

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
19. März 2020 (19.03.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/052829 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01L 23/367 (2006.01) *H01L 21/48* (2006.01)
F28D 15/02 (2006.01) *H05K 7/20* (2006.01)
H01L 23/467 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/067881

(22) Internationales Anmeldedatum:
03. Juli 2019 (03.07.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
18194020.6 12. September 2018 (12.09.2018) EP

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
[DE/DE]; Werner-von-Siemens-Straße 1, 80333 München
(DE).

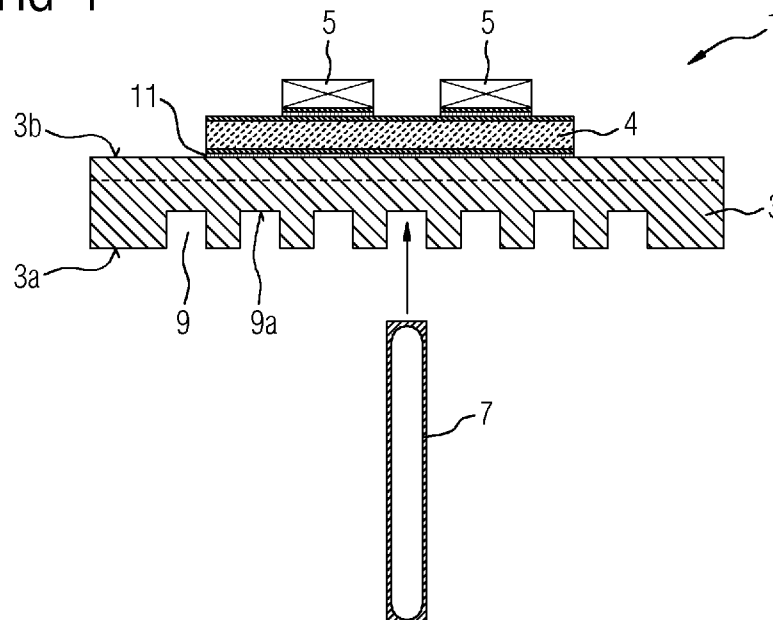
(72) Erfinder: **KAPPAUF, Daniel**; Kreuzlehenstraße 34,
91322 Gräfenberg (DE). **PANICERSKI, Stanislav**; Pe-
tersauracher Str. 36, 90449 Nürnberg (DE). **SCHMEN-**
GER, Jens; Eichenplatz 1, 91088 Bubenreuth (DE). **GOS-**
POS, Robert; An den Hornwiesen 18a, 91054 Bucken-
hof (DE). **KNEUER, Christian**; Am Kellerberg 19, 90766
Fürth (DE). **NÄHRIG, Matthias**; Am Alten Sportplatz 44,
91085 Weisendorf (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A POWER MODULE UNIT, POWER MODULE UNIT, NETWORK PART AND FRE-
QUENCY CONVERTER

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER LEISTUNGSMODULEINHEIT, LEISTUNGSMODULEINHEIT,
NETZTEIL UND FREQUENZUMRICHTER

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to a method for producing a power module unit (1) and a power module unit (1). The invention also relates to a network part and a frequency converter. In order to produce the power module unit (1), a base plate (3) is provided with recesses (9). The base plate is connected to a substrate (4) which supports the power semiconductor (5). After the securing of the substrate (4) on the base plate, the cooling ribs (7) are guided into the recesses (9) of the base plate (3) and interlockingly and/or force-lockingly secured. In this way a power module unit (1) can be formed as required with cooling ribs (7) and the production of the power module unit (1) is simplified at the same time.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Leistungsmoduleinheit (1) sowie eine Leistungsmoduleinheit (1). Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Netzteil und einen Frequenzumrichter. Zur Herstellung der Leistungsmoduleinheit (1) ist vereinfacht zu demselben Zeitpunkt eine Leistungsmoduleinheit (1) mit Kühlrippen (7) herstellbar.

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

duleinheit (1) wird eine Grundplatte (3) mit Aussparungen (9) versehen. Die Grundplatte wird mit einem Substrat (4), welches den Leistungshalbleiter (5) trägt, verbunden. Nach der Befestigung des Substrates (4) auf der Grundplatte werden die Kühlrippen (7) in die Aussparungen (9) der Grundplatte (3) geführt und formschlüssig und/oder kraftschlüssig befestigt. Durch die Ausführung kann eine Leistungsmoduleinheit (1) bedarfsgerecht mit Kühlrippen (7) ausgebildet werden und gleichzeitig die Herstellung der Leistungsmoduleinheit (1) vereinfacht werden.

Beschreibung

Verfahren zur Herstellung einer Leistungsmoduleinheit, Leistungsmoduleinheit, Netzteil und Frequenzumrichter

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Leistungsmoduleinheit sowie eine Leistungsmoduleinheit. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Netzteil und einen Frequenzumrichter.

10

Leistungsmodule umfassen in der Regel ein Substrat mit einem Leistungshalbleiter, beispielsweise einem IGBT (Insulated-Gate Bipolar Transistor), welcher auf einem Substrat fest verbunden ist. Das Substrat weist auf beiden Seiten eine Metallstruktur auf, wobei die Metallstruktur auf der einen Seite zur Verbindung mit dem Leistungshalbleiter ausgebildet ist und auf der anderen Seite auf einer Grundplatte befestigbar ist.

15

Die Grundplatte wird gemäß derzeitigem Stand der Technik vorzugsweise mit einer wärmeleitenden Struktur beaufschlagt und auf einem Kühlkörper befestigt. Um thermische Effekte auszugleichen, ist eine komplexe Vorbiegung der Grundplatte notwendig, so dass die Grundplatte auch bei einer Temperatur von mehr als 100 Grad Celsius fest mit dem Kühlkörper verbunden ist.

25

Die Einheit, umfassend ein Leistungsmodul und ein Kühlkörper, wird hier als Leistungsmoduleinheit bezeichnet

30

Nachteilig am Stand der Technik ist weiter die Vielzahl von Materialübergängen. Ein Wärmestrom, ausgehend von dem Leistungshalbleiter über die Grundplatte zum Kühlkörper übertragen, wird hierdurch vermindert.

35

Zur Verbesserung der Wärmeübertragung von dem Leistungshalbleiter zum Kühlkörper schlägt beispielsweise DE 10 2013 207 804 A1 vor, eine Grundplatte auf der einen Seite mit wärme-

leitenden Strukturen einstückig auszubilden. Der Leistungshalbleiter wird auf der gegenüberliegenden Seite der Grundplatte befestigt.

- 5 Die Größe der wärmeleitenden Strukturen ist allerdings durch die Herstellung begrenzt. Darüber hinaus ist die Herstellung einer solchen Leistungsmoduleinheit aufwendig und daher kostspielig.
- 10 Es ist demnach Aufgabe der Erfindung, das Verfahren zur Herstellung einer Leistungsmoduleinheit zu vereinfachen.

Die Aufgabe wird durch eine Leistungsmoduleinheit gemäß Anspruch 1 gelöst. Die Aufgabe wird weiter durch einen Frequenzumrichter oder ein Netzteil gemäß Anspruch 10 gelöst. Die
15 Aufgabe wird darüber hinaus durch ein Verfahren nach Anspruch 11 gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.
20

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zu Grunde, dass ein direktes Aufbringen des Substrates mit dem Leistungshalbleiter auf die Grundplatte eine Materialgrenze zwischen der Grundplatte
25 und dem Kühlkörper ersetzt. Vorzugsweise wird das Substrat mit einer Löt-Verbindung auf der Grundplatte des Kühlkörpers befestigt. Die Grundplatte dient somit auf der ersten Seite als Träger des Substrates. Weiter dient die zweite Seite der Grundplatte zur Befestigung der Kühlrippen.

30 Bei herkömmlichen Kühlkörpern mit Kühlrippen, welche einige Zentimeter lang sein können, führt dieses Verfahren zu Schwierigkeiten, da der gesamte Kühlkörper beispielsweise in einem Ofen auf eine Temperatur von etwa 200 bis etwa 500 Grad
35 Celsius erwärmt werden muss. Eine Erwärmung des gesamten Kühlkörpers ist jedoch energie- und zeitaufwendig. Demnach gründet die Erfindung auf der Einsicht, dass es vorteilhaft ist, lediglich die Grundplatte mit dem Substrat in dem Ofen

zu erwärmen und die Kühlrippen nach der Befestigung des Substrates in Aussparungen der Grundplatte zu befestigen. Die Befestigung der Kühlrippen erfolgt vorzugsweise derart, dass die Grundplatte mit dem Substrat nicht verbogen wird. Eine
5 Biegung der Grundplatte könnte das Substrat beschädigen.

