



(10) **DE 10 2010 042 068 A1** 2012.04.12

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 042 068.9**

(22) Anmeldetag: **06.10.2010**

(43) Offenlegungstag: **12.04.2012**

(51) Int Cl.: **F28F 3/00** (2006.01)

F02G 5/02 (2006.01)

F01K 25/00 (2006.01)

(71) Anmelder:

Behr GmbH & Co. KG, 70469, Stuttgart, DE

(74) Vertreter:

Grauel, Andreas, 70191, Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

Irmiler, Klaus, Dipl.-Ing., 72072, Tübingen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 10 2007 033 611 B4

DE 34 08 867 A1

DE 10 2009 012 784 A1

US 6 260 612 B1

US 2004 / 0 159 424 A1

EP 0 217 121 A1

WO 2009/ 089 885 A1

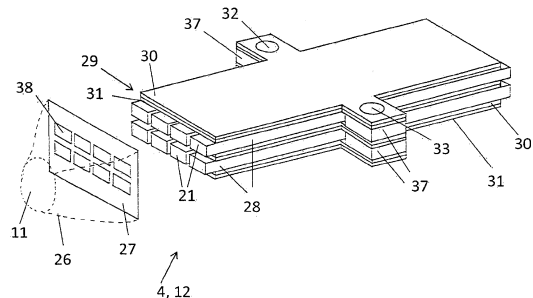
Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Wärmeübertrager**

(57) Zusammenfassung: Bei einem Wärmeübertrager (12), umfassend übereinander gestapelte Scheibenpaare (29), wobei zwischen den beiden Scheiben (30, 31) eines Scheibenpaares (29) ein erster Strömungsraum durch Durchleiten eines ersten Fluides ausgebildet ist, einen zweiten Strömungsraum (21) zum Durchleiten eines zweiten Fluides, wobei der zweite Strömungsraum (21) zwischen zwei benachbarten Scheibenpaaren (29) ausgebildet ist, eine Einlassöffnung (32) zum Einleiten des ersten Fluides, eine Auslassöffnung zum (33) Ausleiten des ersten Fluides, soll der Wärmeübertrager (12) hohen thermischen und mechanischen Beanspruchungen auch über einen längeren Zeitraum, z. B. 10 Jahre, Stand halten.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die Scheiben (30, 31) wenigstens eine Dehnungsöffnung, insbesondere wenigstens einen Dehnungsschlitz, zur Reduzierung von Spannungen in den Scheiben (30, 31) aufweisen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Wärmeübertrager gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1, ein System zur Nutzung von Abwärme eines Verbrennungsmotors mittels des Clausius-Rankine-Kreisprozesses gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 9 und einen Verbrennungsmotor mit einem System zur Nutzung von Abwärme des Verbrennungsmotors mittels des Clausius-Rankine-Kreisprozesses gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 10.

[0002] Verbrennungsmotoren werden in verschiedenen technischen Anwendungen zur Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie eingesetzt. In Kraftfahrzeugen, insbesondere in Lastkraftwagen, werden Verbrennungsmotoren eingesetzt, um das Kraftfahrzeug fortzubewegen. Der Wirkungsgrad von Verbrennungsmotoren kann durch den Einsatz von Systemen zur Nutzung von Abwärme des Verbrennungsmotors mittels des Clausius-Rankine-Kreisprozesses erhöht werden. Das System wandelt dabei Abwärme des Verbrennungsmotors in mechanische Energie um. Das System umfasst einen Kreislauf mit Leitungen mit einem Arbeitsmedium, z. B. Wasser oder ein organisches Kältemittel wie R245fa, eine Pumpe zum Fördern des Arbeitsmediums, einen Verdampferwärmeübertrager zum Verdampfen des flüssigen Arbeitsmediums, eine Expansionsmaschine, einen Kondensator zum Verflüssigen des dampfförmigen Arbeitsmediums und einen Auffang- und Ausgleichsbehälter für das flüssige Arbeitsmedium. Durch den Einsatz derartiger Systeme in einem Verbrennungsmotor kann bei einem Verbrennungsmotor mit einem derartigen System als Bestandteil des Verbrennungsmotors der Gesamtwirkungsgrad des Verbrennungsmotors erhöht werden.

[0003] In dem Verdampferwärmeübertrager wird das Arbeitsmedium durch Abwärme des Verbrennungsmotors verdampft und anschließend wird das verdampfte Arbeitsmedium der Expansionsmaschine zugeleitet, in welcher das gasförmige Arbeitsmedium expandiert und mechanische Arbeit leistet mittels der Expansionsmaschine. In dem Verdampferwärmeübertrager wird beispielsweise durch einen ersten Strömungskanal das Arbeitsmedium und durch einen zweiten Abgasströmungskanal Abgas des Verbrennungsmotors geleitet. Dadurch wird die Wärme von dem Abgas mit einer Temperatur im Bereich zwischen 400° und 600°C auf das Arbeitsmedium in dem Verdampferwärmeübertrager übertragen und dadurch wird das Arbeitsmedium von dem flüssigen Aggregatzustand in den dampfförmigen Aggregatzustand überführt.

[0004] Die WO 2009/089885 A1 zeigt eine Vorrichtung zum Austausch von Wärme zwischen einem ersten und einem zweiten Medium, mit in einer Stapelrichtung aufeinandergestapelten Schei-

benpaaren, wobei zwischen den zwei Scheiben zumindest eines Scheibenpaares ein von einem ersten Medium durchströmbarer erster Strömungsraum und zwischen zwei zueinander benachbarten Scheibenpaaren ein von einem zweiten Medium durchströmbarer zweiter Strömungsraum ausgebildet ist, wobei der erste Strömungsraum einen ersten Strömungspfad mit einer nacheinander in entgegengesetzten Richtungen durchströmbareren Strömungspfadabschnitten für das erste Medium aufweist, welche durch eine zwischen den zumindest zwei Scheiben des zumindest einen Scheibenpaares angeordneter Trennwand voneinander getrennt sind.

[0005] Bei einer Ausführung des Verdampferwärmeübertragers in einer Platten-Sandwichstruktur sind zwischen den Scheibenpaaren Distanzstücke angeordnet. Dabei treten im Betrieb eines Systems zur Nutzung von Abwärme eines Verbrennungsmotors an dem Verdampferwärmeübertrager hohe Temperaturänderungen auf. Beim Einsatz in einem Verbrennungsmotor eines Lastkraftwagens werden dabei an die Lebensdauer des Verdampferwärmeübertragers hohe Anforderungen gestellt. Der Verdampferwärmeübertrager muss dabei eine Lebensdauer von mehr als 10 Jahren bzw. einer Laufleistung des Lastkraftwagens von mehr als 1 Million Kilometern Stand halten. Dabei treten an dem Verdampferwärmeübertrager hohe Temperaturen auf, weil das Abgas mit hohen Temperaturen im Bereich von 600 bis 800°C in den Verdampferwärmeübertrager eingeleitet wird, sodass an dem Verdampferwärmeübertrager Temperaturen im Bereich von bis zu 500 bis 800°C auftreten. Dadurch ist der Verdampferwärmeübertrager hohen thermischen Beanspruchungen ausgesetzt. Zwischen den Scheibenpaaren sind Distanzstücke angeordnet. Dabei sind die Distanzstücke und die Scheibenpaare jeweils miteinander verlötet, sodass dadurch zwischen den Distanzstücken und den Scheibenpaaren hohe Spannungen (an den Scheibenpaaren/Distanzstücken) auftreten, wobei jeweils zwei Distanzstücke an einer Seite eines Scheibenpaares angeordnet sind. Diese großen Scherspannungen führen zu Undichtigkeiten und damit zu einer begrenzten Lebensdauer des Verdampferwärmeübertragers.

