



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2021 109 270.1**

(22) Anmeldetag: **14.04.2021**

(43) Offenlegungstag: **20.10.2022**

(51) Int Cl.: **H01L 23/427 (2006.01)**

H01L 25/07 (2006.01)

F28D 15/02 (2006.01)

H02M 1/00 (2007.01)

H01L 23/367 (2006.01)

H02K 11/33 (2016.01)

(71) Anmelder:

**Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft,
80809 München, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

EP	3 723 123	A1
CN	1 05 810 646	A

(72) Erfinder:

**Dreiling, Robert, 80686 München, DE;
Zimmermann, Sascha, 80807 München, DE;
Nguyen-Xuan, Thinh, Dr.-Ing., 85435 Erding, DE;
Schreibvogel, Peter, Dr., 80993 München, DE**

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

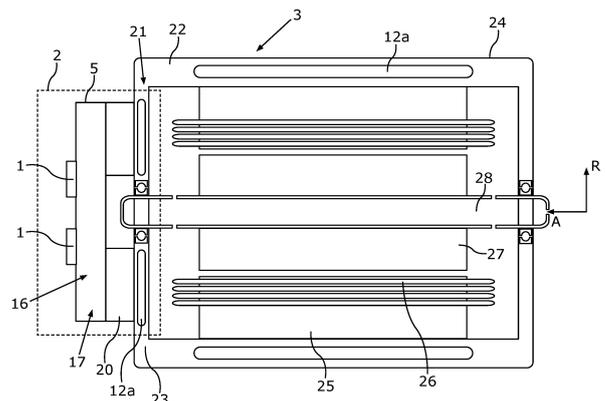
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Leistungselektronikmodul mit pulsierendem Wärmerohr, Fahrzeugkomponente sowie Kraftfahrzeug**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Leistungselektronikmodul (2) aufweisend

- mehrere leistungselektronische Baugruppen (1), welche jeweils zumindest ein leistungselektronisches Bauelement (4) aufweisen,

- eine Kühleinrichtung (11) zum Kühlen der leistungselektronischen Baugruppen (1), welche einen Kühlkörper (12) zum Abtransportieren einer Wärme der leistungselektronischen Bauelemente (4) und zumindest ein pulsierendes Wärmerohr (13) mit einem Kapillargefäß (14) und einem Arbeitsmedium zum Transportieren der Wärme der leistungselektronischen Bauelemente (4) an den Kühlkörper (12) aufweist, wobei das Kapillargefäß (14) zur Wärmespreizung strahlenförmig angeordnete Windungen (15) aufweist, von welchen jede einen, thermisch mit einer leistungselektronischen Baugruppe (1) gekoppelten Verdampfungsbereich (16) zum Aufnehmen der Wärme und einen, thermisch mit dem Kühlkörper (12) gekoppelten Kondensierbereich (17) zum Abgeben der Wärme aufweist, und wobei das in dem Kapillargefäß (14) angeordnete Arbeitsmedium in Flüssiggebieten und Dampfgebieten vorliegt, welche durch die Wärme dazu anregbar sind, zum Wärmetransport zwischen dem Verdampfungsbereich (16) und dem Kondensierbereich (17) zu pulsieren.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Leistungselektronikmodul aufweisend mehrere leistungselektronische Baugruppen, welche jeweils zumindest ein leistungselektronisches Bauelement aufweisen, und eine Kühleinrichtung zum Kühlen der leistungselektronischen Baugruppen, welche einen Kühlkörper zum Abtransportieren einer Wärme der leistungselektronischen Bauelemente aufweist. Die Erfindung betrifft außerdem eine Fahrzeugkomponente sowie ein Kraftfahrzeug.

[0002] Vorliegend richtet sich das Interesse auf Leistungselektronikmodule, welche beispielsweise für Stromrichter elektrifizierter Kraftfahrzeuge, also Elektro- oder Hybridfahrzeuge, verwendet werden können. Die Leistungselektronikmodule weisen üblicherweise leistungselektronische Baugruppen mit zumindest einem leistungselektronischen Bauelement, beispielsweise einem Leistungshalbleiterschalter, auf. Die leistungselektronischen Bauelemente können beispielsweise in Form von Halbleiterchips vorliegen, welche auf einem Träger angeordnet sind. Im Betrieb des Leistungselektronikmoduls entsteht an den leistungselektronischen Bauelementen Wärme, durch welche das Leistungselektronikmodul überhitzen kann. Zum Kühlen der leistungselektronischen Bauelemente können die leistungselektronischen Baugruppen an einem Kühlkörper angeordnet werden, sodass ein Festkörperwärmeleitpfad von dem leistungselektronischen Bauelement zu dem Kühlkörper gebildet wird. Der dabei resultierende Temperaturgradient und damit die Kühleffizienz werden durch die Wärmeleitfähigkeiten sowie Geometrien der beteiligten Materialschichten und den thermischen Kontaktwiderständen zwischen diesen Materialschichten charakterisiert. Die erreichbare Kühleffizienz begrenzt dabei einen Betriebsbereich der leistungselektronischen Bauelemente, beispielsweise eine Schaltfrequenz oder Leistung der Leistungshalbleiterschalter, sowie eine Miniaturisierung der leistungselektronischen Bauelemente.

[0003] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Lösung bereitzustellen, mit welcher leistungselektronische Bauelemente eines Leistungselektronikmoduls auf einfache, kostengünstige und effiziente Weise gekühlt werden können.

[0004] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Leistungselektronikmodul, eine Fahrzeugkomponente sowie ein Kraftfahrzeug mit den Merkmalen gemäß den jeweiligen unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche, der Beschreibung sowie der Figuren.

[0005] Ein erfindungsgemäßes Leistungselektronikmodul weist mehrere leistungselektronische Bau-

gruppen auf, welche jeweils zumindest ein leistungselektronisches Bauelement aufweisen. Außerdem weist das Leistungselektronikmodul eine Kühleinrichtung zum Kühlen der leistungselektronischen Bauelemente auf, welche einen Kühlkörper zum Abtransportieren einer Wärme der leistungselektronischen Baugruppen aufweist. Darüber hinaus weist die Kühleinrichtung zumindest ein pulsierendes Wärmerohr mit zumindest einem Kapillargefäß und einem Arbeitsmedium zum Transportieren der Wärme der leistungselektronischen Bauelemente an den Kühlkörper auf. Das Kapillargefäß weist zur Wärmespreizung strahlenförmig angeordnete Windungen auf, von welchen jede einen, thermisch mit einer leistungselektronischen Baugruppe gekoppelten, Verdampfungsbereich zum Aufnehmen der Wärme und einen, thermisch mit dem Kühlkörper gekoppelten, Kondensierbereich zum Abgeben der Wärme aufweist. Das in dem Kapillargefäß angeordnete Arbeitsmedium liegt in Flüssiggebieten und Dampfgebieten vor, welche durch die Wärme dazu anregbar sind, zum Wärmetransport zwischen dem Verdampfungsbereich und dem Kondensierbereich zu pulsieren.