Dies wird beispielhaft durch einen trapezförmigen Querschnitt der Aussparung erreicht. Darüber hinaus können die Kühlrippen vorteilhaft in tangentialer Richtung zur ersten Seite in die
10 jeweilige Aussparung aus eingebracht werden.

Vorzugsweise umfasst das Substrat eine Keramik-Schicht, wobei die Keramik-Schicht auf der Oberseite und der Unterseite jeweils, zumindest bereichsweise eine Metall-Schicht aufweist.
15 Die Metall-Schicht umfasst vorzugsweise Kupfer, Silber oder Zinn. Die vorzugsweise bereichsweise aufgetragene Metall-Schicht auf der Oberseite des Substrates dient zur Befestigung des Leistungshalbleiters. Die vorzugsweise auf der Unterseite aufgetragene Metallschicht dient zur Löt-, Press-
20 oder Sinterverbindung des Substrates mit der Grundplatte.

Die Leistungsmoduleinheit weist eine Grundplatte mit zumindest einer Aussparung auf einer ersten Seite auf, wobei in der jeweiligen Aussparung zumindest eine Kühlrippe befestigt
25 ist, wobei die jeweilige Kühlrippe in jeweils eine Aussparung der Grundplatte durch eine zumindest bereichsweise formschlüssig, bereichsweise stoffschlüssig und/oder bereichsweise kraftschlüssig ausgeführte Verbindung befestigt ist, wobei die Grundplatte auf einer zweiten Seite ein Substrat für ein
30 Leistungshalbleiter aufweist.

Die Leistungsmoduleinheit umfasst optional noch ein Gehäuse, welches das Substrat vor Umgebungseinflüssen schützt. Das Substrat dient als Grundlage für Leistungshalbleiter wie ein
35 IGBT oder ein Thyristor. Es können auch mehrere Leistungshalbleiter auf dem Substrat befestigt sein.

Die Aussparung verläuft vorzugsweise entlang der ersten Seite von einem Ende der Grundplatte bis zum anderen Ende der Grundplatte.

- 5 Die Aussparung dient vorteilhaft zur Aufnahme von einer oder mehreren Kühlrippen. Die jeweilige Kühlrippe wird vorzugsweise in die Aussparung der Grundplatte dann eingeführt, wenn das Substrat auf der zweiten Seite bereits auf der Grundplatte befestigt ist.

10

Vorzugsweise umfasst die Leistungsmoduleinheit zusätzlich ein Gehäuse, wobei das Gehäuse die zweite Seite zumindest bereichsweise abdeckt. Das Gehäuse dient zur Abdeckung und somit zum Schutz des Substrates oder des zumindest einen Leistungshalbleiters.

15

Unter einer stoffschlüssigen Verbindung wird beispielhaft eine Löt-Verbindung, eine Klebeverbindung oder eine Schweißverbindung verstanden.

20

Die Verbindung der Kühlrippe mit der Grundplatte ist vorzugsweise zumindest bereichsweise formschlüssig ausgeführt. Die formschlüssige Verbindung stellt eine gute thermische Verbindung zwischen der Grundplatte und der jeweiligen Kühlrippe her. Die formschlüssige Verbindung dient demnach zur verbesserten Abführung von Abwärme der Leistungshalbleiter über die Grundplatte auf die Kühlrippen.

25

Vorzugsweise werden die Kühlrippen durch eine kraftschlüssige Verbindung derart mit der Grundplatte befestigt, dass die Kühlrippen in eine erhitzte Grundplatte eingesetzt werden und mit Abkühlen der Grundplatte eine kraftschlüssige Verbindung eingehen. Alternativ oder zusätzlich können auch die Kühlrippen beim Einbringen gekühlt sein und durch ein Erwärmen auf Raumtemperatur eine kraftschlüssige Verbindung ausbilden.

30

35

Die Erfindung offenbart folgende Vorteile:

- Durch eine direkte Verbindung des Substrates mit der Grundplatte und lediglich einem weiteren thermischen Widerstand zu den Kühlrippen kann die Wärme von dem Substrat besonders effizient über die Kühlrippen abgeführt werden.

5

- Durch die variable Verbindung der Grundplatte mit den Kühlrippen, können Parameter der jeweiligen Kühlrippe wie Länge, Form, Oberflächenbeschaffenheit; gezielt an die Anwendung der Leistungsmoduleinheit angepasst werden.

10

- Dadurch, dass das Substrat lediglich auf der Grundplatte befestigt ist, kann es mit Hilfe eines Ofens schnell und energiesparend hergestellt werden.

15

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die jeweilige Kühlrippe durch eine Pressverbindung, eine Klebeverbindung oder eine Löt-Verbindung mit der Grundplatte verbunden.

20

Alternativ oder zusätzlich kann die jeweilige Kühlrippe mit einer Löt-Verbindung oder einer Klebeverbindung in der Ausparung der Grundplatte befestigt werden.

Durch eine feste Verbindung der jeweiligen Kühlrippe mit der Grundplatte ist die Leistungsmoduleinheit stabil gegen äußere Einflüsse ausgebildet. Zudem ist durch eine feste Verbindung der jeweiligen Kühlrippe mit der Grundplatte eine gute und sichere Wärmeübertragung von dem Leistungshalbleiter auf die Kühlrippen gewährleistet.

25

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die Grundplatte Kupfer, Aluminium oder eine Schicht aus Kupfer und eine Schicht aus Aluminium auf.

30

Vorzugsweise dient Kupfer als Material zur Aufnahme des Substrates, weil es sich gut zum Aufbau einer Löt-Verbindung eignet und ein guter Wärmeleiter ist.

35

Vorzugsweise dient Aluminium als Material für die Grundplatte, weil Aluminium einerseits ein guter Wärmeleiter ist und darüber hinaus durch seine gute Verformbarkeit für eine formschlüssige Verbindung der Grundplatte mit den Kühlrippen geeignet ist.

Besonders vorteilhaft ist die Grundplatte aus zwei aufeinander fest verbundenen Metallschichten ausgebildet. Eine solche Grundplatte weist angrenzend an die erste Seite eine Aluminiumschicht auf, die auf ihrer Oberseite eine Kupferschicht aufweist. Beide Metallschichten sind beispielhaft durch ein Walzverfahren fest miteinander verbunden. Alternativ können die Schichten auch durch ein Löt-Verfahren, insbesondere mit einem Hochtemperatur-Löt-Verfahren, miteinander verbunden sein.

Eine solche Schicht weist die oben genannten Vorteile auf und ist im Handel erhältlich.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die jeweilige Kühlrippe an zumindest einer Seite einen Aufsatz auf, wobei der Aufsatz nach Einbringen der Kühlrippe die erste Seite der Grundplatte berührt.

Der Aufsatz dient dazu, das Eindringen der Kühlrippe in die Aussparung derart zu begrenzen, dass eine Bodenseite der Aussparung die Kühlrippe lediglich berührt.

Alternativ oder zusätzlich kann der Aufsatz bereichsweise in die Aussparung hineinragen. Beispielhaft weist die Aussparung an ihren Kanten mit der ersten Seite schräg ausgerichtete Seitenflächen auf. Die Seitenflächen dienen zur Aufnahme der ebenfalls schräg ausgeführten Seitenfläche des Aufsatzes.

Durch den Aufsatz kann eine Belastung der Grundplatte beim Einbringen der jeweiligen Kühlrippe in die Aussparung vermindert werden. Insbesondere die Biegespannung, welche eine Kraft senkrecht zur ersten Seite der Grundplatte induziert,

kann wirksam reduziert werden. Mit der Reduktion der Kraft und damit der Biegespannung auf die Grundplatte wird die Verbindung des Substrates mit der Grundplatte einer verminderten Belastung beim Einbringen der Kühlrippen in die Aussparung bewirkt.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die jeweilige Kühlrippe Kupfer, Aluminium oder einer Legierung auf.