[0006] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht deshalb darin, einen Wärmeübertrager, ein System zur Nutzung von Abwärme eines Verbrennungsmotors mittels des Clausius-Rankine-Kreisprozesses und einen Verbrennungsmotor mit einem System zur Nutzung von Abwärme des Verbrennungsmotors mittels des Clausius-Rankine-Kreisprozesses zur Verfügung zu stellen, bei dem der Wärmeübertrager den hohen thermischen und mechanischen Beanspruchungen auch über einen längeren Zeitraum, z. B. 10 Jahre oder eine Million km Laufleistung bei einem Lastkraftwagen, Stand hält.

[0007] Diese Aufgabe wird gelöst mit einem Wärmeübertrager, umfassend übereinander gestapelte Scheibenpaare, wobei zwischen den beiden Scheiben eines Scheibenpaares ein erster Strömungsraum zum Durchleiten eines ersten Fluides ausgebildet ist, einen zweiten Strömungsraum zum Durchleiten eines zweiten Fluides, wobei der zweite Strömungsraum zwischen zwei benachbarten Scheibenpaaren ausgebildet ist, eine Einlassöffnung zum Einleiten des ersten Fluides, eine Auslassöffnung zum Ausleiten des ersten Fluides, wobei die Scheiben wenigstens eine Dehnungsöffnung, insbesondere wenigstens einen Dehnungsschlitz, zur Reduzierung von Spannungen in den Scheiben aufweisen.

[0008] Die Scheiben, zum Beispiel eine oder beide Scheiben, eines Scheibenpaares sind mit wenigstens einer Dehnungsöffnung versehen. Die wenigstens eine Dehnungsöffnung weist einen beliebigen Querschnitt auf, beispielsweise ist dieser kreisförmig, rechteckförmig, quadratisch oder ellipsenförmig. Insbesondere ist die Dehnungsöffnung schlitzförmig als ein Dehnungsschlitz ausgebildet. Durch die Dehnungsöffnungen in den Scheiben können in vorteilhafter Weise Spannungen in den Scheiben, resultierend aus den hohen thermischen Belastungen des Wärmeübertragers, stark reduziert werden, sodass zwischen den Scheiben und den Distanzstücken des Wärmeübertragers nur sehr geringe Scherspannungen auftreten. Spannungen zwischen den Scheiben können an den Dehnungsöffnungen abgebaut werden, weil an den Dehnungsöffnungen ein Raum zur Aufnahme von thermisch bedingten Größenänderungen der Scheiben vorhanden ist.

[0009] In einer ergänzenden Ausgestaltung weisen die Scheiben eine Einlass-Durchgangsöffnung auf und zwischen den Scheibenpaaren ist an den Einlass-Durchgangsöffnungen je ein Distanzstück mit einer Durchgangsöffnung ausgebildet, so dass sich an den Einlass-Durchgangsöffnungen und den Durchgangsöffnungen der Distanzstücke ein Einlasskanal zum Einleiten des ersten Fluides in den ersten Strömungsraum ausbildet.

[0010] In einer zusätzlichen Variante weisen die Scheiben eine Auslass-Durchgangsöffnung auf und ist zwischen den Scheibenpaaren an den Auslass-Durchgangsöffnungen je ein Distanzstück mit einer Durchgangsöffnung ausgebildet, so dass sich an den Auslass-Durchgangsöffnungen und den Durchgangsöffnungen der Distanzstücke ein Auslasskanal zum Ausleiten des ersten Fluides aus dem ersten Strömungsraum ausbildet.

[0011] Zweckmäßig ist die wenigstens eine Dehnungsöffnung an den Scheiben zwischen der Einlass-Durchgangsöffnung und der Auslass-Durchgangsöffnung ausgebildet. Zwischen der Einlass-Durchgangsöffnung und der Auslass-Durchgangsöffnung

sind jeweils zwischen den Scheibenpaaren die Distanzstücke angeordnet. Thermisch bedingte Größenänderungen oder Formänderungen der Scheiben sind hier besonders kritisch, weil bei einer Größenänderung oder einer Verformung der Scheiben zwischen den Distanzstücken in einem unterschiedlichen Umfang an den Distanzstücken große Scherspannungen aufzunehmen sind. Wird beispielsweise ein Scheibenpaar wesentlich stärker erwärmt als ein darunterliegendes Scheibenpaar, dehnt sich das stärker erwärmte Scheibenpaar wesentlich stärker aus, sodass dadurch an den Distanzstücken unterschiedliche Größenänderungen der Scheibenpaare auftreten und somit an den Distanzstücken große Scherspannungen aufzunehmen sind. Aufgrund der Ausbildung der wenigstens einen Dehnungsöffnung zwischen der Einlass-Durchgangsöffnung und der Auslass-Durchgangsöffnung können derartige Formänderungen von Scheiben aufgenommen werden, sodass dadurch die auftretenden Scherspannungen an den Distanzstücken, das heißt zwischen den Scheiben und den Distanzstücken, wesentlich reduziert werden können.

[0012] In einer ergänzenden Ausgestaltung ist je Scheibe eine Dehnungsöffnung im Bereich der Einlass-Durchgangsöffnung und eine Dehnungsöffnung im Bereich der Auslass-Durchgangsöffnung ausgebildet.

[0013] In einer weiteren Ausführungsform ist die Dehnungsöffnung im Bereich der Einlass-Durchgangsöffnung zwischen dem ersten Strömungsraum und der Einlass-Durchgangsöffnung ausgebildet und/oder die Dehnungsöffnung ist im Bereich der Auslass-Durchgangsöffnung zwischen dem ersten Strömungsraum und der Auslass-Durchgangsöffnung ausgebildet.

[0014] In einer zusätzlichen Variante sind zwischen den Scheibenpaaren an dem zweiten Strömungsraum Rippen, insbesondere Wellrippen, und/oder wenigstens ein Rohr angeordnet und/oder der erste Strömungsraum ist als ein, vorzugsweise mäanderförmiger, Strömungskanal ausgebildet.

[0015] In einer ergänzenden Ausführungsform sind die Komponenten des Wärmeübertragers, insbesondere die Scheiben, die Distanzstücke und/oder die Rippen, miteinander verlötet und/oder die Komponenten des Wärmeübertragers, insbesondere die Scheiben, die Distanzstücke und/oder die Rippen, bestehen wenigstens teilweise, insbesondere vollständig, aus Metall, insbesondere Edelstahl. Der Wärmeübertrager als Verdampferwärmeübertrager ist dabei hohen thermischen Beanspruchungen ausgesetzt und bei einem Durchleiten von Abgas durch den Verdampferwärmeübertrager auch hohen chemischen Beanspruchungen ausgesetzt, sodass für eine Langlebigkeit des Verdampferwärmeübertragers eine

Ausbildung, insbesondere vollständige Ausbildung, des Verdampferwärmeübertragers aus Edelstahl erforderlich ist.