[0006] Die Erfindung betrifft außerdem eine Fahrzeugkomponente für ein Kraftfahrzeug mit zumindest einem erfindungsgemäßen Leistungselektronikmodul und einem Gehäuse, wobei das Gehäuse insbesondere den Kühlkörper des zumindest einen Leistungselektronikmoduls ausbildet. Die Fahrzeugkomponente ist vorzugsweise als eine elektrische Maschine ausgebildet. Das Leistungselektronikmodul ist insbesondere als ein Stromrichter in Form von einem Inverter ausgebildet und beispielsweise an einem von einem Kühlmittel durchströmten Gehäusedeckel des Gehäuses der elektrischen Maschine angeordnet.

[0007] Das Leistungselektronikmodul weist mehrere leistungselektronische Baugruppen auf, von welchen jede zumindest ein leistungselektronisches Bauelement aufweist. Das zumindest eine leistungselektronische Bauelement kann beispielsweise als ein Halbleiterchip in Form von einem Leistungshalbleiterschalter ausgebildet sein.

[0008] Zum Kühlen der leistungselektronischen Bauelemente ist die Kühleinrichtung vorgesehen. Die Kühleinrichtung weist den Kühlkörper auf, welcher insbesondere von einem Kühlmittel durchströmt wird. Der Kühlkörper kann beispielsweise als eine von Kühlmittel durchströmte Kühlplatte oder als ein von Kühlmittel durchströmtes Gehäuseteil der Fahrzeugkomponente ausgebildet sein. Zur Steigerung der Kühleffizienz weist die Kühleinrichtung außerdem das zumindest eine pulsierende Wärmerohr, eine sogenannte Pulsating Heat Pipe (PHP), auf, welche dazu ausgelegt ist, die Wärme der Bauelemente zu dem Kühlkörper zu transportieren. Das

zumindest eine pulsierende Wärmerohr bildet somit einen Wärmeübertrager zwischen den Baugruppen und dem Kühlkörper. Das pulsierende Wärmerohr weist das zumindest eine Kapillargefäß auf. Das Kapillargefäß bildet einen Kanal mit einem kapillaren Durchmesser, beispielsweise im Mikrometerbereich oder Millimeterbereich. Dieser Kanal ist mit einem Arbeitsmedium im Zweiphasengebiet gefüllt, das dampfförmig und flüssig vorliegt. Das Arbeitsmedium weist die durch Dampfblasen gebildeten Dampfgebiete und die durch Flüssigkeitspropfen gebildeten Flüssiggebiete auf.

[0009] In dem Kapillargefäß wird der Druck lokal, an den Verdampfungsbereichen, durch die leistungselektronischen Baugruppen, welche Wärmequellen ausbilden, aufgrund von Verdampfung und Erwärmung erhöht. Wärmesenken, welche durch den Kühlkörper ausgebildet sind, führen lokal, an den Kondensierbereichen, zur Kondensation und damit zum Druckabfall. Aufgrund der Druckunterschiede wird das Arbeitsmedium zum Pulsieren angeregt und strömt somit ohne externe Pumpe in dem Kapillargefäß. Dabei transportiert das Arbeitsmedium die Wärme der leistungselektronischen Baugruppen zu dem Kühlkörper. Eine solche Pulsating Heat Pipe zeichnet sich durch eine extrem hohe Wärmeleitfähigkeit aus und weist eine hohe mechanische Belastbarkeit auf. Darüber hinaus benötigt eine solche Pulsating Heat Pipe nur einen geringen Bauraum und kann kostengünstig hergestellt werden.

[0010] Das Kapillargefäß weist dabei zumindest eine zu einer Anzahl an leistungselektronischen Baugruppen korrespondierende Anzahl an mäanderförmigen Windungen auf. Die Windungen erstrecken sich dabei ausgehend von einem Mittelpunkt radial nach außen und sind somit strahlenförmig bzw. blütenblätterartig angeordnet. Aufgrund dieser Form kann das pulsierende Wärmerohr auch als florale Pulsating Heat Pipe bezeichnet werden. Durch diese strahlenförmige bzw. speichenartige Anordnung der Windungen kann eine hohe Wärmespreizung realisiert werden und damit eine Temperatur der leistungselektronischen Bauelemente reduziert werden. Diese niedrigeren Temperaturen bieten ein Kosteneinsparungspotential, da beispielsweise die Chip-Fläche der leistungselektronischen Bauelemente reduziert werden kann oder die Leistungshalbleiterschalter mit höheren Schaltfrequenzen und Leistungen betrieben werden können.

[0011] Es erweist sich als vorteilhaft, wenn das Leistungselektronikmodul einen Träger zum Halten der leistungselektronischen Baugruppen aufweist, wobei das zumindest eine pulsierende Wärmerohr in den Träger integriert ist. Die leistungselektronischen Bauelemente der leistungselektronischen Baugruppen sind auf dem Träger befestigt und dort elektrisch kontaktiert. Beispielsweise können die als

Halbleiterchips ausgestalteten Bauelemente mittels Chipbonding an dem Träger, beispielsweise einer Leiterplatte, befestigt sein. Der Träger weist insbesondere eine plattenförmige Keramikschicht auf, an welcher beidseitig eine Kupferschicht angeordnet ist, wobei die Bauelemente durch Löten an der Kupferschichten befestigt sind. Der Träger weist somit ein DCB-Substrat (DCB-Direct Copper Bonded) auf. Die beidseitige Kupferbeschichtung des DCB-Substrats verhindert eine wärmebedingte Biegung des DCB-Substrats aufgrund von unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten der unterschiedlichen Materialschichten. Das DCB-Substrat kann beispielsweise auf einer Basisplatte des Trägers befestigt sein. Insbesondere ist das Kapillargefäß als ein in dem Träger gefertigter Kanal ausgebildet. Zum Integrieren des pulsierenden Wärmerohrs in den Träger kann der Kanal beispielsweise in den Träger gefräst sein und somit besonders bauraumsparend, kostengünstig und mit geringer Integrationskomplexität in das Leistungselektronikmodul integriert werden. Dieser Kanal kann dann mit dem Arbeitsmedium, welches aus den Flüssiggebieten und den Dampfgebieten besteht, gefüllt werden.