Die Kühlrippe ist vorzugsweise aus einem Material mit guter Wärmeleitung, insbesondere Aluminium, einer Aluminiumlegierung, Kupfer oder einer Kupferlegierung, ausgebildet.

Durch ein Material mit guter Wärmeleitung kann die Wärme effizient von der Grundplatte abgeführt werden.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Befestigung der Grundplatte mit der jeweiligen Kühlrippe durch Einkerbungen und Aufprägungen verstärkt.

Vorzugsweise weist zumindest ein Teil der Aussparungen der Grundplatte und/oder die Kühlrippen Einkerbungen und/oder Aufprägungen auf. Die Aussparungen können beim Einbringen der Kühlrippe in die jeweilige Aussparung Einkerbungen in die Kühlrippe einprägen. Durch die Einkerbungen wird zumindest bereichsweise eine formschlüssige Verbindung ausgebildet.

Vorzugsweise ragen Aufprägungen der Kühlrippe in Einkerbungen der jeweiligen Aussparung hinein. So ist eine besonders feste Verbindung möglich.

Die Ausprägungen in der jeweiligen Aussparung dienen demnach zur verbesserten Verbindung der Kühlrippen mit der Grundplatte.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Härte des Materials für die Grundplatte und die Härte des Materials für die jeweilige Kühlrippe unterschiedlich.

5 Vorzugsweise weist die Grundplatte ein Material mit einer größeren Härte als das Material der Kühlrippen auf. So wird das Material der Kühlrippe leicht verformt und eine zumindest bereichsweise formschlüssige Verbindung zwischen der Grundplatte und der Kühlrippe ausgebildet.

10

Bei der vorstehend ausgeführten Alternative wird vorteilhaft beim Einbringen der Kühlrippe in die jeweilige Aussparung die Kühlrippe und/oder die Innenseite der Aussparung in der Grundplatte leicht verformt. Insbesondere tragen Aufprägungen
15 zu einer Verformung der Kühlrippe und/oder zur Verformung der Grundplatte bei.

Alternativ kann auch das Material der Kühlrippe härter als das Material der Grundplatte ausgebildet sein. Eine solche
20 Ausgestaltung führt vorzugsweise zu einer vereinfachten Herstellung der Leistungsmoduleinheit.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die jeweilige Kühlrippe U-förmig, O-förmig oder 8-förmig
25 ausgebildet.

Vorzugsweise weist die Kühlrippe eine Öffnung auf. Die Öffnung dient vorzugsweise zur Durchführung eines Kühlmediums wie ein Luftstrom. Vorzugsweise ist die Öffnung so ausgebildet,
30 det, dass ein Querschnitt der Kühlrippe innen hohl ist. Vorzugsweise ist der Querschnitt der jeweiligen Kühlrippe demnach 0-förmig ausgebildet.

Vorzugsweise ist die Kühlrippe in der Mitte mit einer Verstärkung, insbesondere einem Materialübergang ausgebildet.
35

Dieser Materialübergang führt zu einem 8-förmigen Querschnitt der Kühlrippe.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist ein Querschnitt der jeweiligen Aussparung zur zweiten Seite hin verjüngt, vorzugsweise Trapez-förmig ausgebildet.

5 Um beim Einbringen der jeweiligen Kühlrippe nur eine minimale Biegespannung auf die Grundplatte zu übertragen, ist die Aussparung nach innen hin verjüngt ausgebildet. Vorzugsweise ist die Aussparung trapezförmig ausgebildet. Gegebenenfalls sind an den Seiten der Innenfläche der jeweiligen Aussparungen
10 Aufprägungen positioniert. Die Aufprägungen dienen vorzugsweise zur Fixierung der Kühlrippe in der Aussparung.

Durch die nach innen verjüngte Aussparung wird vorteilhaft das Substrat der Leistungsmoduleinheit beim Einbringen der
15 jeweiligen Kühlrippe geschont.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind weitere Kühlrippen zwischen den Kühlrippen positioniert, wobei die jeweilige weitere Kühlrippe und die Kühlrippe nur
20 bereichsweise seitlich überlappen.

Die weiteren Kühlrippen sind vorzugsweise kraftschlüssig mit den Kühlrippen verbunden. Die weiteren Kühlrippen und die Kühlrippen überlappen vorzugsweise jeweils mit einer Breite
25 von 1 Zentimeter bis 2 Zentimeter.

Vorzugsweise sind die Seiten der Kühlrippen zumindest in dem Bereich, in dem die Kühlrippen und die weiteren Kühlrippen jeweils überlappen, mit einer gerippten Struktur ausgebildet.
30 Unter einer gerippten Struktur wird insbesondere verstanden, dass die Seite der jeweiligen Kühlrippe und/oder die Seite der jeweiligen weiteren Kühlrippe Aufprägungen aufweist. Die Aufprägung kann einen dreieckigen Querschnitt aufweisen. Vorzugsweise sind die Aufprägungen jeweils parallel zueinander
35 ausgerichtet. Vorteilhaft sind die Aufprägungen jeweils parallel zur Kante der Kühlrippe ausgerichtet.

Vorzugsweise sind jeweils zwischen den Aufprägungen Einkerbungen positioniert. Vorzugsweise weisen die Einkerbungen einen dreieckigen Querschnitt auf.

- 5 Vorzugsweise ragen die Aufprägungen der Kühlrippe in die Einkerbungen der jeweils benachbarten weiteren Kühlrippe hinein.

Durch die Erweiterung der bestehenden Kühlrippen mit weiteren Kühlrippen kann nachträglich die Kühlleistung der Leistungs-
10 moduleinheit vergrößert werden.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Kühlrippe zumindest bereichsweise aus Kohlenstoff, beispielsweise aus Graphit, ausgebildet.

15

Vorteilhaft kann die Kühlrippe zumindest bereichsweise aus Carbon-Nanotubes ausgebildet sein oder Carbon-Nanotubes umfassen.

- 20 Insbesondere Graphit oder Carbon-Nanotubes weisen eine besonders hohe Wärmeleitfähigkeit auf.

Durch die hohe Wärmeleitfähigkeit kann die Kühlung der Grundplatte verbessert werden.

25

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind Kühlrippen miteinander verbunden.

- 30 Die Verbindung der Kühlrippen erfolgt vorteilhaft durch Verbindungselemente. Die Verbindungselemente und die Kühlrippen bilden vorzugsweise eine Einheit. Die Einheit wird vorteilhaft als Ganzes in die Aussparungen der Grundplatte eingebracht werden.

- 35 Vorzugsweise sind die Verbindungselemente stoffschlüssig mit den Kühlrippen verbunden.

Vorzugsweise sind die Kühlrippen und die Verbindungselemente einstückig ausgeführt. Vorzugsweise weisen die Verbindungselemente Öffnungen auf. Die Öffnungen dienen vorteilhaft zur Reduktion von Gewicht. Weiter sind die Öffnungen vorzugsweise zur Durchführung eines Kühlmediums, insbesondere eines Kühlluftstroms, ausgebildet.

Durch die Einheit ist eine besonders feste und gleichmäßige Verbindung der Kühlrippen mit der Grundplatte möglich. Überdies kann Wärme von einer Kühlrippe zu einer anderen Kühlrippe übertragen werden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind Kühlrippen mit Verbindungselementen zu einer Einheit miteinander verbunden. Vorzugsweise sind die Einheiten derart gestaltet, dass eine Einheit durch eine Steckverbindung, eine Pressverbindung oder eine Klebeverbindung mit einer weiteren Einheit verbindbar ist.

Die Einheit weist vorzugsweise parallel ausgerichtete Kühlrippen auf, wobei Kühlrippen durch die Verbindungselemente miteinander verbunden sind.

Vorzugsweise weisen die Kühlrippen an beiden Enden eine strukturierte Oberfläche, insbesondere eine gerippte Oberfläche, auf. Durch die strukturierte Oberfläche ist eine verbesserte Verbindung der Kühlrippen miteinander möglich, wobei vorzugsweise zur Verbindung eine Kühlrippe zwischen jeweils zwei andere Kühlrippen gesteckt wird. Die strukturierte Oberfläche dient zum verbesserten Zusammenhalt der Kühlrippen untereinander. Durch die Verbindungselemente werden die Kühlrippen miteinander fixiert.