[0016] Erfindungsgemäßes System zur Nutzung von Abwärme eines Verbrennungsmotors mittels des Clausius-Rankine-Kreisprozesses, umfassend einen Kreislauf mit Leitungen mit einem Arbeitsmedium, insbesondere Wasser, eine Pumpe zum Fördern des Arbeitsmediums, einen Verdampferwärmeübertrager zum Verdampfen des flüssigen Arbeitsmediums mit wenigstens einem ersten Strömungsraum zum Durchleiten des Arbeitsmediums und wenigstens einem zweiten Strömungsraum zum Durchleiten eines Fluides, z. B. Ladeluft oder Abgas, zur Übertragung von Wärme von dem Fluid auf das Arbeitsmedium, eine Expansionsmaschine, einen Kondensator zum Verflüssigen des dampfförmigen Arbeitsmediums, vorzugsweise einen Auffang- und Ausgleichsbehälter für das flüssige Arbeitsmedium, wobei der Verdampferwärmeübertrager als ein in dieser Schutzrechtsanmeldung beschriebener Wärmeübertrager ausgebildet ist.

[0017] In einer weiteren Ausgestaltung ist die Expansionsmaschine eine Turbine oder eine Hubkolbenmaschine.

[0018] Zweckmäßig weist der Wärmeübertrager eine Platten-Sandwichstruktur auf und/oder ist als ein Plattenwärmeübertrager ausgebildet.

[0019] In einer weiteren Ausgestaltung umfasst das System einen Rekuperator, mittels dem Wärme aus dem Arbeitsmedium nach dem Durchströmen der Expansionsmaschine an das Arbeitsmedium vor dem Verdampfer übertragbar ist.

[0020] In einer zusätzlichen Variante besteht der Verdampferwärmeübertrager wenigstens teilweise, insbesondere vollständig, aus Edelstahl, da das Arbeitsmedium mit einem hohen Druck, z. B. im Bereich zwischen 40 bis 80 bar, und das Abgas mit einer hohen Temperatur, z. B. im Bereich ca. 600°C, durch den Verdampferwärmeübertrager geleitet wird.

[0021] Erfindungsgemäße Verbrennungsmotor, insbesondere Hubkolbenverbrennungsmotor, mit einem System zur Nutzung von Abwärme des Verbrennungsmotors mittels des Clausius-Rankine-Kreisprozesses, das System umfassend einen Kreislauf mit Leitungen mit einem Arbeitsmedium, insbesondere Wasser, eine Pumpe zum Fördern des Arbeitsmediums, einen von der Abwärme des Verbrennungsmotors erwärmten Verdampfer zum Verdampfen des flüssigen Arbeitsmediums, eine Expansionsmaschine, einen Kondensator zum Verflüssigen des dampfförmigen Arbeitsmediums, vorzugsweise einen Auffang- und Ausgleichsbehälter für das flüssige Arbeitsmedium, wobei der Verdampferwärmeübertrager als

ein in dieser Schutzrechtsanmeldung beschriebener Wärmeübertrager ausgebildet ist und/oder das durch den zweiten Strömungskanal geleitete Fluid Ladeluft ist, so dass der Verdampferwärmeübertrager ein Ladeluftkühler ist oder das Fluid Abgas ist, so dass der Verdampferwärmeübertrager vorzugsweise ein Abgasrückführkühler ist.

[0022] In einer weiteren Ausgestaltung ist von dem System als Bestandteil des Verbrennungsmotors die Abwärme des Abgashauptstromes des Verbrennungsmotors und/oder die Abwärme der Abgasrückführung und/oder die Abwärme der komprimierten Ladeluft und/oder die Wärme eines Kühlmittels des Verbrennungsmotors nutzbar. Von dem System wird somit die Abwärme des Verbrennungsmotors in mechanische Energie umgewandelt und dadurch der Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors in vorteilhafter Weise erhöht.

[0023] In einer weiteren Ausgestaltung umfasst das System einen Generator. Der Generator ist von der Expansionsmaschine antreibbar, so dass das System damit elektrische Energie oder elektrischen Strom zur Verfügung stellen kann.

[0024] In einer weiteren Ausgestaltung wird als Arbeitsmedium des Systems Wasser als Reinstoff, R245fa, Ethanol (Reinstoff oder Gemisch von Ethanol mit Wasser); Methanol (Reinstoff oder Gemisch von Methanol und Wasser) längerkettige Alkohole C5 bis C10, längerkettige Kohlenwasserstoffe C5 (Pentan) bis C8 (Oktan), Pyridin (Reinstoff oder Gemisch von Pyridin mit Wasser), Methylpyridin (Reinstoff oder Gemisch von Methylpyridin mit Wasser), Trifluorethanol (Reinstoff oder Gemisch von Trifluorethanol mit Wasser), Hexafluorbenzol, eine Wasser-Ammoniaklösung und/oder ein Wasser-Ammoniak-Gemisch eingesetzt.

[0025] Im Nachfolgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigt:

[0026] [Fig. 1](#) eine stark vereinfachte Darstellung eines Verbrennungsmotors mit einem System zur Nutzung von Abwärme des Verbrennungsmotors,

[0027] [Fig. 2](#) einen Ansicht eines Verdampferwärmeübertragers in einem ersten Ausführungsbeispiel,

[0028] [Fig. 3](#) eine Ansicht des Verdampferwärmeübertragers in einem zweiten Ausführungsbeispiel,

[0029] [Fig. 4](#) eine Ansicht des Verdampferwärmeübertragers in einem dritten Ausführungsbeispiel,

[0030] [Fig. 5](#) eine Draufsicht einer Scheibe des Verdampferwärmeübertragers und

[0031] [Fig. 6](#) eine perspektivische Ansicht des Verdampferwärmeübertragers.

[0032] Ein Verbrennungsmotor **8** als Hubkolbenverbrennungsmotor **9** dient zum Antrieb eines Kraftfahrzeuges, insbesondere Lastkraftwagens, und umfasst ein System **1** zur Nutzung von Abwärme des Verbrennungsmotors **8** mittels des Clausius-Rankine-Kreisprozesses. Der Verbrennungsmotor **8** weist einen Abgasturbolader **17** auf. Der Abgasturbolader **17** verdichtet Frischluft **16** in eine Ladeluftleitung **13** und ein in die Ladeluftleitung **13** eingebauter Ladeluftkühler **14** kühlt die Ladeluft vor der Zuführung zu dem Verbrennungsmotor **8** ab. Durch eine Abgasleitung **10** wird ein Teil des Abgases vom Verbrennungsmotor **8** abgeleitet und anschließend in einem Verdampferwärmeübertrager **4** bzw. Wärmeübertrager **12** als Abgasrückführkühler abgekühlt sowie mit einer Abgasrückführleitung **15** der dem Verbrennungsmotor **8** mit der Ladeluftleitung **13** zugeführten Frischluft beigemischt. Ein anderer Teil des Abgases wird in den Abgasturbolader **17** eingeleitet, um den Abgasturbolader **17** anzutreiben und anschließend als Abgas **18** an die Umgebung abgegeben. Das System **1** weist Leitungen **2** mit einem Arbeitsmedium auf. In dem Kreislauf mit dem Arbeitsmedium ist eine Expansionsmaschine **5**, ein Kondensator **6**, ein Auffang- und Ausgleichsbehälter **7** sowie eine Pumpe **3** integriert. Von der Pumpe **3** wird das flüssige Arbeitsmedium auf ein höheres Druckniveau in dem Kreislauf angehoben und anschließend verdampft das flüssige Arbeitsmedium in dem Verdampferwärmeübertrager **4** und leistet anschließend in der Expansionsmaschine **5** mechanische Arbeit, indem das gasförmige Arbeitsmedium expandiert und darauffolgend einen geringen Druck aufweist. In dem Kondensator **6** wird das gasförmige Arbeitsmedium verflüssigt und anschließend wieder dem Auffang- und Ausgleichsbehälter **7** zugeführt.