[0012] In einer Ausführungsform der Erfindung ist der Kühlkörper als ein sich axial erstreckendes Kühlrohr ausgebildet, ausgehend von welchem sich die Windungen radial nach außen erstrecken, wobei die Kondensierbereiche radial innenliegend und an dem Kühlrohr angeordnet sind und die Verdampfungsbereiche radial außenliegend angeordnet sind. Das Kühlrohr kann einen beliebigen Querschnitt, beispielsweise kreisförmig, aufweisen und von einem Kühlmittel durchströmt werden. Das Kühlrohr verläuft dabei durch den Mittelpunkt, ausgehend von welchem sich die Windungen radial nach außen erstrecken. Da das Kühlrohr die Wärmesenke bildet, sind die Kondensierbereiche am inneren Rand der Windungen und somit benachbart zu dem Kühlrohr angeordnet. Am äußeren Rand der Windungen sind die Verdampfungsbereiche mit den leistungselektronischen Baugruppen, also den Wärmequellen, angeordnet. Die Wärme wird entgegen der radialen Richtung von außen nach innen zu dem Kühlrohr transportiert, von wo aus sie in axialer Richtung von dem Kühlmittel abtransportiert wird.

[0013] Besonders bevorzugt sind die Kondensierbereiche gegenüber den Verdampfungsbereichen abgewinkelt ausgebildet und die sich in axialer Richtung erstreckenden Kondensierbereiche sind anliegend an dem Kühlrohr angeordnet. Die Kondensierbereiche erstrecken sich somit parallel zu dem Kühlrohr und schmiegen sich hierdurch an eine, beispielsweise zylinderförmige, Wandung des Kühlrohres an. So wird die Kondensationsfläche zwischen dem Wärmerohr und dem Kühlkörper vergrößert.

[0014] In einer anderen Ausführungsform der Erfindung sind die Verdampfungsbereiche der sich radial nach außen erstreckenden Windungen radial innenliegend angeordnet und die Kondensierbereiche der sich radial nach außen erstreckenden Windungen sind radial außenliegend angeordnet. Hier wird also die Wärme in radialer Richtung von innen nach außen transportiert. Vorzugsweise sind die Verdampfungsbereiche und die Kondensierbereiche in einer Ebene liegend angeordnet, wobei die radial außen liegenden Kondensierbereiche über zumindest einen sich axial erstreckenden Wärmeleitweg mit dem Kühlkörper gekoppelt sind. Beispielsweise ist der zumindest eine Wärmeleitweg ringförmig ausgebildet und am äußeren Rand der Windungen angeordnet. Beispielsweise kann der Träger, in welchen das Wärmerohr integriert ist, hutförmig ausgebildet sein und eine Deckfläche, in welcher die Verdampfungsbereiche und die Kondensierbereiche liegen, sowie eine Mantelfläche, welche den Wärmeleitweg bildet, aufweisen. Der Träger kann somit einfach an dem Kühlkörper angeordnet werden, indem der zumindest eine Wärmeleitweg an dem Kühlkörper befestigt wird. Dabei sind die Verdampfungsbereiche durch den zumindest einen Wärmeleitweg beabstandet zu dem Kühlkörper angeordnet und somit nicht thermisch mit dem Kühlkörper gekoppelt. Die Kondensierbereiche sind über den zumindest einen Wärmeleitweg thermisch mit dem Kühlkörper gekoppelt. Gemäß dieser Ausführungsform ist keine spezielle Ausgestaltung des Kühlkörpers notwendig. Außerdem kann in vorteilhafter Weise die Komplexität der Kanalführung deutlich reduziert werden. Alternativ dazu können die Kondensierbereiche auch gegenüber den Verdampfungsbereichen abgewinkelt ausgebildet sein und sich in axialer Richtung erstrecken.

[0015] Zur Erfindung gehört außerdem ein Kraftfahrzeug mit zumindest einer erfindungsgemäßen Fahrzeugkomponente. Das Kraftfahrzeug ist insbesondere als ein elektrisch antreibbares Kraftfahrzeug ausgebildet.

[0016] Die mit Bezug auf das erfindungsgemäße Leistungselektronikmodul vorgestellten Ausführungsformen und deren Vorteile gelten entsprechend für die erfindungsgemäße Fahrzeugkomponente sowie für das erfindungsgemäße Kraftfahrzeug.

[0017] Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen, der Figuren und der Figurenbeschreibung. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar.

[0018] Die Erfindung wird nun anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels sowie unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Schnittdarstellung einer leistungselektronischen Baugruppe für ein Leistungselektronikmodul;

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines pulsierenden Wärmerohrs einer Kühleinrichtung des Leistungselektronikmoduls;

Fig. 3a bis **Fig. 3c** eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform eines Leistungselektronikmoduls sowie dessen Komponenten;

Fig. 4 eine perspektivische Darstellung einer Ausführungsform eines pulsierenden Wärmerohrs der Kühleinrichtung;

Fig. 5a, Fig. 5b eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform eines Leistungselektronikmoduls sowie dessen Komponenten; und

Fig. 6 eine schematische Darstellung einer Fahrzeugkomponente mit der zweiten Ausführungsform des Leistungselektronikmoduls.

[0019] In den Figuren sind gleiche sowie funktionsgleiche Elemente mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0020] **Fig. 1** zeigt eine leistungselektronische Baugruppe 1 für ein Leistungselektronikmodul 2 (siehe z.B. **Fig. 3c, Fig. 5b**). Das Leistungselektronikmodul 2 kann in eine Fahrzeugkomponenten 3 (siehe **Fig. 6**) für ein Kraftfahrzeug integriert werden. Die leistungselektronische Baugruppe 1 weist hier mehrere leistungselektronische Bauelemente 4 auf, welche als Halbleiterchips ausgebildet sind. Die Bauelemente 4 sind auf einem Träger 5 angeordnet. Der Träger 5 weist hier eine Basisplatte 6 und ein Substrat 7 auf. Das Substrat 7 weist eine plattenförmige Keramikschiicht 8 auf, welche beidseitig mit einer Kupferschiicht 9 beschichtet ist. Zum Befestigen des Substrates 7 an der Basisplatte 6 sowie der leistungselektronischen Bauelemente 4 an dem Substrat 7 ist eine Verbindungsschiicht 10, beispielsweise eine Lötchiicht, zwischen der jeweiligen Kupferschiicht 9 und der Basisplatte 6 bzw. den leistungselektronischen Bauelementen 4 angeordnet.