Eine vorteilhafte Anwendung der hier beschriebenen Leistungsmoduleinheit ist Frequenzumrichter oder Netzteil, insbesondere für den industriellen Einsatz.

Vorteilhaft dient ein solcher Frequenzumrichter für mobile Anwendungen wie zumindest teilweise elektrisch angetriebene Fahrzeuge. Weiter vorteilhaft ist die Erfindung bei elektrisch angetriebenen Flugzeugen anwendbar. Zusätzlich ist die Erfindung vorteilhaft für ein Ladegerät einsetzbar. Vorzugsweise findet die Erfindung bei einem Ladegerät für ein elektrisch angetriebenes Fahrzeug oder Flugzeug Anwendung.

Vorteilhaft können die Art, Anzahl, Form und Größe der Kühlrippen nach dem Kühlbedarf der Leistungsmoduleinheit in der jeweiligen Anwendung ausgewählt werden.

Bei dem Verfahren zur Herstellung einer Leistungsmoduleinheit weist die Leistungsmoduleinheit eine Grundplatte mit Aussparungen auf einer ersten Seite auf, umfassend folgende Schritte:

- a) Positionieren eines Substrates auf einer zweiten, den Aussparungen gegenüberliegenden, Seite;
- b) Erwärmen der Grundplatte und des Substrates, so dass das Substrat, insbesondere durch eine Löt-, Sinter- oder Pressverbindung, auf der ersten Seite der Grundplatte befestigt wird;
- c) Einbringen und Befestigen von zumindest einer Kühlrippe in der jeweiligen Aussparung, wobei die Befestigung formschlüssig und/oder kraftschlüssig ausgeführt wird.

Optionale und vorteilhafte Schritte bei der Herstellung der Leistungsmoduleinheit sind:

- Befestigen eines Gehäuses an der Grundplatte, wobei das Gehäuse das Substrat und einen Leistungshalbleiter schützt;

- Aufbringen von Kontaktelementen auf einer Metall-Schicht, wobei die Metall-Schicht zur Befestigung des Leistungshalbleiters dient. Das jeweilige Kontaktelement kann auf einer Seite mit dem Gehäuse verbunden sein. Das Kontaktelement dient vorteilhaft zum Anschluss des Leistungshalbleiters mit einer elektrischen Leitung.

- Vorzugsweise erfolgt eine Isolation des Substrates. Eine Isolation erfolgt vorteilhaft durch Beaufschlagen des Substrates mit einem nicht-leitenden Werkstoff auf Polymer-Basis, insbesondere auf Silikon-Basis.

5

Vorzugsweise erfolgt das Erwärmen der Grundplatte mit dem Substrat in einem Ofen. Das Substrat und die Grundplatte werden auf eine Temperatur zwischen 200 und 500 Grad erwärmt. Die Erwärmung dient zur Ausbildung einer Löt-, Sinter oder

10 Pressverbindung von dem Substrat mit der Grundplatte.

Die Kühlrippen werden vorzugsweise gemeinsam in jeweils für die Kühlrippe vorgesehene Aussparung eingebracht. Hierzu werden die Kühlrippen ausgerichtet und die Grundplatte auf-

15 presst.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung werden die Aussparungen nach der Befestigung des Substrates in die Grundplatte eingebracht.

20

Vorzugsweise werden die Aussparungen durch eine spanhebende Bearbeitung in die Grundplatte eingebracht. Durch das nachträgliche Einbringen der Aussparung kann die Grundplatte ohne Aussparungen in einem Ofen erwärmt werden. Durch die quader-

25 förmige Ausführung der Grundplatte kann die Grundplatte besonders gleichmäßig erwärmt werden und ist bei einer Pressverbindung der Grundplatte mit dem Substrat besonders stabil ausgebildet.

30 Zur Ausbildung einer kraftschlüssigen Verbindung kann das Material der Grundplatte und das Material der jeweiligen Kühlrippe derart ausgewählt werden, dass bei einer erwärmten Grundplatte der Querschnitt der Aussparung der Grundplatte vergrößert ist und bei Raumtemperatur um den Teil der Kühl-

35 rippe, der sich in der Aussparung befindet, eine kraftschlüssige und/oder formschlüssige Verbindung ausbildet.

Alternativ oder zusätzlich kann auch eine Löt-Verbindung oder eine Klebeverbindung für eine Befestigung der jeweiligen Kühlrippe mit der Grundplatte beitragen.

- 5 Durch das vorstehend beschriebene Verfahren zur Herstellung der Leistungsmoduleinheit können die Kühlrippen entsprechend dem jeweiligen Einsatz ausgewählt werden. Gleichzeitig wird bei der Verbindung der Grundplatte mit dem Substrat Zeit eingespart, weil die Kühlrippen nicht mit erwärmt werden müssen.
- 10 Zudem ist durch das Erwärmen der Grundplatte ohne Kühlrippen eine besonders gleichmäßige Temperaturverteilung möglich, was zu einer verbesserten Löt- oder Sinterverbindung des Substrates mit der Grundplatte führt.
- 15 Überdies kann vorteilhaft die Höhe des Ofens besonders niedrig ausgebildet sein.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung erfolgt das Erwärmen der Grundplatte mit dem Substrat in einem Ofen.

20

Die Erwärmung der Grundplatte und des Substrates auf der Grundplatte erfolgt vorzugsweise in einem Durchlaufofen. Durch eine einfache Veränderung der Durchlaufzeit der Grundplatten durch den Ofen kann die notwendige Erwärmung der

25 Grundplatte und des Substrates gut eingestellt werden.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung erfolgt das Einbringen der Kühlrippe in die Aussparung nach einem Abkühlen der Grundplatte.

30

Vorzugsweise wird vor dem Einbringen der Kühlrippe die Grundplatte auf Raumtemperatur abgekühlt. Durch das Abkühlen der Grundplatte kann beim Einbringen einer Kühlrippe ein Verbiegen von Aufprägungen in der Aussparung verhindert werden. Zudem ist bei einer Klebeverbindung der Kühlrippen mit der Grundplatte ein verbesserter Halt möglich.

35

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden die Kühlrippen entlang der Aussparung in die jeweilige Aussparung eingebracht.

5 Um das Substrat beim Einbringen der Kühlrippe in die Aussparung zu schonen, sollte die Kraft, die zu einem Biegen der Grundplatte führt, vermieden werden. Da die Grundplatte entlang der tangentialen Richtung zu den Seiten stabiler ist, führt ein Einbringen der zumindest einen Kühlrippe in tangentialer Richtung zu einer geringen Verformung der Grundplatte und somit zu einer geringen Belastung des Substrates.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfasst die jeweilige Kühlrippe eine Öffnung, wobei ein
15 Pressmittel in die Öffnung der Kühlrippe geführt wird und mit Hilfe des Pressmittels die Kühlrippe in die Aussparung gepresst wird.

Je nach Form des Pressmittels und eines Querschnitts der Kühlrippe kann das Pressmittel zur Ausbildung einer form-schlüssigen Verbindung beitragen. Das Pressmittel verformt vorzugsweise das jeweilige Ende der Kühlrippe, so dass das Material der Kühlrippe die Aussparung zumindest bereichsweise ausfüllt.

25 Als Pressmittel ist ein Stab einsetzbar. Das Pressmittel wird vorzugsweise durch eine Öffnung der Kühlrippe geführt und die Kühlrippe in die Aussparung eingebracht. Durch Verwendung eines Pressmittels, welches in der Umgebung der Aussparung auf die Kühlrippe wirkt, kann ein Verbiegen der Kühlrippe wirksam verhindert werden.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die Grundplatte Kupfer, Aluminium oder eine Schicht aus
35 Kupfer und eine Schicht aus Aluminium auf und/oder weist die jeweilige Kühlrippe Kupfer, Aluminium oder einer Legierung auf.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung erfolgt das Erwärmen der Grundplatte mit dem Substrat in einem Ofen und/oder erfolgt das Einbringen der Kühlrippe in die Aussparung nach einem Abkühlen der Grundplatte.

5

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden die Kühlrippen, welche für die Einbringung in die Aussparungen der Grundplatte vorgesehen sind, in einem Schritt in die jeweils für die Kühlrippe vorgesehene Aussparung eingebracht.