[0033] In [Fig. 2](#) ist ein erstes Ausführungsbeispiel des Verdampferwärmeübertragers **4** bzw. Wärmeübertragers **12** dargestellt. Der Verdampferwärmeübertrager **4** weist eine Einlassöffnung **32** zum Einleiten des Arbeitsmediums und eine Auslassöffnung **33** zum Ausleiten des Arbeitsmediums aus dem Verdampferwärmeübertrager **4** auf. Ein in [Fig. 2](#) nicht dargestellter erster Strömungsraum **19** bildet sich zwischen einer Vielzahl von Scheibenpaaren **29** aus. Die Scheibenpaaren **29** weisen jeweils eine obere Scheibe **30** und eine untere Scheibe **31** auf. Zwischen den Scheibenpaaren **29** sind jeweils Distanzstücke **37** angeordnet. Dabei ist in die untere Scheibe **30** eine mäanderförmiger Strömungskanal **20** ([Fig. 5](#)) eingearbeitet, so dass sich zwischen der oberen und unteren Scheibe **30**, **31** der mäanderförmige Strömungskanal **20** ausbildet, durch welchen das Arbeitsmedium von der Einlassöffnung **32** zu der Auslassöffnung **33** geleitet wird. Die obere und untere Scheibe **30**, **31** ist dabei mittels einer stoffschlüssigen Ver-

bindung, nämlich einer Lötverbindung (nicht dargestellt), miteinander verbunden. Die obere und untere Scheibe **30**, **31** weist ferner eine Durchlassöffnung **36** jeweils an der Ein- und Auslassöffnung **32**, **33** auf (eine Einlass-Durchlassöffnung **36** an der Einlassöffnung **32** und eine Auslass-Durchlassöffnung **36** an der Auslassöffnung **33**) und an den Durchlassöffnungen **36** liegen zwischen den Scheibenpaaren **29** die Distanzstücke **37** mit Durchlassöffnungen **25** ([Fig. 4](#)), so dass dadurch das Arbeitsmedium auch durch die Scheibenpaare **29** zu darunter oder darüber liegenden Scheibenpaaren **29** an den Distanzstücken **39** strömen kann (analog [Fig. 4](#)). Auch die Distanzstücke **37** weisen somit jeweils die Durchlassöffnung **25** (analog [Fig. 4](#)) auf. Zwischen den Scheibenpaaren **29** sind vier im Querschnitt rechteckförmige Rohre **28** angeordnet. Die im Querschnitt rechteckförmigen Rohre **28** bilden einen zweiten Strömungsraum **21** zum Durchleiten von Abgas oder Ladeluft, damit von dem Abgas oder der Ladeluft Wärme auf das Arbeitsmedium übertragen wird und dadurch das Arbeitsmedium in dem Verdampferwärmeübertrager **4** verdampft.

[0034] Ein Boden **27** weist im Querschnitt rechteckförmige Diffusoröffnungen **38** auf. Der Boden **27** ist an den Diffusoröffnungen **38** mit den Rohren **28** stoffschlüssig verbunden, d. h. ist an diese angelötet. An dem Boden **27** ist ein in [Fig. 2](#) nur strichliert dargestellter Gasdiffusor **26** angeordnet, welcher eine Einlassöffnung **11** zum Einleiten des Abgases oder der Ladeluft aufweist. In [Fig. 2](#) ist der Boden **27** als Explosionsdarstellung noch nicht an den Rohren **28** befestigt. An dem anderen Ende der Rohre **28**, welcher in [Fig. 2](#) weiter hinten dargestellt sind, ist ebenfalls in analoger Weise ein zweiter Boden **27** mit dem Gasdiffusor **26** angeordnet (nicht dargestellt). Die obere und untere Scheibe **30**, **31** sind mittels der stoffschlüssigen Verbindung d. h. der Lötverbindung (nicht dargestellt) miteinander verbunden.

[0035] In [Fig. 3](#) ist ein zweites Ausführungsbeispiel des Verdampferwärmeübertragers **4** dargestellt. Im Nachfolgenden werden im Wesentlichen nur die Unterschiede zu dem ersten Ausführungsbeispiel gemäß [Fig. 2](#) beschrieben. Zwischen den Scheibenpaaren **29** ist anstelle von vier im Querschnitt rechteckförmigen Rohren **28** nur eine im Querschnitt rechteckförmige Rohr **28** angeordnet und innerhalb des Rohres **28** ist eine Rippe **34** bzw. Rippenstruktur **34** angeordnet. An den Rohren **28** wird in analoger Weise zu dem ersten Ausführungsbeispiel der Boden **27** mit Diffusoröffnungen **38** sowie ein Gasdiffusor **26** befestigt (nicht dargestellt). Dies gilt für die beidseitigen Enden der Rohre **28** gemäß dem Ausführungsbeispiel in [Fig. 3](#). Dabei weist der Verdampferwärmeübertrager **4** sowohl im ersten als auch im zweiten Ausführungsbeispiel eine Vielzahl von übereinander angeordneten Scheibenpaare **29** sowie dazwischen

angeordneten Rohren **28** auf. Dies ist in [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) nur teilweise dargestellt.

[0036] In den [Fig. 4](#) ist ein drittes Ausführungsbeispiel des Verdampferwärmeübertragers **4** dargestellt. In analoger Weise zu dem zweiten Ausführungsbeispiel gemäß [Fig. 3](#) sind eine Vielzahl von Scheibenpaaren **29** mit einer oberen und unteren Scheibe **30, 31** miteinander verbunden und übereinander angeordnet. Dabei ist die obere Scheibe **30** mittelbar mit einem umlaufenden Rahmen **35** mit der unteren Scheibe **31** mit der Lötverbindung verbunden. Dadurch bildet sich zwischen der oberen und unteren Scheibe **30, 31** jeweils ein erster Strömungsraum **19** aus. Zwischen den Scheibenpaaren **29** ist jeweils das Distanzstück **37** mit der Durchlassöffnung **25** angeordnet, so dass das Arbeitsmedium in eine Vielzahl an Strömungsräumen **19** zwischen den Scheiben **30, 31** der übereinander angeordneten Scheibenpaaren **29** ein- und ausgeleitet werden kann aufgrund der Durchlassöffnungen **36** in der oberen und unteren Scheiben **30, 31**. Zwischen der unteren Scheibe **31** und der oberen Scheibe **30** von zwei unterschiedlichen Scheibenpaaren **29** ist die Rippe **34** angeordnet und durch den Rahmen **35** zwischen dieser oberen Scheibe **30** und der unteren Scheibe **31** bildet sich jeweils ein zweiter Strömungsraum **21** für das Fluid zwischen zwei Scheibenpaaren **29** aus. Am gasseitigen Rand der Scheibenpaaren **29** ist jeweils ein Gasdiffusor **26** (nicht dargestellt) angeordnet. Der Gasdiffusor **38** ist dabei fluiddicht an die beiden Enden der übereinander gestapelten Scheibenpaaren **29** unmittelbar angelötet.