[0021] Zum Kühlen der leistungselektronischen Bauelemente 4 weist das Leistungselektronikmodul 2 eine Kühleinrichtung 11 auf, welche einen Kühlkörper 12 (siehe **Fig. 3b, Fig. 3c, Fig. 5b**) sowie ein pulsierendes Wärmerohr 13 aufweist. Das pulsierende Wärmerohr 13 ist in **Fig. 2** gezeigt. Das pulsierende Wärmerohr 13 ist dazu ausgelegt, die Wärme der leistungselektronischen Bauelemente 4 zu dem

Kühlkörper 12 zu übertragen, und ist dazu mit den leistungselektronischen Baugruppen 1 sowie mit dem Kühlkörper 12 thermisch gekoppelt. Zum Kopeln des pulsierenden Wärmerohres 13 mit den leistungselektronischen Baugruppen 1 kann das pulsierende Wärmerohr 13 in den Träger 5 integriert sein. Das pulsierende Wärmerohr 13 kann in die Basisplatte 6, die Keramikplatte 8 oder die Kupferschichten 9 integriert sein.

[0022] Das pulsierende Wärmerohr 13 weist ein Kapillargefäß 14 mit einer Vielzahl von mäanderförmigen Windungen 15 auf, welche strahlenförmig bzw. speichenförmig angeordnet sind und sich von einem Mittelpunkt M in radialer Richtung R nach außen erstrecken. Jede Windung 15 weist einen Verdampfungsbereich 16 und einen Kondensierbereich 17 (siehe **Fig. 3a**, **Fig. 5a**) auf. Das Kapillargefäß 14 ist mit einem Arbeitsmedium gefüllt, welches dem Kapillargefäß 14 über ein Ventil 18 zugeführt werden kann. Das Arbeitsmedium arbeitet in einem Zwei-Phasen-Gleichgewicht und liegt somit zweiphasig vor. Dazu weist das Arbeitsmedium Dampfgebiete und Flüssiggebiete auf. Bei Wärmeeintrag findet im Kapillargefäß 14 eine Verdampfung des flüssigen Arbeitsmediums statt. Anders ausgedrückt findet an der heißen Grenzfläche der Verdampfungsbereiche 16 ein Phasenwechsel von flüssig zu dampfförmig unter Aufnahme der Wärme als Verdampfungsenthalpie statt. Dies führt zu einer Volumenänderung und damit zu einem lokalen Druckanstieg. Infolgedessen strömt der Dampf entlang des Kapillargefäßes 14 zu einer kalten Grenzfläche der Kondensierbereiche 17, setzt die Wärme frei, kondensiert und gibt dabei seine latente Wärme ab. Aufgrund des kapillaren Durchmessers des Kapillargefäßes 14 und der lokalen Druckänderungen aufgrund von Verdampfung und Kondensation strömen bzw. pulsieren Flüssigkeitspfropfen und Dampfblasen in dem Kapillargefäß 14. Dies führt neben der Übertragung von latenter Wärme zu einem bedeutenden sensiblen Wärmetransport.

[0023] Bei dem Ausführungsbeispiel des Leistungselektronikmoduls 2 gemäß **Fig. 3a** und **Fig. 3c** sind die Kondensierbereiche 17 radial innenliegend und die Verdampfungsbereiche 16 radial außenliegend angeordnet. Die leistungselektronischen Baugruppen 1 sind, wie in **Fig. 3a** gezeigt, am radial äußeren Rand des Trägers 5 und damit im Bereich der Verdampfungsbereiche 16 auf dem Träger 5 angeordnet. Der Kühlkörper 12 ist durch ein sich in axialer Richtung A erstreckendes Kühlrohr 19 ausgebildet und verläuft, wie in **Fig. 3b** gezeigt, durch den Mittelpunkt M und damit mittig durch das pulsierende Wärmerohr 13. Die Kondensierbereiche 17 sind hier, wie in **Fig. 3c** und der perspektivischen Darstellung des Wärmerohrs 13 in **Fig. 4** gezeigt, gegenüber den Verdampfungsbereichen 16 abgewinkelt und erstrecken sich ebenfalls in axialer Richtung A entlang des

Kühlrohres 19. Somit sind die Kondensierbereiche 17 unter Ausbildung einer großen Kondensationsfläche anliegend an dem Kühlrohr 19 angeordnet.

[0024] Bei dem Ausführungsbeispiel des Leistungselektronikmoduls 2 gemäß **Fig. 5a** und **Fig. 5b** sind die Kondensierbereiche 17 radial außenliegend und die Verdampfungsbereiche 16 radial innenliegend angeordnet. Somit sind die leistungselektronischen Baugruppen 1 am radial inneren Rand des Trägers 5 angeordnet. Der radial äußere Rand des Trägers 5, an welchem sich die Kondensierbereiche 17 befinden, sind über einen axialen Wärmeleitweg 20 mit dem Kühlkörper 12 thermisch gekoppelt. Der Kühlkörper 12 ist hier als eine von einem Kühlmittel 12a durchströmte Kühlplatte 21 ausgebildet.

[0025] Der von Kühlmittel 12a durchströmte Kühlkörper 12 kann, wie in **Fig. 6** gezeigt, auch durch ein Gehäuseteil eines Gehäuses 22 der Fahrzeugkomponente 3 ausgebildet sein. Das Gehäuseteil ist hier ein Gehäusedeckel 23 des Gehäuses 22 einer Fahrzeugkomponente 3 in Form von einer elektrischen Maschine 24. Die elektrische Maschine 24 weist einen Stator 25 mit Statorwicklungen 26 sowie einen Rotor 27 auf, welcher mit einer Rotorwelle 28 drehfest verbunden ist. Zum Kühlen der elektrischen Maschine 24 im Betrieb ist das Gehäuse 22 von dem Kühlmittel 12a durchströmt. Dieses gekühlte Gehäuse 22 wird zur Kühlung der Bauelemente 4 des Leistungselektronikmoduls 2, welches insbesondere als ein Inverter bzw. Wechselrichter für die elektrische Maschine 24 ausgebildet ist, verwendet. Ein als Dreiphasen-Inverter ausgebildetes Leistungselektronikmodul 2 ist beispielsweise dazu ausgelegt, einen Dreiphasenwechselstrom bereitzustellen, mit welchem Phasen einer dreiphasigen elektrischen Maschine 24 bestromt werden können. In diesem Fall sind für jede Phase der elektrischen Maschine 24 zwei leistungselektronische Baugruppen 1 zu einer Halbbrücke verschaltet. In diesem Fall kann der Träger 5, wie in **Fig. 3a** und **Fig. 5a** gezeigt, in Segmente S1, S2, S3 unterteilt sein, wobei jede Halbbrücke auf einem Segment S1, S2, S3 des Trägers 5 angeordnet wird.