10

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung erfolgt das Einbringen der zumindest einen Kühlrippe tangential zur ersten Seite der Grundplatte, wobei die Aussparung einen Querschnitt aufweist, welcher insbesondere trapezförmig ausgebildet ist. Vorzugsweise werden alle Kühlrippen derart in die Grundplatte eingebracht.

15

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird beim tangentialen Einbringen der zumindest einen Kühlrippe in die Grundplatte die mindestens eine Kühlrippe orthogonal zum Querschnitt der Aussparung in die Aussparung geschoben, so dass insbesondere die Grundplatte nur minimal verformt wird. Vorzugsweise werden alle Kühlrippen derart in die Grundplatte geschoben.

20

25

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird die zumindest eine Kühlrippe über eine Seitenfläche der Grundplatte, welche orthogonal zu der Seitenfläche ausgerichtet ist, in die Aussparung eingebracht, insbesondere eingeschoben oder eingezogen.

30

Die zumindest eine Kühlrippe wird folglich von der Seitenfläche der Grundplatte ausgehend in die Aussparung geschoben oder gezogen, so dass während des Einbringens der zumindest einen Kühlrippe in die Aussparung die Aussparung schrittweise von der zumindest einen Kühlrippe mit Blick auf die erste Seite der Grundplatte überdeckt wird. Vorzugsweise werden al-

35

le Kühlrippen derart in die Grundplatte geschoben oder gezogen.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Figuren näher beschrieben und erläutert. Die in den Figuren gezeigten Ausführungen sind lediglich beispielhaft und schränken die Erfindung nicht ein. Einzelne Merkmale der beispielhaften Ausführungen können zu weiteren Ausführungen der Erfindung kombiniert werden.

Es zeigen:

FIG 1 eine beispielhafte Leistungsmoduleinheit,

FIG 2 ein Ausschnitt einer beispielhaften Leistungsmoduleinheit,

FIG 3 ein beispielhaftes Verfahren,

FIG 4 einen möglichen Querschnitt einer Aussparung,

FIG 5 eine weitere beispielhafte Leistungseinheit,

FIG 6 einen Ausschnitt einer Leistungsmoduleinheit,

FIG 7 einen Ausschnitt einer Leistungsmoduleinheit sowie

FIG 8 eine Verbindung zwischen Kühlrippen und weiteren Kühlrippen.

FIG 1 zeigt eine beispielhafte Leistungsmoduleinheit 1. Die Leistungsmoduleinheit 1 umfasst eine Grundplatte 3, wobei die Grundplatte 3 auf einer ersten Seite Aussparungen 9 aufweist. Die Aussparungen 9 dienen jeweils zur Aufnahme zumindest einer Kühlrippe 7. Die Grundplatte weist auf einer zweiten Seite 3b ein Substrat 4 auf. Das Substrat 4 dient als Träger für die Leistungshalbleiter 5. Das Substrat ist vorzugsweise aus

einer Keramik hergestellt, wobei das Substrat auf beiden Seiten eine Kupfer-Beschichtung aufweist. Die Kupfer-Beschichtung dient insbesondere als Grundlage einer Löt-Verbindung 11 zur Befestigung des Substrates 4 auf der Grundplatte 3. Die Leistungshalbleiter 5 sind vorzugsweise ebenfalls durch eine Löt-Verbindung 11 mit dem Substrat 4 verbunden.

Die Grundplatte 3 ist vorzugsweise aus einer Kupfer- oder einer Aluminium-Legierung ausgebildet. Besonders vorteilhaft ist die Grundplatte 3 im unteren Bereich, angrenzend an die erste Seite 3a, aus Aluminium hergestellt und im oberen Bereich, angrenzend an die zweite Seite 3b, aus Kupfer hergestellt. Grundlage für eine solche Grundplatte 3 ist ein geschichtetes Material. Ein möglicher geschichteter Aufbau ist durch die gestrichelte Linie in der Grundplatte 3 angezeigt.

Die jeweilige Kühlrippe wird durch eine formschlüssige und/oder kraftschlüssige Verbindung in die jeweilige Aussparung 9 der Grundplatte 3 mit der Grundplatte 3 befestigt.

FIG 2 zeigt einen Ausschnitt einer beispielhaften Leistungsmoduleinheit 1. Gezeigt ist eine Grundplatte 3 mit einer Mehrzahl von Kühlrippen 7. Die Kühlrippen 7 sind jeweils in einer der Aussparungen 9 der Grundplatte 3 eingebracht. Die gezeigten Kühlrippen 7 weisen jeweils zwei Öffnungen 7a auf. Die Öffnungen 8 sind durch eine Grenze in der Mitte der Kühlrippe 7 voneinander getrennt. Somit wird ein 8-förmiges Profil der Kühlrippe ausgebildet. Durch das 8-förmige Profil kann ein Luftstrom die Kühlrippe besonders effizient kühlen.

An dem jeweiligen Ende 7b der Kühlrippe 7 ist die Kühlrippe 7 verstärkt ausgebildet. Eine solche Verstärkung kann durch eine erhöhte Wandstärke der Kühlrippe 7 im Bereich deren jeweiligen Endes 7a erreicht werden. Durch eine Verstärkung der Kühlrippe 7 an ihrem jeweiligen Ende 7a ist eine besonders stabile Verbindung der jeweiligen Kühlrippe 7 mit der Grundplatte 3 möglich.

FIG 3 zeigt ein beispielhaftes Verfahren. Das Verfahren umfasst einen ersten Schritt a, einen zweiten Schritt b, einen dritten, optionalen Schritt c und einen vierten Schritt d.

5

Im ersten Schritt a wird die jeweilige Aussparung 9 in die Grundplatte 3 eingebracht. Die Aussparung wird durch einen Walzprozess, ein spanhebendes Verfahren wie Fräsen oder durch ein Schmiedeverfahren in die Grundplatte eingeprägt.

10

In einem zweiten Schritt b wird auf der zweiten Seite 3b der Grundplatte 3 ein Substrat 4 positioniert. Zur Befestigung des Substrates 4 auf der zweiten Seite 3b der Grundplatte 3 wird die Grundplatte mit dem Substrat in einem Ofen auf eine Temperatur von 200 Grad bis 500 Grad Celsius erwärmt. Das Substrat 4 wird in dem zweiten Schritt b durch eine Löt-Verbindung oder eine Sinter-Verbindung mit der zweiten Seite 3b der Grundplatte fest verbunden.

15

In einem dritten, optionalen, Schritt c wird die Grundplatte mit dem Substrat wieder auf die Raumtemperatur abgekühlt. Je nach Art der Verbindung des Substrates 4 auf der Grundplatte 3 erfolgt die Abkühlung schnell oder langsam.

20

In einem vierten Schritt d werden die Kühlrippen 7 in die jeweilige Aussparung 9 der Grundplatte eingebracht und befestigt. Das Einbringen der Kühlrippen erfolgt entweder von der Seite, das heißt tangential zur ersten Seite 3a der Grundplatte 3 oder senkrecht hierzu. Beim tangentialen Einbringen der Kühlrippen 7 in die Grundplatte wird die Kühlrippe 7 orthogonal zum Querschnitt 9a der Aussparung 9 in die Aussparung geschoben. Ein solches Einbringen verformt die Grundplatte vorteilhaft nur minimal.

25

30

Bei einem senkrechten Einbringen der jeweiligen Kühlrippe 7 in die Aussparung 9 sollte darauf geachtet werden, dass die Kraft, welche auf die Grundplatte 3 wirkt, nicht zu einer

35

Verformung der Grundplatte 3 führt, da ansonsten das Substrat 4 beschädigt werden könnte.

FIG 4 zeigt einen möglichen Querschnitt 9a einer Aussparung

5 9. Die Aussparung 9 der Grundplatte 3 ist nach innen verjüngt. Zur verbesserten Halterung der Kühlrippe 7 weist die Aussparung 9 an ihrer Innenseite 9b Aufprägungen 10 auf. Die Aufprägungen 10 dienen vorteilhaft zur Ausbildung bereichs-
weise formschlüssiger Verbindungen zwischen der Grundplatte 3
10 (hier als Ausschnitt gezeigt) und der Kühlrippe 7.