[0037] Die Komponenten des Verdampferwärmeübertragers **4**, z. B. die Scheibenpaaren **29**, die Rippen **34**, der Gasdiffusor **26** oder das Distanzstück **37**, z. B. aus Edelstahl oder Aluminium, sind mit der stoffschlüssigen Verbindung insbesondere der Lötverbindung oder einer Klebeverbindung, miteinander verbunden.

[0038] In [Fig. 5](#) ist eine Ansicht der Scheibe **30, 31** des Verdampferwärmeübertragers **4** gemäß dem ersten und zweiten Ausführungsbeispiel dargestellt. Die obere und untere Scheibe **30, 31** weist zwei Durchlassöffnungen **36** zum Durchleiten des Arbeitsmediums auf. Dabei ist in die Scheibe **30, 31** ein Strömungskanal **20** als erster Strömungsraum **19** eingearbeitet, welcher die beiden Durchlassöffnungen **36** miteinander verbindet. Dadurch kann das Arbeitsmedium von der oberen (Einlass)Durchlassöffnung **36** durch den Strömungskanal **20** zu der unteren (Auslass-)Durchlassöffnung **36** gemäß [Fig. 5](#) strömen. Zwischen zwei Scheibenpaaren ([Fig. 2](#) und [Fig. 3](#)) sind jeweils an den Durchlassöffnungen **36** Distanzstücke **37** mit Durchlassöffnungen **25** angeordnet. Dabei können im Betrieb des Verdampferwärmeübertragers **4** an den Scheibenpaaren **29** unterschiedliche Temperaturänderungen auftreten. Bei-

spielsweise kann ein Scheibenpaar **29** wesentlich stärker erwärmt werden, als ein darunterliegendes Scheibenpaar **29**. Dadurch dehnen sich die Scheiben **30, 31** des stärker erwärmten Scheibenpaares **29** wesentlich stärker aus, sodass dadurch an den Distanzstücken **37** Scherspannungen aufzunehmen sind, weil das Scheibenpaar **29**, welches stärker erwärmt wird, sich stärker ausdehnt als das Scheibenpaar **29**, welches nur geringfügig oder nicht erwärmt wird. Derartige Scherspannungen können zu Schäden an der Lötverbindung zwischen den Scheiben **30, 31** und den Distanzstücken **37** führen. Aus diesem Grund sind zwischen den beiden Durchlassöffnungen **36** zwei Dehnungsöffnungen **22**, jeweils als Dehnungsschlitz **26** ausgebildet, vorhanden. Aufgrund der beiden Dehnungsschlitze **23** können sich die Scheiben **30, 31** bei Temperaturänderungen leicht verformen, sodass dadurch in den Scheiben **30, 31** zwischen den Durchlassöffnungen **36** nur geringe Spannungen auftreten und dadurch auch zwischen den Scheiben **30, 31** und den Distanzstücken **37** nur geringe Scherspannungen an den Lötverbindungen auftreten. Dabei sind die Dehnungsschlitze **23** jeweils zwischen den Durchlassöffnungen **36** und dem Strömungskanal **20** ausgebildet. Zwischen den Dehnungsöffnungen **22** und den Durchlassöffnungen **36** sowie zwischen den Dehnungsöffnungen **22** und dem Strömungskanal **20** sind ausreichende Lötverbindungen vorhanden, sodass der Verdampferwärmeübertrager **4** auch weiterhin hohen mechanischen Belastungen, insbesondere aufgrund von Vibrationen, Stand hält. Die Dehnungsschlitze **23** weisen dabei eine Breite im Bereich von 1 bis 10 mm, vorzugsweise zwischen 2 und 5 mm auf und eine Länge im Bereich von 2 bis 30 mm, vorzugsweise im Bereich zwischen 5 und 30 mm.

[0039] Bei dem Wärmeübertrager **4** gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel in [Fig. 4](#) weist die untere Scheibe **31** keinen mäanderförmigen Strömungskanal **20** auf, jedoch sind die Scheiben **30, 31** jeweils mit den beiden Dehnungsschlitzen **23** wie in [Fig. 5](#) versehen.

[0040] In [Fig. 6](#) ist eine perspektivische Ansicht des Verdampferwärmeübertragers **4** als Wärmeübertrager **12** dargestellt. An den beiden Durchlassöffnungen **36** der obersten Scheibe **30** ist jeweils eine Buchse **24** angeordnet. An der Buchse **24** ist eine Einlassöffnung **32** für das Arbeitsmedium und eine Auslassöffnung **33** für das Arbeitsmedium vorhanden. Das Abgas wird durch den zweiten Strömungsraum **21** geleitet, welcher zwischen den Scheibenpaaren **29** auftritt. Somit wird das Abgas durch einen Eintritt **39** eingeleitet und durch einen Austritt **30** aus dem Wärmeübertrager **12** abgeleitet. Vorzugsweise kann dabei der Verdampferwärmeübertrager **4**, insbesondere der Wärmeübertrager **12**, auch ein nicht dargestelltes Gehäuse aufweisen und innerhalb des von dem Gehäuse eingeschlossenen Innenraumes sind die über-

einander gestapelten Scheibenpaare **29** angeordnet. Das Gehäuse weise dabei die Einlassöffnung **11** für das zweite Fluid, nämlich Abgas, und eine Auslassöffnung auf. Das Gehäuse kann dabei auch als der Gasdiffuser **26** ausgebildet sein.

35	Rahmen
36	Durchlassöffnung
37	Distanzstück
38	Diffusoröffnung
39	Eintritt Abgas
40	Austritt Abgas

[0041] Insgesamt betrachtet sind mit dem erfindungsgemäßen Wärmeübertrager **12** wesentliche Vorteile verbunden. Beim Einsatz des Wärmeübertrags **12** als Verdampferwärmeübertrager **4** in dem System **1** treten hohe thermische Beanspruchungen aufgrund von Temperaturänderungen an dem Verdampferwärmeübertrager **4** auf. Aufgrund der Dehnungsöffnungen **22** in den Scheiben **30**, **31** werden die auftretenden thermischen Spannungen wesentlich reduziert, sodass dadurch die Lebensdauer des Verdampferwärmeübertragers **4** wesentlich erhöht wird, weil von den Lötverbindungen zwischen den Scheiben **30**, **31** und den Distanzstücken **37** wesentlich geringere Scherspannungen bzw. Kräfte aufgenommen werden müssen.