Patentansprüche

1. Leistungselektronikmodul (2) aufweisend
 - mehrere leistungselektronische Baugruppen (1), welche jeweils zumindest ein leistungselektronisches Bauelement (4) aufweisen,
 - eine Kühleinrichtung (11) zum Kühlen der leistungselektronischen Baugruppen (1), welche einen Kühlkörper (12) zum Abtransportieren einer Wärme der leistungselektronischen Bauelemente (4) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kühleinrichtung (11) außerdem zumindest ein pulsierendes Wärmerohr (13) mit einem Kapillargefäß (14) und einem Arbeitsmedium zum Transportieren der

Wärme der leistungselektronischen Bauelemente (4) an den Kühlkörper (12) aufweist, wobei das Kapillargefäß (14) zur Wärmespreizung strahlenförmig angeordnete Windungen (15) aufweist, von welchen jede einen, thermisch mit einer leistungselektronischen Baugruppe (1) gekoppelten Verdampfungsbereich (16) zum Aufnehmen der Wärme und einen, thermisch mit dem Kühlkörper (12) gekoppelten Kondensierbereich (17) zum Abgeben der Wärme aufweist, und wobei das in dem Kapillargefäß (14) angeordnete Arbeitsmedium in Flüssiggebieten und Dampfgebieten vorliegt, welche durch die Wärme dazu anregbar sind, zum Wärmetransport zwischen dem Verdampfungsbereich (16) und dem Kondensierbereich (17) zu pulsieren.

2. Leistungselektronikmodul (2) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Leistungselektronikmodul (2) einen Träger (5) zum Halten der leistungselektronischen Baugruppen (1) aufweist, wobei das zumindest eine pulsierende Wärmerohr (13) in den Träger (5) integriert ist.

3. Leistungselektronikmodul (2) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kapillargefäß (14) als ein in dem Träger (5) gefertigter Kanal ausgebildet ist.

4. Leistungselektronikmodul (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kühlkörper (12) als ein sich axial erstreckendes Kühlrohr (19) ausgebildet ist, ausgehend von welchem sich die Windungen (15) radial nach außen erstrecken, wobei die Kondensierbereiche (17) radial innenliegend und an dem Kühlrohr (19) angeordnet sind und die Verdampfungsbereiche (16) radial außenliegend angeordnet sind.

5. Leistungselektronikmodul (2) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kondensierbereiche (17) gegenüber den Verdampfungsbereichen (16) abgewinkelt ausgebildet sind und die sich in axialer Richtung erstreckenden Kondensierbereiche (17) an dem Kühlrohr (19) angeordnet sind.

6. Leistungselektronikmodul (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verdampfungsbereiche (16) der sich radial nach außen erstreckenden Windungen (15) radial innenliegend angeordnet sind und die Kondensierbereiche (17) der sich radial nach außen erstreckenden Windungen (15) radial außenliegend angeordnet sind.

7. Leistungselektronikmodul (2) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verdampfungsbereiche (16) und die Kondensierbereiche (17) in einer Ebene liegend angeordnet sind, wobei

die radial außen liegenden Kondensierbereiche (17) über zumindest einen sich axial erstreckenden Wärmeleitsteg (20) mit dem Kühlkörper (12) gekoppelt sind.

8. Leistungselektronikmodul (2) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zumindest eine Wärmeleitsteg (20) ringförmig ausgebildet ist.

9. Fahrzeugkomponente (3) mit einem Gehäuse (22) und zumindest einem Leistungselektronikmodul (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Gehäuse (22) den Kühlkörper (12) des zumindest einen Leistungselektronikmoduls (2) ausbildet.

10. Fahrzeugkomponente (3) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fahrzeugkomponente (3) als eine elektrische Maschine (24) ausgebildet ist.

11. Kraftfahrzeug mit zumindest einer Fahrzeugkomponente (3) nach Anspruch 9 oder 10.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