Der trapezförmige Querschnitt 9a der Aussparung 9 dient bei einem senkrechten Einbringen der Kühlrippe 7 in die Aussparung 9 zur Reduktion der Kraft, welche senkrecht zur ersten
15 Seite 3a oder zweiten Seite 3b der Grundplatte 3 wirkt. Vielmehr wird die Kraft in tangential zur jeweiligen Seite 3a,3b der Grundplatte 3 verlaufende Richtung umgelenkt. Dies ist durch die Pfeile, die von der Aussparung ausgehen, dargestellt.

20

In der Figur ist überdies ein Pressmittel 11 angedeutet. Das Pressmittel 11 dient zum Einbringen der Kühlrippe 7 in die Aussparung 9. Vorzugsweise ist das Pressmittel 11 als Stab ausgeführt, welcher durch die Öffnung 7a der Kühlrippe geführt wird und die Kühlrippe 7 in die Aussparung 9 der Grund-
25 platte 3 pressen kann. Je nach Form des Pressmittels 11 und eines Querschnitts der Kühlrippe 7 kann das Pressmittel 11 zur Ausbildung einer formschlüssigen Verbindung beitragen. Das Pressmittel 11 verformt vorzugsweise das jeweilige Ende
30 7a der Kühlrippe 7, so dass das Material der Kühlrippe 7 die Aussparung 9 zumindest bereichsweise ausfüllt.

FIG 5 zeigt eine weitere beispielhafte Leistungsmoduleinheit

1. Die Leistungsmoduleinheit 1 weist einen analogen Aufbau
35 wie die Leistungsmoduleinheit auf, die in FIG 1 gezeigt ist. Im Unterschied zu FIG 1 umfasst die hier gezeigte Leistungs-
moduleinheit 1 Kühlrippen 7, die miteinander verbunden sind. Die Verbindung der Kühlrippen erfolgt durch Verbindungsele-

mente 17. Die Verbindungselemente 17 und die Kühlrippen 7 bilden hier eine feste Einheit. Die Einheit aus Kühlrippen 7 und Verbindungselementen 17 wird in die Aussparungen 9 der Grundplatte 3 eingebracht und dort zumindest bereichsweise formschlüssig und/oder kraftschlüssig mit der Grundplatte verbunden.

FIG 6 zeigt einen Ausschnitt einer Leistungsmoduleinheit 1. Gezeigt ist ein Ausschnitt der Grundplatte 3 mit der Aussparung 9, wobei in die Aussparung 9 eine Kühlrippe 7 eingebracht worden ist. Die Kühlrippe 7 umfasst einen Aufsatz 25, wobei der Aufsatz 25 so auf der jeweiligen Seite der Kühlrippe 7 positioniert ist, dass nach dem Einbringen der Kühlrippe 7 in die Aussparung 9 ein Hohlraum 23 in der Aussparung ausgebildet ist. Der Hohlraum 23 ist zwischen der Seite der Kühlrippe 7 und der Bodenseite der Aussparung 9 angeordnet. Der Hohlraum 23 ist ausgebildet, weil die Kühlrippe nicht vollständig in die Aussparung 9 eingebracht ist. Zur Ausbildung des Hohlraums 23 ist der jeweilige Aufsatz 25 derart an den Seiten der Kühlrippe 7 positioniert, dass der Aufsatz 25 nach dem Einbringen der Kühlrippe 7 in die Aussparung 9 die erste Seite 31 berührt oder an dieser befestigt ist.

Vorteilhaft liegt der Aufsatz 25 der Kühlrippe 7 auf der ersten Seite 3a der Grundplatte 3 auf. Vorteilhaft erhöht das Aufliegen des Aufsatzes 25 auf der ersten Seite 3a eine flächige Verbindung 21 zwischen Kühlrippe 7 und der Grundplatte. Die flächige Verbindung dient zur Übertragung von Wärme von der Grundplatte 3 auf die Kühlrippe.

Die Höhe des Hohlraums 23 kann auch so klein ausgestaltet sein, dass die Unterseite der Aussparung 9 die Kühlrippe 7 stellenweise berührt.

FIG 7 zeigt einen Ausschnitt einer Leistungsmoduleinheit 1. Analog zu dem Ausschnitt, der in FIG 6 gezeigt ist, weist die Kühlrippe 7 ebenfalls einen Aufsatz 25 auf. Der Aufsatz 25 ist so ausgebildet, dass er eine schräge Auflagefläche auf-

weist, wobei die schräge Auflagefläche auf einer entsprechenden Schräge bei der Aussparung 9 aufliegt. Beim Einbringen der Kühlrippe 7 in die Aussparung 9 sind die entstehenden Kräfte durch Pfeile gekennzeichnet. Die Kräfte (durch die Pfeile symbolisiert) weisen, in Abhängigkeit der Ausrichtung der schrägen Auflagefläche, eine Kraftkomponente in paralleler Richtung zur ersten Seite der Grundplatte 3 auf.

Durch die schräge Ausrichtung der Auflagefläche wird beim Einbringen der Kühlrippe 7 weniger Kraft auf die Grundplatte 3 zur Ausbildung einer Biegespannung und somit zu einer Belastung des Substrates 4 aufgeprägt. Darüber hinaus ist die Fläche zwischen der Kühlrippe 7 und der Grundplatte 3 vergrößert. Durch die vergrößerte Fläche kann Wärme von der Grundplatte 3 auf die Kühlrippe abgegeben werden.

Zur verbesserten Verbindung der Kühlrippe 7 mit der Grundplatte weist die Innenseite 9a der Aussparung 9 und/oder die Kühlrippe 7 an ihrer Seite eine Aufprägung 10 auf. Die Aufprägung ragt vorzugsweise in eine Einkerbung, wobei die Einkerbung auf jeweils der Seite eingebracht ist, welche die Aufprägung berührt. Vorzugsweise trägt eine solche Aufprägung 10 zur verbesserten Stabilität der Verbindung zwischen der Grundplatte 3 und der Kühlrippe 7 bei.

FIG 8 zeigt eine Verbindung 21 zwischen Kühlrippen 7 und weiteren Kühlrippen 7'. Die Verbindung 21 zwischen den Kühlrippen 7 und den weiteren Kühlrippen 7' kann durch eine Klemmverbindung oder eine kraftschlüssige Verbindung ausgebildet sein. Zum verbesserten Zusammenhalt können die Kühlrippen 7 und/oder die weiteren Kühlrippen 7' im Bereich der Verbindung 21 eine gerippte Struktur aufweisen. Vorzugsweise weisen Kühlrippen 7 und/oder weitere Kühlrippen 7' an ihrer jeweiligen Seite bereichsweise parallel verlaufende Aufprägungen mit dreieckigem Querschnitt auf. Diese Aufprägungen können auch in Einkerbungen ragen, wobei die Einkerbungen einen dreieckigen Querschnitt aufweisen und zwischen den Aufprägungen in die Kühlrippe 7 und/oder die weitere Kühlrippe 7' positio-

niert sind. Eine solche Verbindung 21 ist in der vergrößerten Darstellung gezeigt. Die gerippte Struktur dient zur stabilen Verbindung der Kühlrippen 7 mit der jeweils weiteren Kühlrippe 7'.

5

Gezeigt ist ein Verbindungselement 17, wobei das Verbindungselement 17 die Möglichkeit der Verbindung der Kühlrippen 7 (analog zur Ausführung, die in FIG 5 gezeigt ist) offenbart.

10 Die weiteren Kühlrippen 7', welche in den Zwischenräumen der jeweils parallel ausgerichteten Kühlrippen 7 eingebracht sind, dienen zur weiteren Verbesserung der Kühlung jeweils parallel ausgebildeter Kühlrippen 7 und damit zur verbesserten Kühlung des Substrates 4 auf der Grundplatte 3.

15

Zusammenfassend betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Leistungsmoduleinheit 1 sowie eine Leistungs-
moduleinheit 1. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein
Netzteil und einen Frequenzumrichter. Zur Herstellung der

20 Leistungsmoduleinheit 1 wird eine Grundplatte 3 mit Aussparungen 9 versehen. Die Grundplatte wird mit einem Substrat 4, welches den Leistungshalbleiter 5 trägt, verbunden. Nach der Befestigung des Substrates 4 auf der Grundplatte werden die Kühlrippen 7 in die Aussparungen 9 der Grundplatte 3 geführt
25 und formschlüssig und/oder kraftschlüssig befestigt. Durch die Ausführung kann eine Leistungsmoduleinheit 1 bedarfsge-
recht mit Kühlrippen 7 ausgebildet werden und gleichzeitig die Herstellung der Leistungsmoduleinheit 1 vereinfacht werden.