Bezugszeichenliste

1	System
2	Leitung
3	Pumpe
4	Verdampferwärmeübertrager
5	Expansionsmaschine
6	Kondensator
7	Auffang- und Ausgleichsbehälter
8	Verbrennungsmotor
9	Hubkolbenverbrennungsmotor
10	Abgasleitung
11	Einlassöffnung für das zweite Fluid, Abgas
12	Wärmeübertrager
13	Ladeluftleitung
14	Ladeluftkühler
15	Abgasrückführleitung
16	Frischluf
17	Abgasturbolader
18	Abgas
19	Erster Strömungsraum
20	Strömungskanal
21	Zweiter Strömungsraum
22	Dehnungsöffnung
23	Dehnungsschlitz
24	Buchse
25	Durchlassöffnung in Distanzstück
26	Gasdiffusor
27	Boden
28	Rohr
29	Scheibenpaar
30	Obere Scheibe
31	Untere Scheibe
32	Einlassöffnung für das erste Fluid, Arbeitsmedium
33	Auslassöffnung für das erste Fluid, Arbeitsmedium
34	Rippe

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- WO 2009/089885 A1 [\[0004\]](#)

Patentansprüche

1. Wärmeübertrager (12), umfassend

- übereinander gestapelte Scheibenpaare (29), wobei zwischen den beiden Scheiben (30, 31) eines Scheibenpaares (29) ein erster Strömungsraum (19) durch Durchleiten eines ersten Fluides ausgebildet ist,
- einen zweiten Strömungsraum (21) zum Durchleiten eines zweiten Fluides, wobei der zweite Strömungsraum (21) zwischen zwei benachbarten Scheibenpaaren (29) ausgebildet ist,
- eine Einlassöffnung (32) zum Einleiten des ersten Fluides,
- eine Auslassöffnung zum (33) Ausleiten des ersten Fluides,

dadurch gekennzeichnet, dass die Scheiben (30, 31) wenigstens eine Dehnungsöffnung (22), insbesondere wenigstens einen Dehnungsschlitz (23), zur Reduzierung von Spannungen in den Scheiben (30, 31) aufweisen.

2. Wärmeübertrager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Scheiben (30, 31) eine Einlass-Durchgangsöffnung (36) aufweisen und zwischen den Scheibenpaaren (29) an den Einlass-Durchgangsöffnungen (36) je ein Distanzstück (37) mit einer Durchgangsöffnung (25) ausgebildet ist, so dass sich an den Einlass-Durchgangsöffnungen (36) und den Durchgangsöffnungen (25) der Distanzstücke (37) ein Einlasskanal zum Einleiten des ersten Fluides in den ersten Strömungsraum (19) ausbildet.

3. Wärmeübertrager nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Scheiben (30, 31) eine Auslass-Durchgangsöffnung (36) aufweisen und zwischen den Scheibenpaaren (29) an den Auslass-Durchgangsöffnungen (36) je ein Distanzstück (37) mit einer Durchgangsöffnung (25) ausgebildet ist, so dass sich an den Auslass-Durchgangsöffnungen (36) und den Durchgangsöffnungen (25) der Distanzstücke (37) ein Auslasskanal zum Ausleiten des ersten Fluides aus dem ersten Strömungsraum (19) ausbildet.

4. Wärmeübertrager nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Dehnungsöffnung (22) an den Scheiben (30, 31) zwischen der Einlass-Durchgangsöffnung (36) und der Auslass-Durchgangsöffnung (36) ausgebildet ist.

5. Wärmeübertrager nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass je Scheibe (30, 31) eine Dehnungsöffnung (22) im Bereich der Einlass-Durchgangsöffnung (36) und eine Dehnungsöffnung (22) im Bereich der Auslass-Durchgangsöffnung (36) ausgebildet ist

6. Wärmeübertrager nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Dehnungsöffnung (22) im Bereich der Einlass-Durchgangsöffnung (36) zwischen dem ersten Strömungsraum (19) und der Einlass-Durchgangsöffnung (36) ausgebildet ist und/oder die Dehnungsöffnung (22) im Bereich der Auslass-Durchgangsöffnung (36) zwischen dem ersten Strömungsraum (19) und der Auslass-Durchgangsöffnung (36) ausgebildet ist.

7. Wärmeübertrager nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Scheibenpaaren (29) an dem zweiten Strömungsraum (21) Rippen (34), insbesondere Wellrippen, und/oder wenigstens ein Rohr (28) angeordnet sind und/oder der erste Strömungsraum (19) als ein, vorzugsweise mäanderförmiger, Strömungskanal (20) ausgebildet ist.

8. Wärmeübertrager nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Komponenten des Wärmeübertragers (12), insbesondere die Scheiben (30, 31), die Distanzstücke (37) und/oder die Rippen (34), miteinander verlötet sind und/oder die Komponenten des Wärmeübertragers (12), insbesondere die Scheiben (31, 31), die Distanzstücke (37) und/oder die Rippen (34), wenigstens teilweise, insbesondere vollständig, aus Metall, insbesondere Edelstahl, bestehen.

9. System (1) zur Nutzung von Abwärme eines Verbrennungsmotors (8) mittels des Clausius-Rankine-Kreisprozesses, umfassend

- einen Kreislauf mit Leitungen (2) mit einem Arbeitsmedium, insbesondere Wasser,
- eine Pumpe (3) zum Fördern des Arbeitsmediums,
- einen Verdampferwärmeübertrager (4) zum Verdampfen des flüssigen Arbeitsmediums mit wenigstens einem ersten Strömungsraum (19) zum Durchleiten des Arbeitsmediums und wenigstens einem zweiten Strömungsraum (21) zum Durchleiten eines Fluides, z. B. Ladeluft oder Abgas, zur Übertragung von Wärme von dem Fluid auf das Arbeitsmedium,
- eine Expansionsmaschine (5),
- einen Kondensator (6) zum Verflüssigen des dampfförmigen Arbeitsmediums,
- vorzugsweise einen Auffang- und Ausgleichsbehälter (7) für das flüssige Arbeitsmedium,

dadurch gekennzeichnet, dass der Verdampferwärmeübertrager (4) gemäß einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche ausgebildet ist.

10. Verbrennungsmotor (8), insbesondere Hubkolbenverbrennungsmotor (9), mit einem System (1) zur Nutzung von Abwärme des Verbrennungsmotors (8) mittels des Clausius-Rankine-Kreisprozesses, das System (1) umfassend

- einen Kreislauf mit Leitungen (2) mit einem Arbeitsmedium, insbesondere Wasser,

- eine Pumpe (3) zum Fördern des Arbeitsmediums,
- einen, insbesondere von der Abwärme des Verbrennungsmotors (8) erwärmbaren, Verdampferwärmeübertrager (4) zum Verdampfen des flüssigen Arbeitsmediums,
- eine Expansionsmaschine (5),
- einen Kondensator (6) zum Verflüssigen des dampfförmigen Arbeitsmediums,
- vorzugsweise einen Auffang- und Ausgleichsbehälter (7) für das flüssige Arbeitsmedium, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdampferwärmeübertrager gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8 ausgebildet ist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