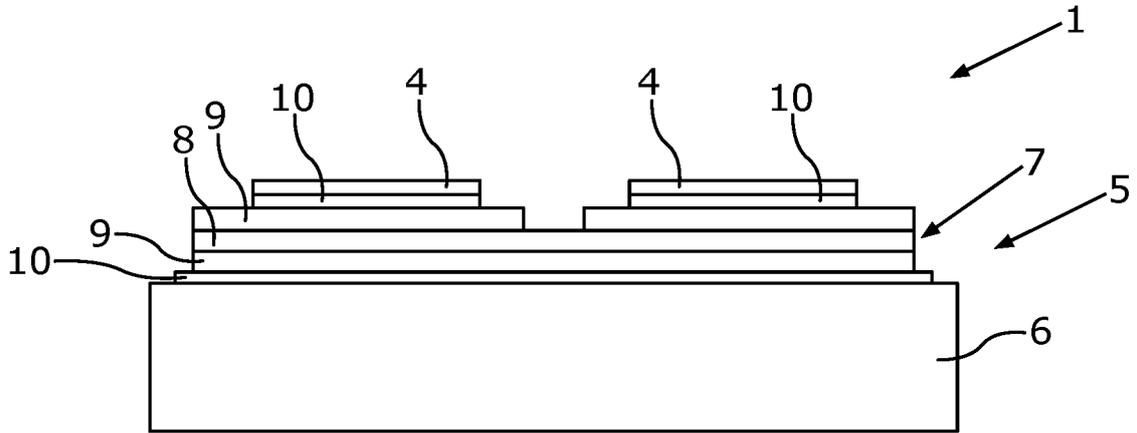


Fig.1

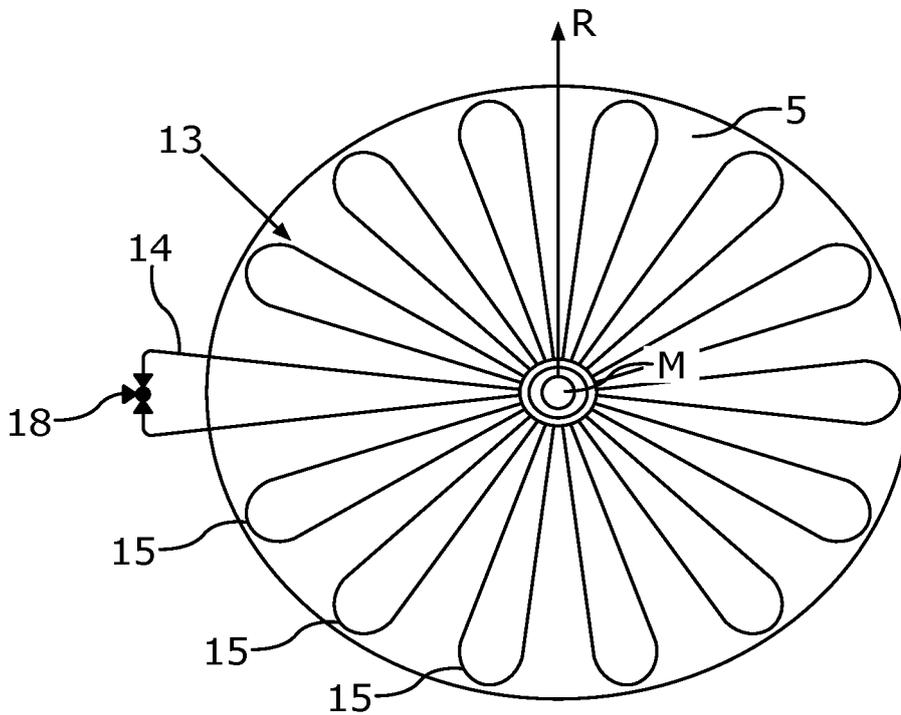


Fig.2

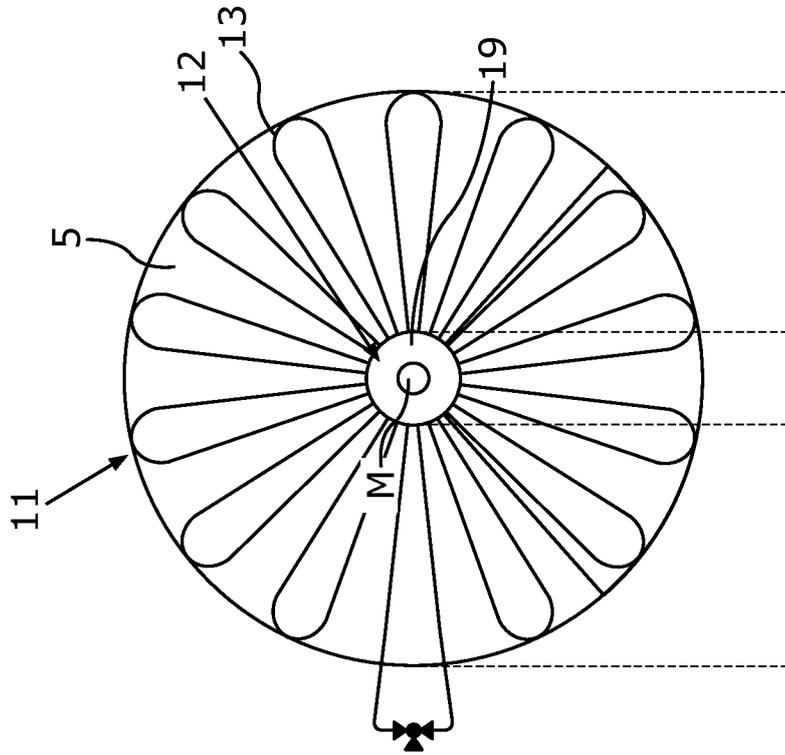


Fig. 3b