30

Patentansprüche

1. Leistungsmoduleinheit (1), insbesondere für einen Frequen-
zumrichter, aufweisend eine Grundplatte (3) mit zumindest ei-
5 ner Aussparung (9) auf einer ersten Seite (3a), wobei in der
jeweiligen Aussparung (9) zumindest eine Kühlrippe (7) befes-
tigt ist, wobei die jeweilige Kühlrippe (7) in der jeweiligen
Aussparung (9) der Grundplatte (3) durch eine zumindest be-
reichsweise formschlüssig, bereichsweise stoffschlüssig
10 und/oder bereichsweise kraftschlüssig ausgeführte Verbindung
befestigt ist, wobei die Grundplatte (3) auf einer zweiten
Seite (3b) ein Substrat (4) für einen Leistungshalbleiter (5)
aufweist.
- 15 2. Leistungsmoduleinheit (1) nach Anspruch 1, wobei die je-
weilige Kühlrippe (7) durch eine Pressverbindung, eine Klebe-
verbindung, oder eine Löt-Verbindung mit der Grundplatte (3)
verbunden ist.
- 20 3. Leistungsmoduleinheit (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei
die Grundplatte (3) Kupfer, Aluminium oder eine Schicht aus
Kupfer und eine Schicht aus Aluminium aufweist und/oder die
jeweilige Kühlrippe (7) Kupfer, Aluminium oder eine Legierung
aufweist.
- 25 4. Leistungsmoduleinheit (1) nach einem der vorangehenden An-
sprüche, wobei die jeweilige Kühlrippe (7) an zumindest einer
Seite einen Aufsatz (25) aufweist, wobei der Aufsatz (25)
nach Einbringen der Kühlrippe (7) die erste Seite (3a) der
30 Grundplatte (3) berührt.
5. Leistungsmoduleinheit (1) nach einem der vorangehenden An-
sprüche, wobei die Befestigung der Grundplatte (3) mit der
jeweiligen Kühlrippe (7) durch Einkerbungen und Aufprägungen
35 verstärkt ist.
6. Leistungsmoduleinheit (1) nach einem der vorangehenden An-
sprüche, wobei die Härte des Materials für die Grundplatte

(3) und die Härte des Materials für die jeweilige Kühlrippe (7) unterschiedlich ist.

5 7. Leistungsmoduleinheit (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die jeweilige Kühlrippe (7) U-förmig, O-förmig oder 8-förmig ausgebildet ist.

10 8. Leistungsmoduleinheit (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Querschnitt (9a) der jeweiligen Aussparung (9) zur zweiten Seite (3b) hin verjüngt ist, vorzugsweise trapezförmig ausgebildet ist.

15 9. Leistungsmoduleinheit (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei weitere Kühlrippen (7') zwischen den Kühlrippen (7) positioniert sind, wobei die jeweilige weitere Kühlrippe (7') und die Kühlrippe (7) nur bereichsweise seitlich überlappen.

20 10. Frequenzumrichter oder Netzteil, insbesondere für den industriellen Einsatz, aufweisend eine Leistungsmoduleinheit (1) nach dem vorangehenden Anspruch.

25 11. Verfahren zur Herstellung einer Leistungsmoduleinheit (1), wobei die Leistungsmoduleinheit (1) eine Grundplatte (3) mit Aussparungen (9) auf einer ersten Seite (3a) aufweist, umfassend folgende Schritte:

a) Positionieren eines Substrates (4) auf einer zweiten, den Aussparungen gegenüberliegenden, Seite (3b);
b) Erwärmen der Grundplatte (3) und des Substrates (4), so
30 dass das Substrat, insbesondere durch eine Löt- oder Sinterverbindung (11), auf der ersten Seite (3a) der Grundplatte (3) befestigt wird,
c) Einbringen und befestigen von zumindest einer Kühlrippe (7) in der jeweiligen Aussparung (9), wobei die Befestigung
35 formschlüssig und/oder kraftschlüssig ausgeführt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei das Erwärmen der Grundplatte (3) mit dem Substrat (4) in einem Ofen erfolgt

und/oder das Einbringen der Kühlrippe (7) in die Aussparung (9) nach einem Abkühlen der Grundplatte (3) erfolgt.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 oder 12, wobei die
5 Kühlrippen (7) entlang der Aussparung (9) in die jeweilige Aussparung (9) eingebracht werden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei die
10 Kühlrippen (7), welche für die Einbringung in die Aussparungen (9) der Grundplatte (3) vorgesehen sind, in einem Schritt in die jeweils für die Kühlrippe (7) vorgesehene Aussparung (9) eingebracht werden.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei das
15 Einbringen der zumindest einen Kühlrippe (7) tangential zur ersten Seite (3a) der Grundplatte (3) erfolgt, wobei die Aussparung (9) einen Querschnitt (9a) aufweist, welcher insbesondere trapezförmig ausgebildet ist.

20 16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei beim tangentialen Einbringen der zumindest einen Kühlrippe (7) in die Grundplatte (3) die zumindest eine Kühlrippe (7) orthogonal zum Querschnitt (9a) der Aussparung (9) in die Aussparung (9) geschoben wird, so dass insbesondere die Grundplatte (3) nur minimal
25 verformt wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 16, wobei die
zumindest eine Kühlrippe (7) über eine Seitenfläche der Grundplatte (3), welche orthogonal zu der Seitenfläche (3a)
30 ausgerichtet ist, in die Aussparung (9) eingebracht, insbesondere eingeschoben oder eingezogen, wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei die
jeweilige Kühlrippe (7) eine Öffnung (7a) umfasst, wobei ein
35 Pressmittel in die Öffnung (7a) der Kühlrippe (7) geführt wird und mit Hilfe des Pressmittels die Kühlrippe (7) in die Aussparung (9) gepresst wird.