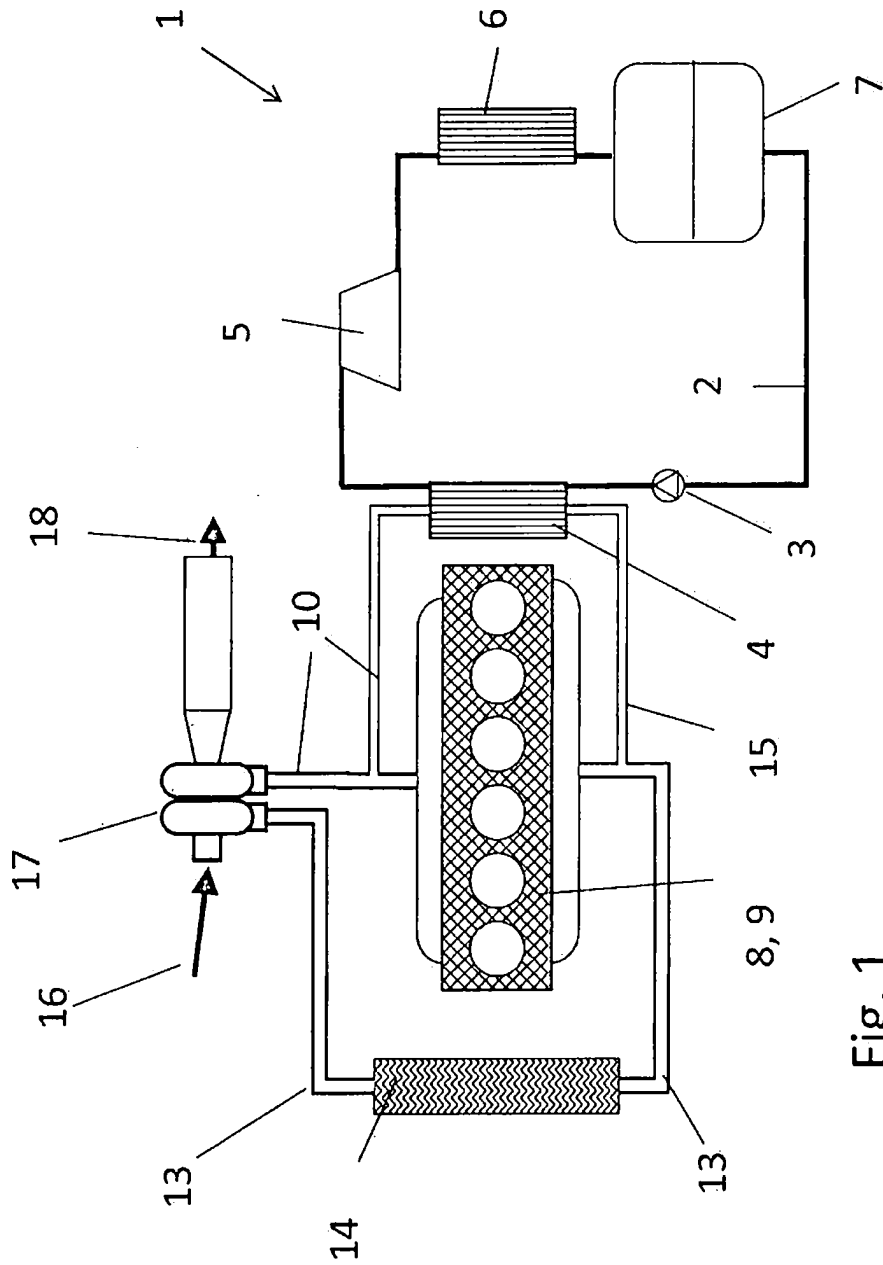


Fig. 1

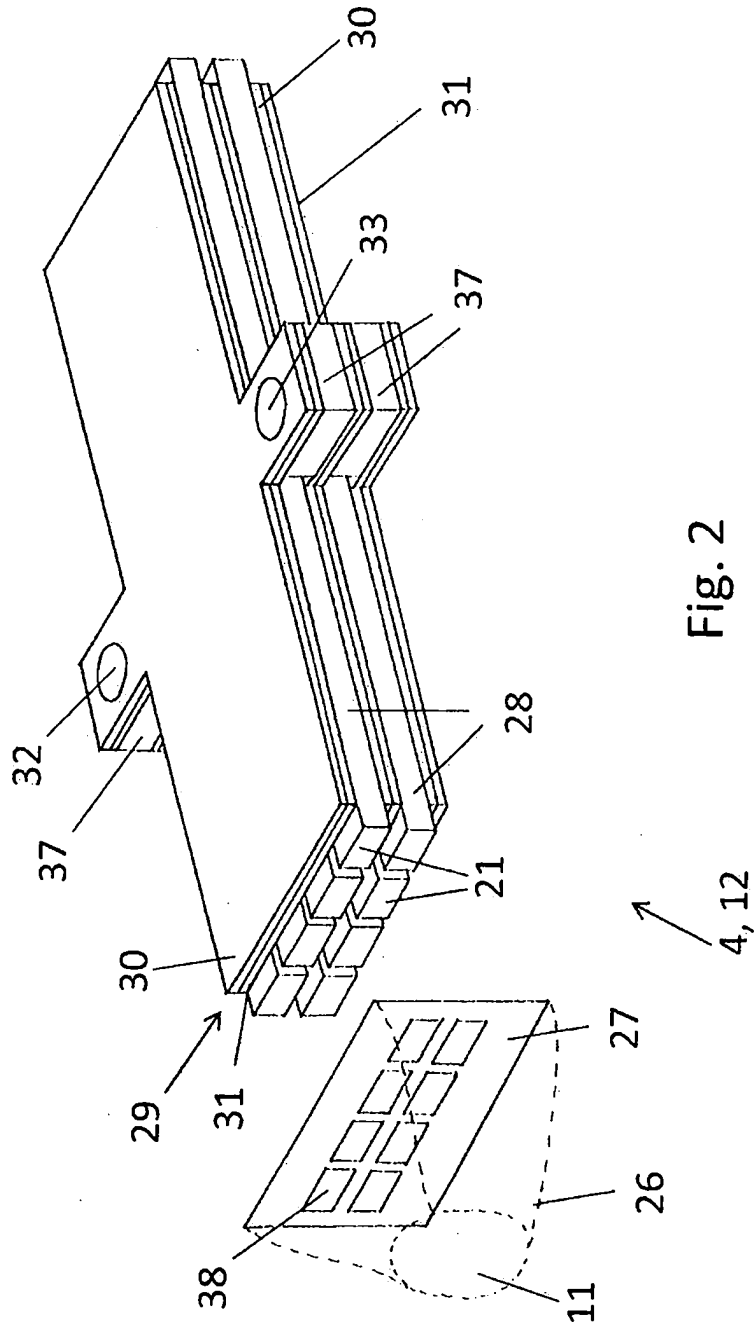


Fig. 2

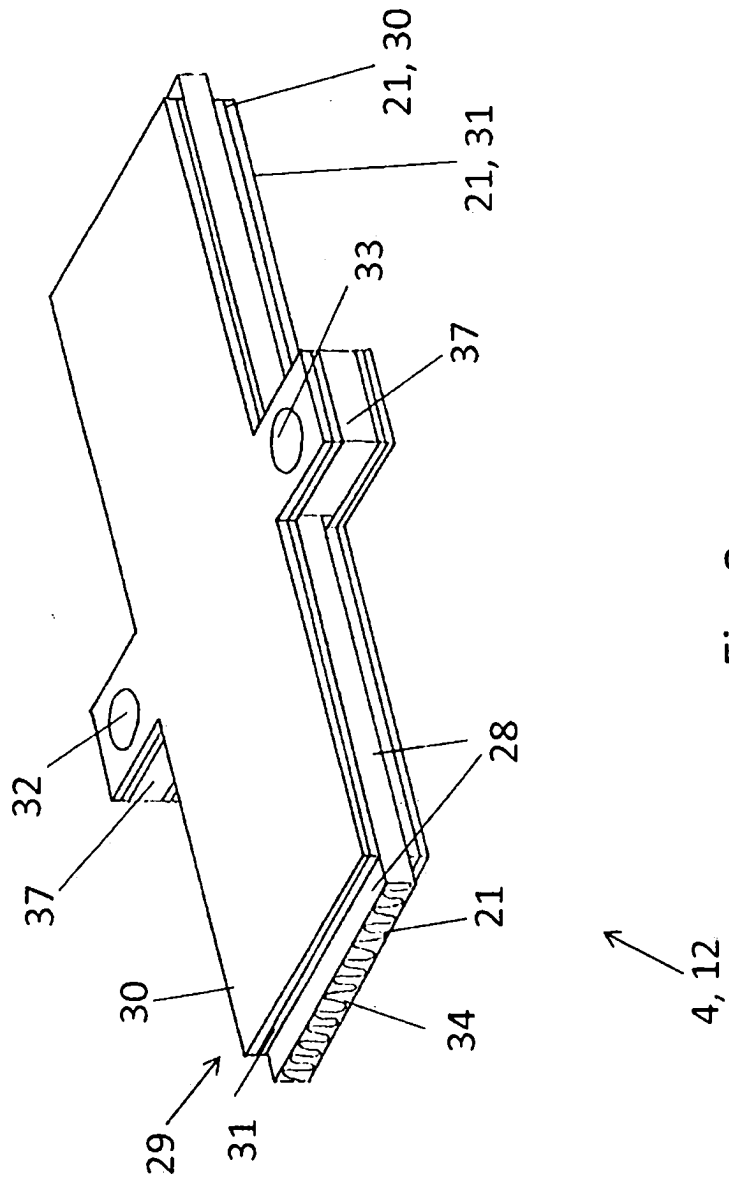