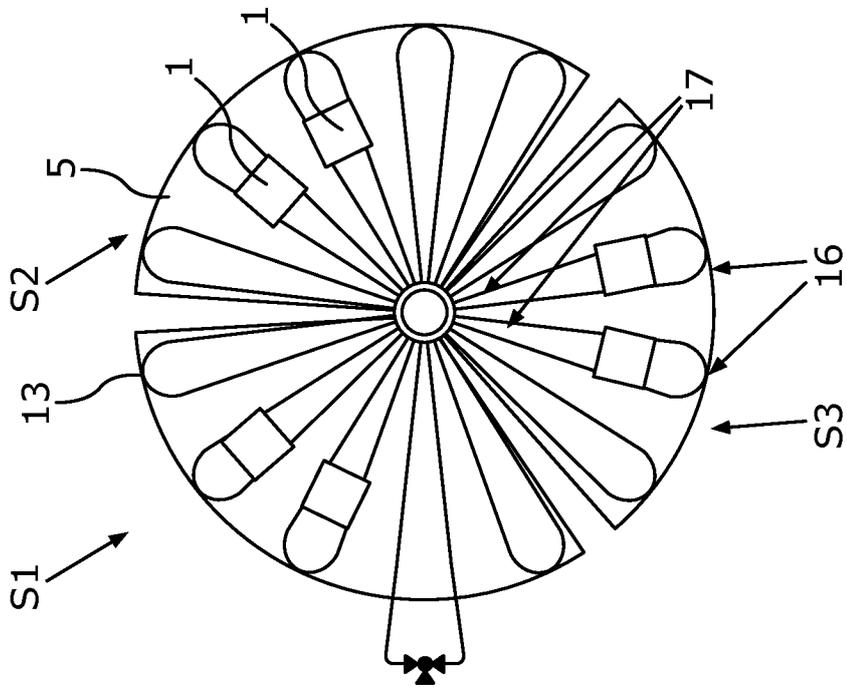


Fig. 3a

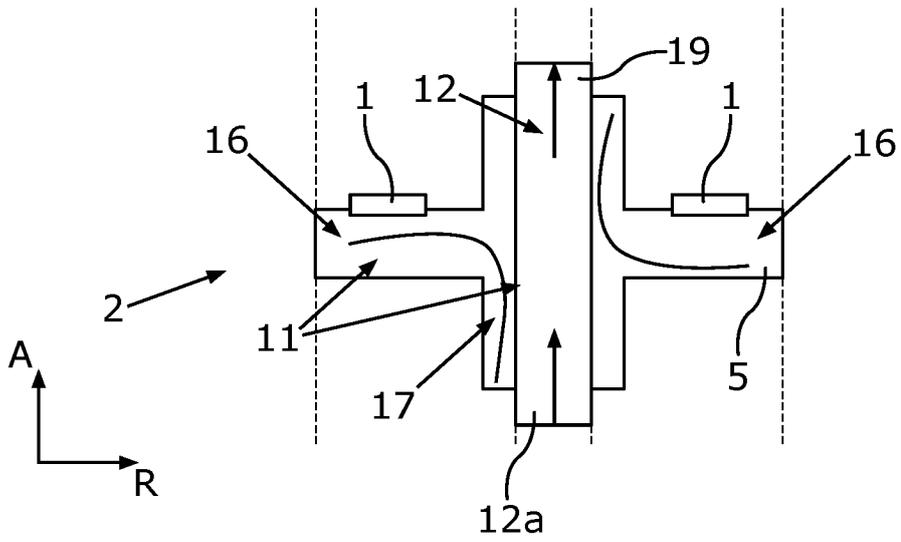


Fig. 3c

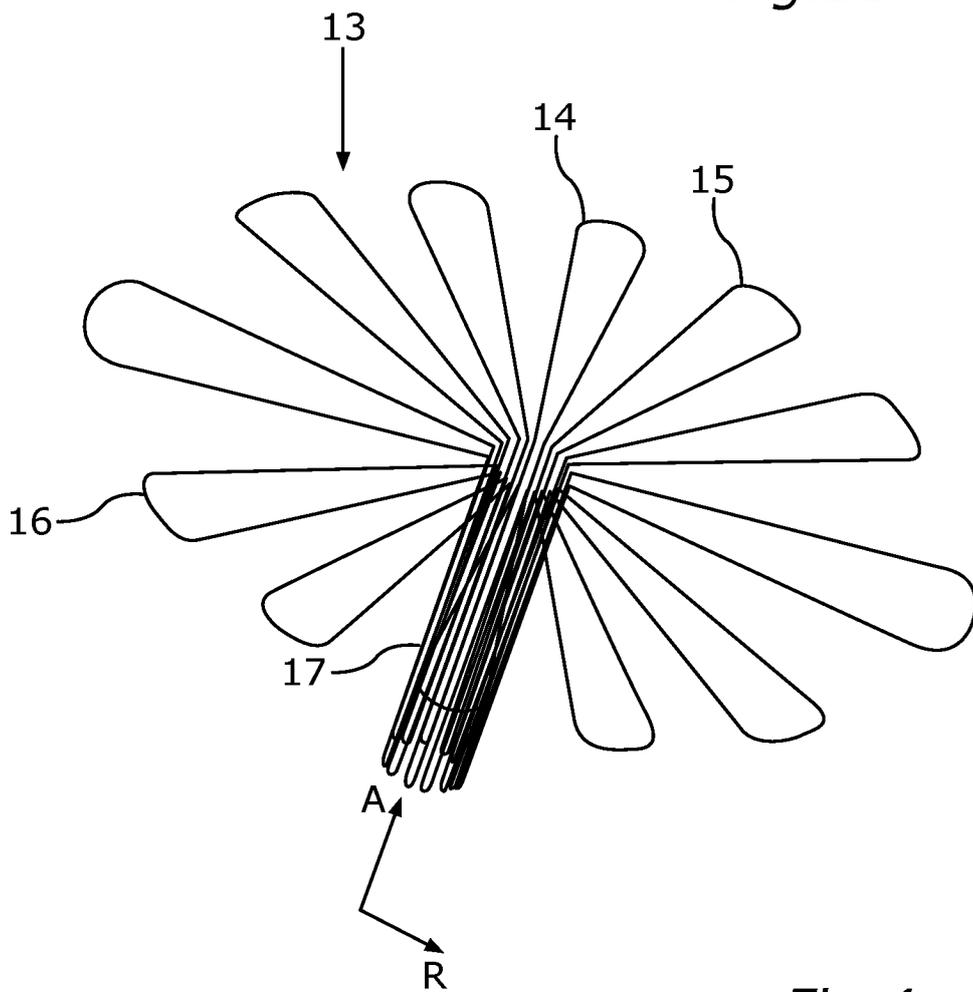


Fig. 4

