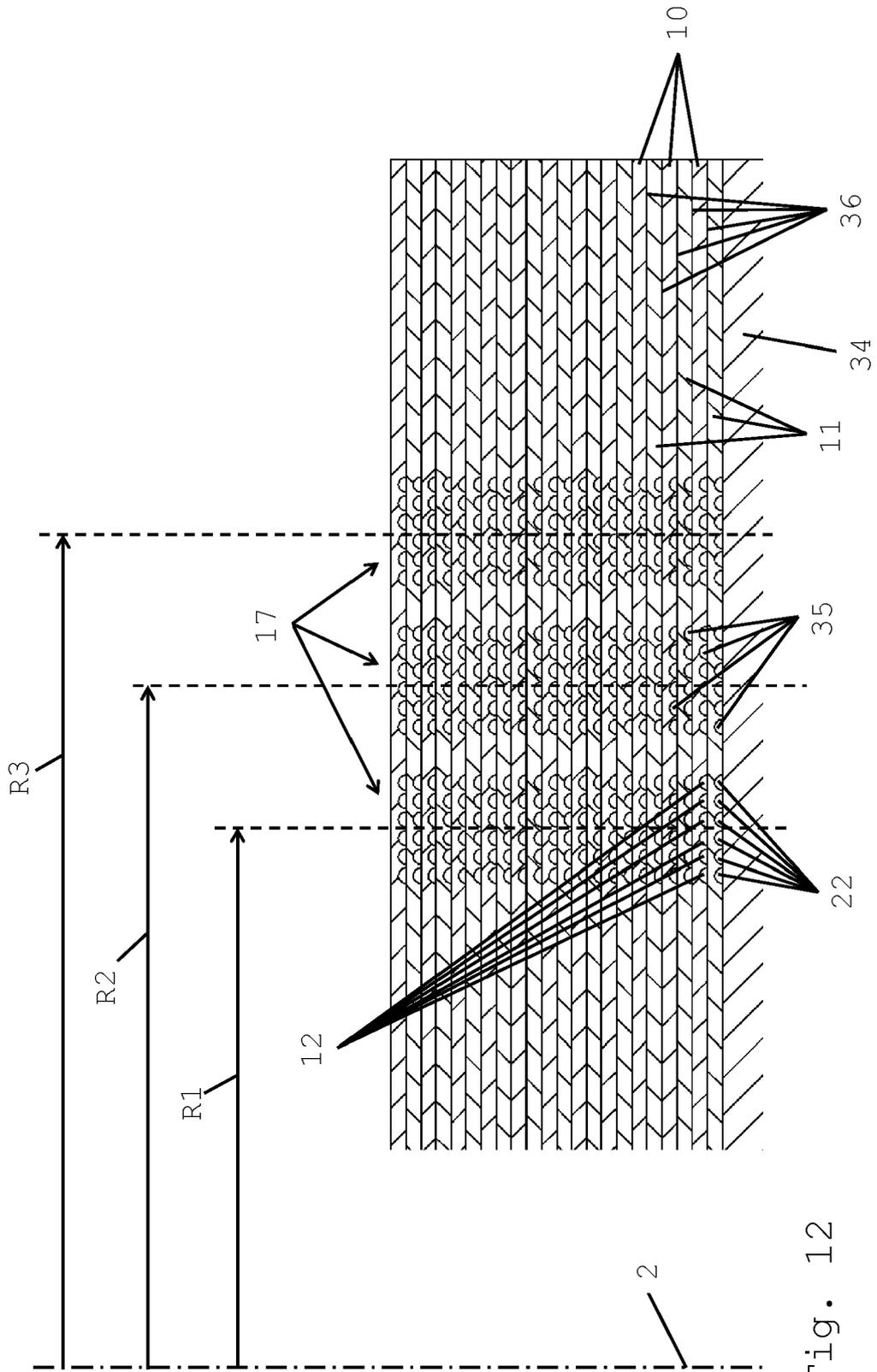


Fig. 12

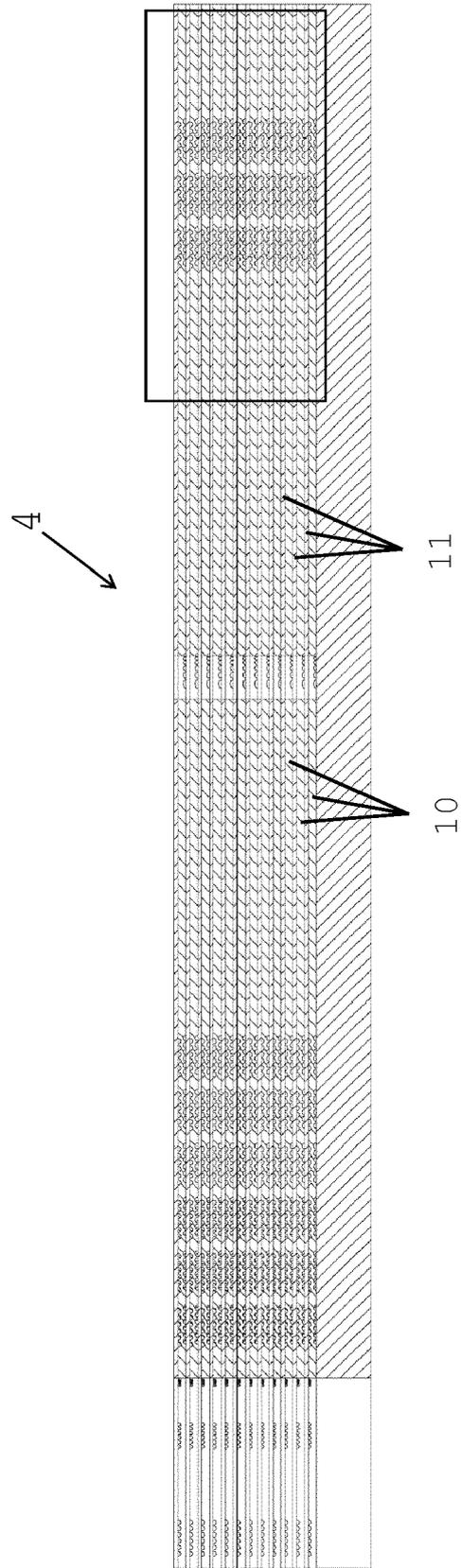


Fig. 13

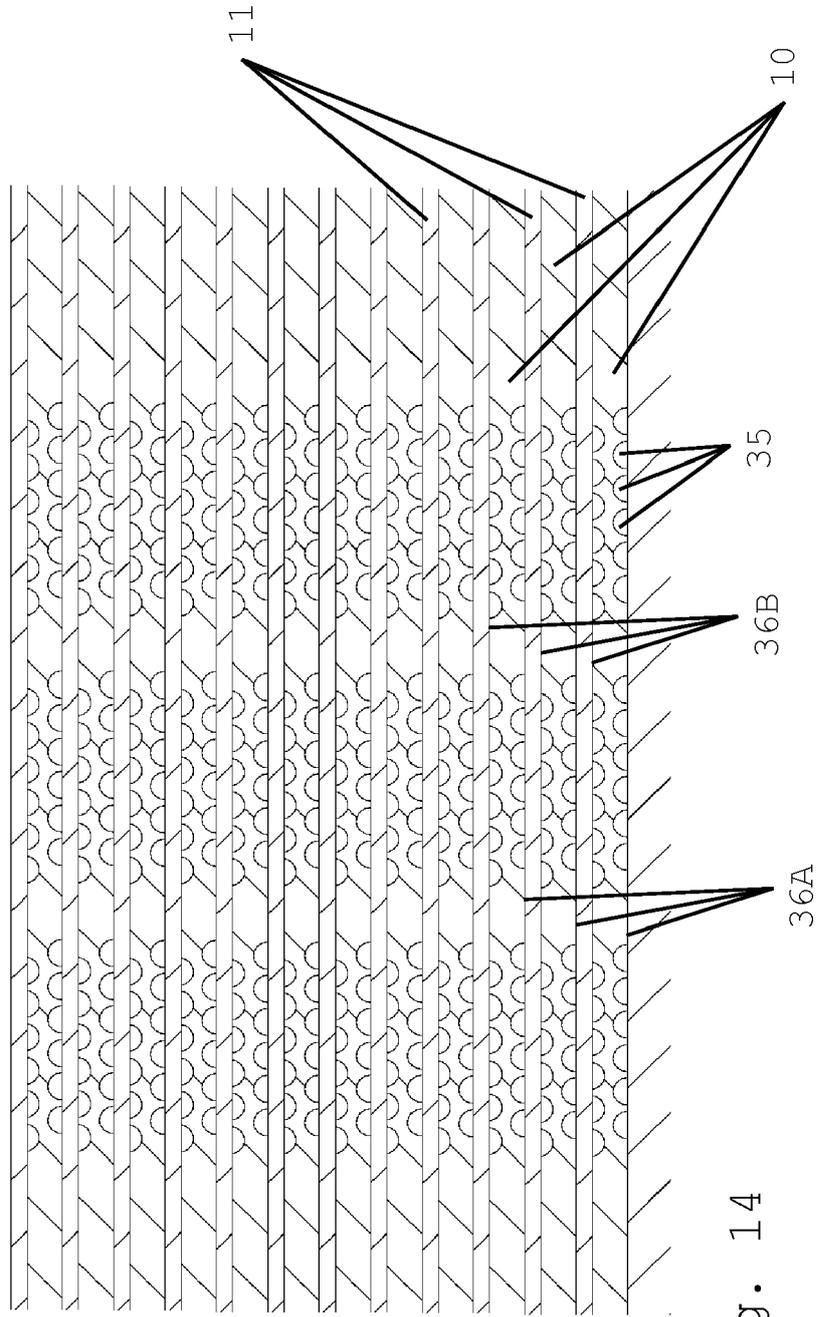


Fig. 14



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 22 19 5656

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 3 937 034 A (ESKELI MICHAEL) 10. Februar 1976 (1976-02-10)	1, 13	INV. F25B3/00
A	* Spalte 1, Zeile 30 - Spalte 4, Zeile 3; Abbildungen 1-5 *	2-12, 14, 15	
X	US 3 895 491 A (ESKELI MICHAEL) 22. Juli 1975 (1975-07-22)	1, 13	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F25B
A	* Spalte 1, Absatz 34 - Spalte 3, Absatz 39; Abbildungen 1-3 *	2-12, 14, 15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 3. Februar 2023	Prüfer Szilagyi, Barnabas
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503 03.82 (F04-C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 22 19 5656

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten
 Patentedokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

03-02-2023

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3937034 A	10-02-1976	KEINE	

US 3895491 A	22-07-1975	KEINE	

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2015103656 A [0002]
- EP 3885691 A1 [0006]
- EP 3885691 A [0055]