Fig. 3

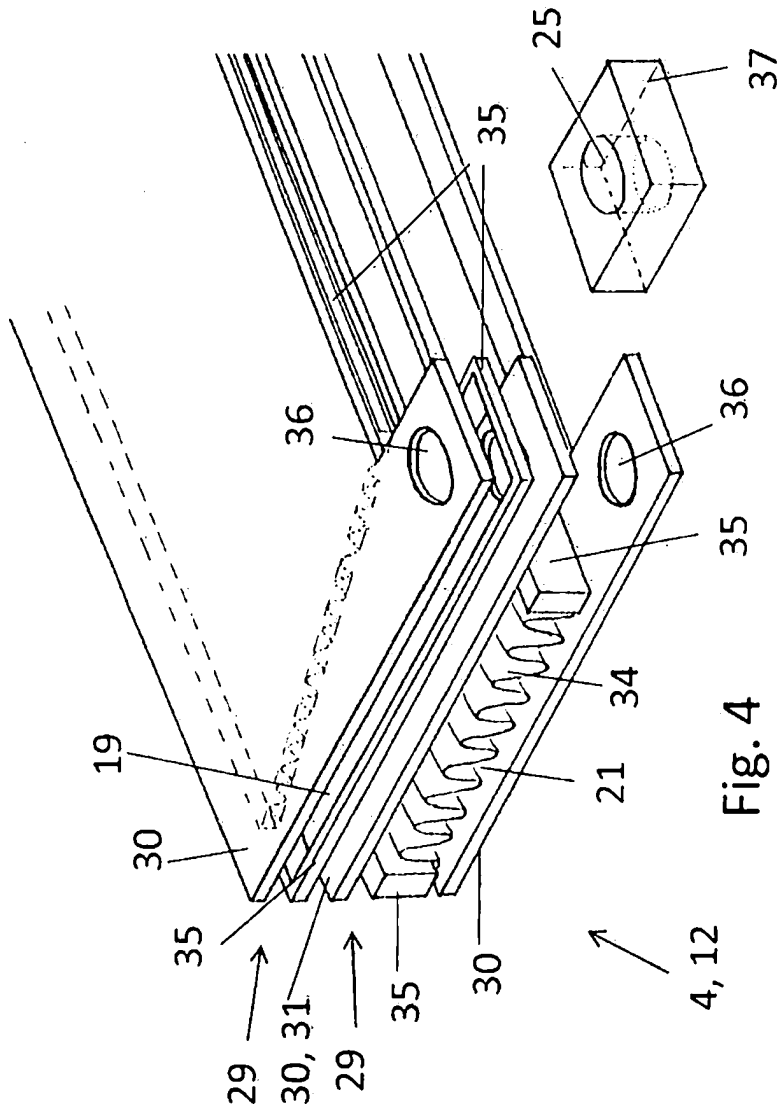


Fig. 4

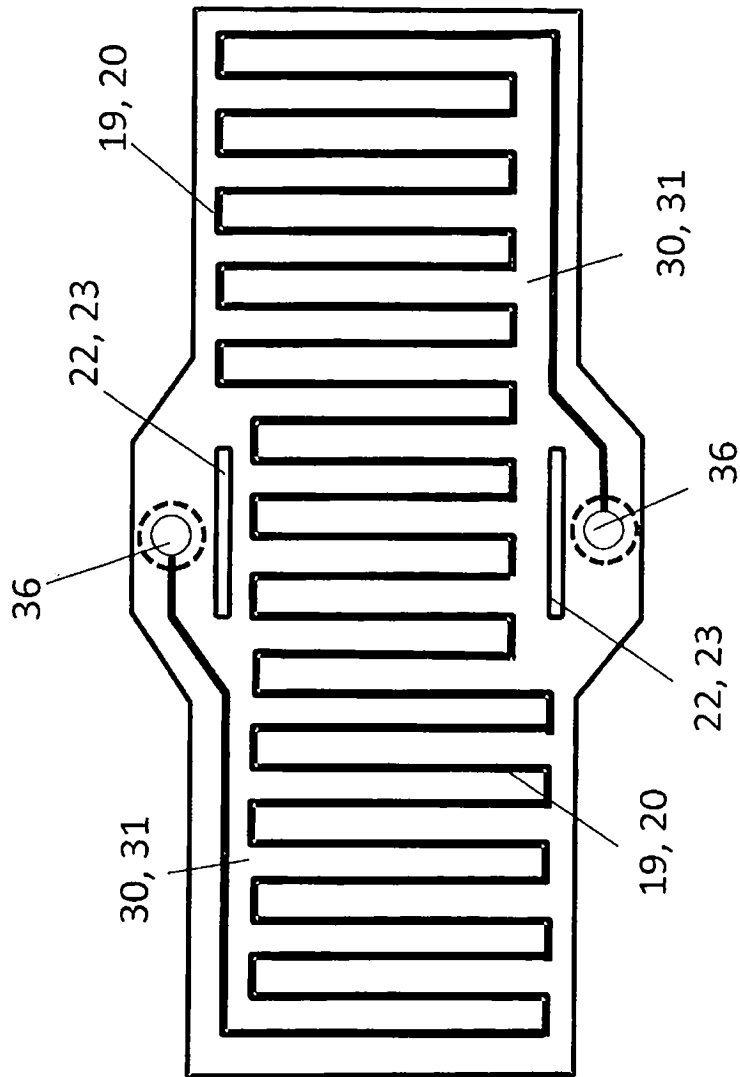


Fig. 5