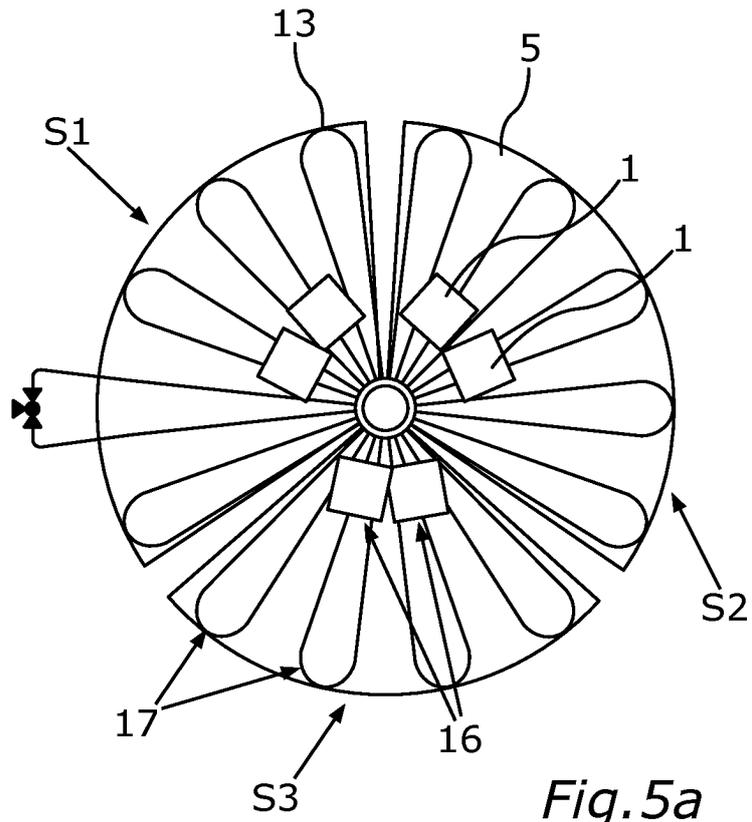


Fig. 5a

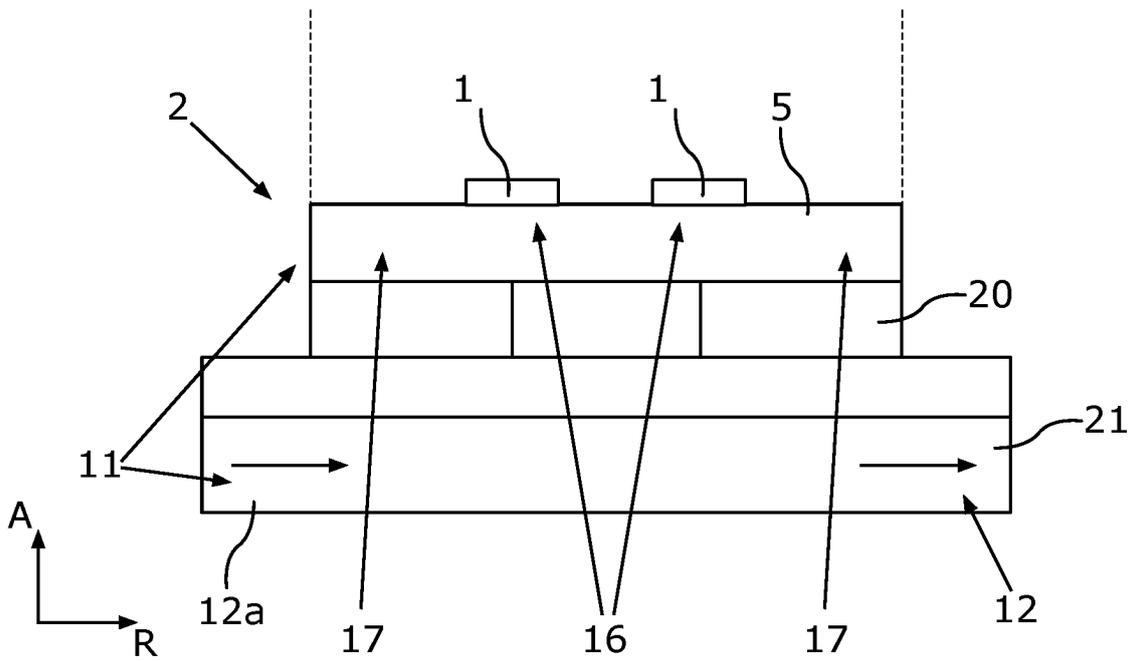


Fig. 5b

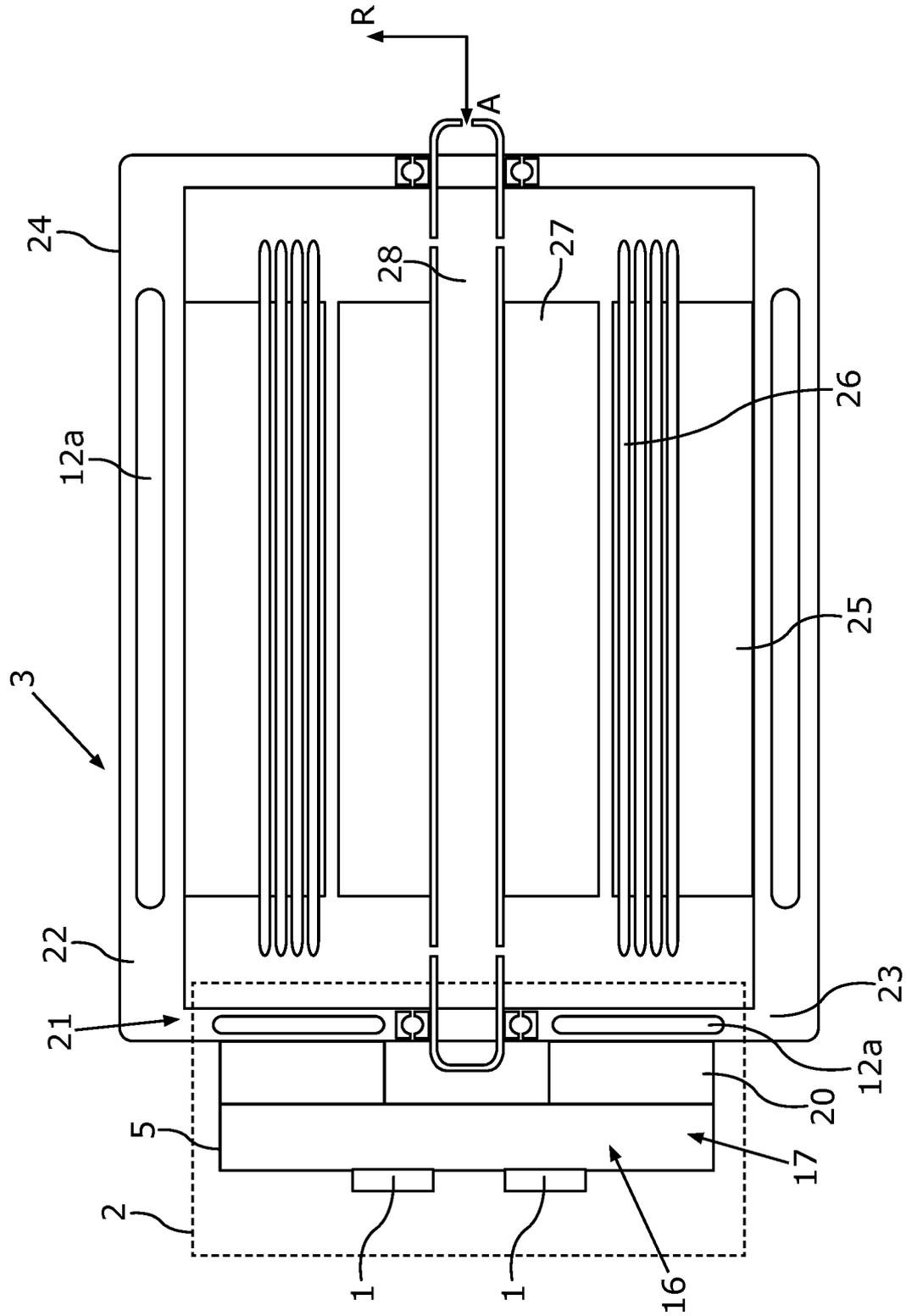


Fig. 6