FIG 1

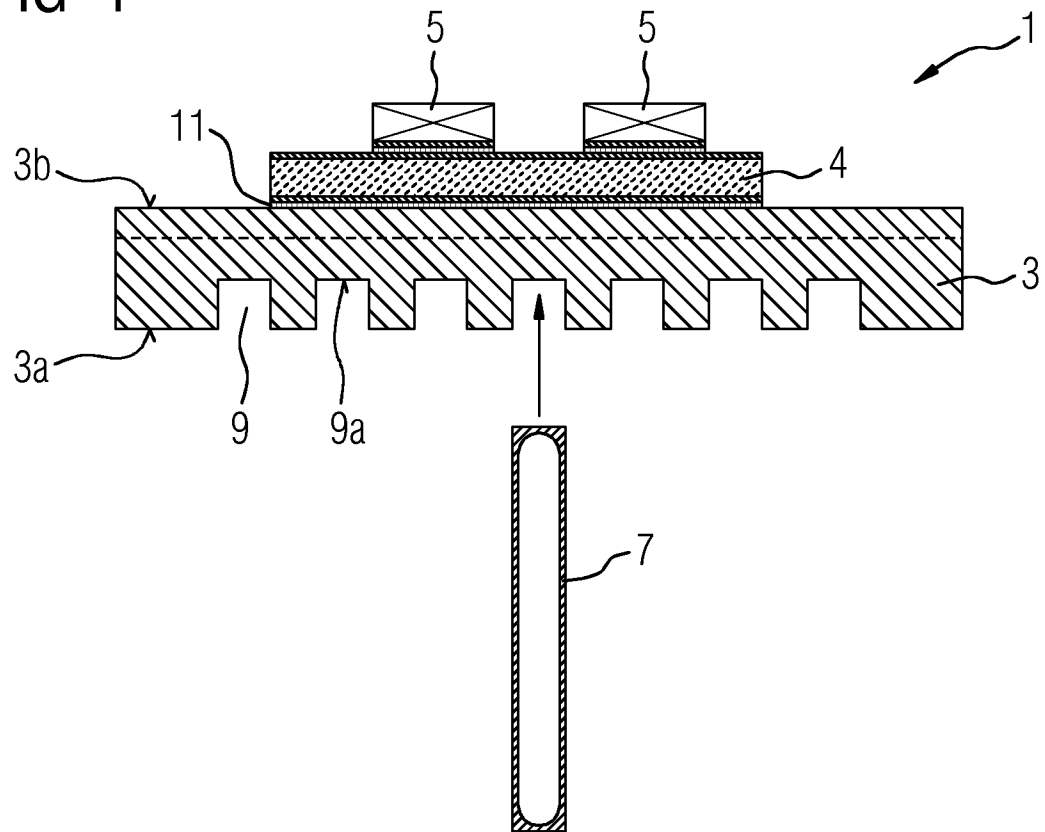
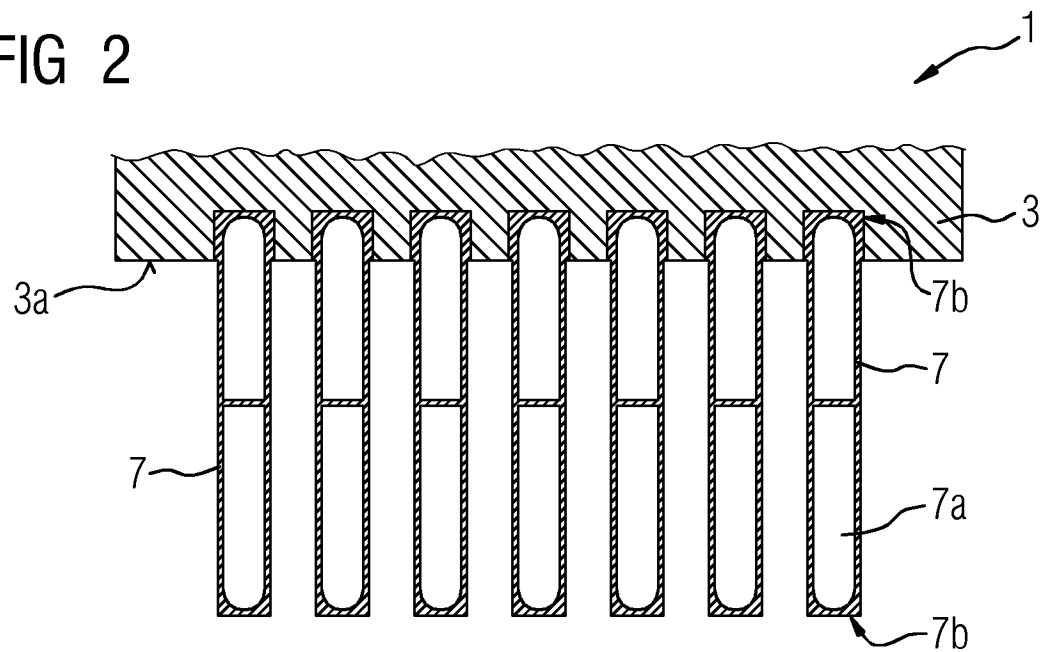


FIG 2



2 / 3

FIG 3

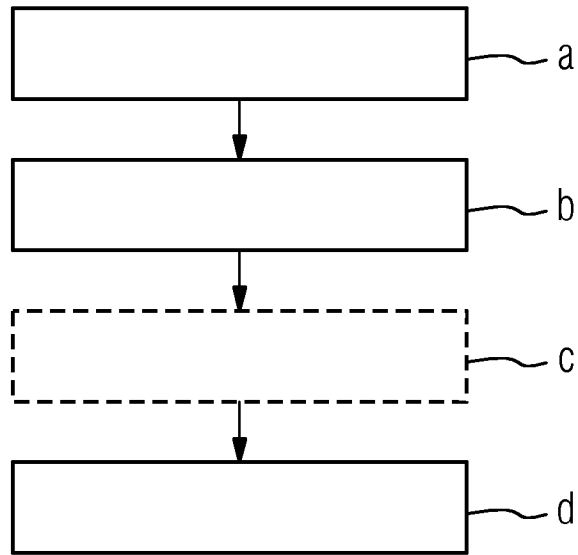


FIG 4

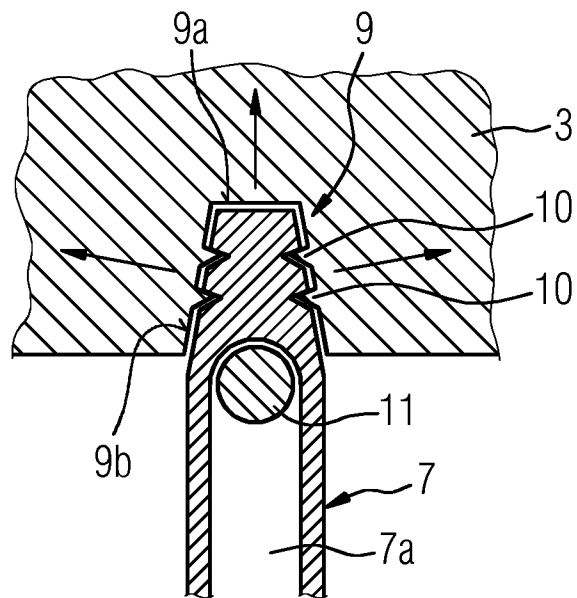
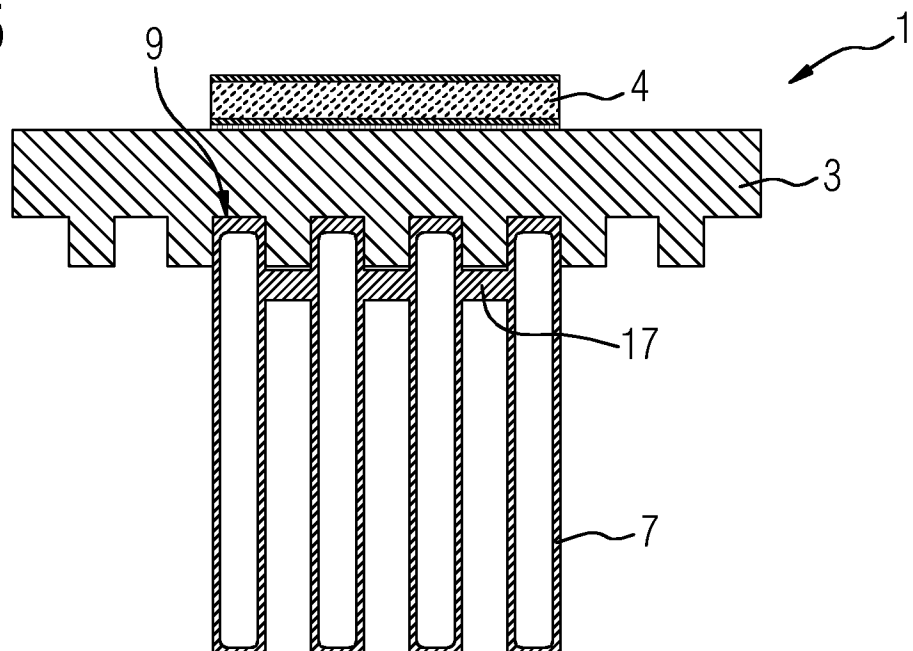


FIG 5



3 / 3

FIG 6

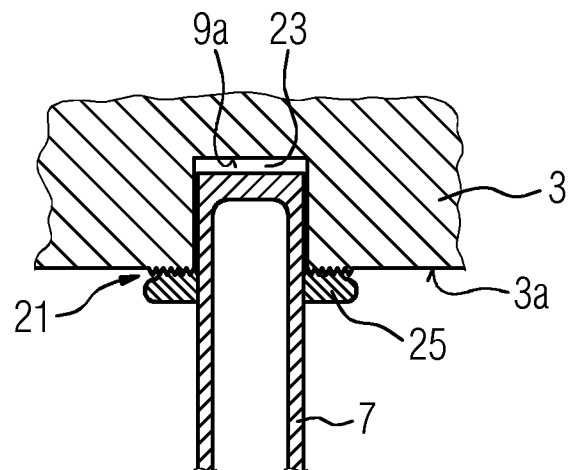


FIG 7

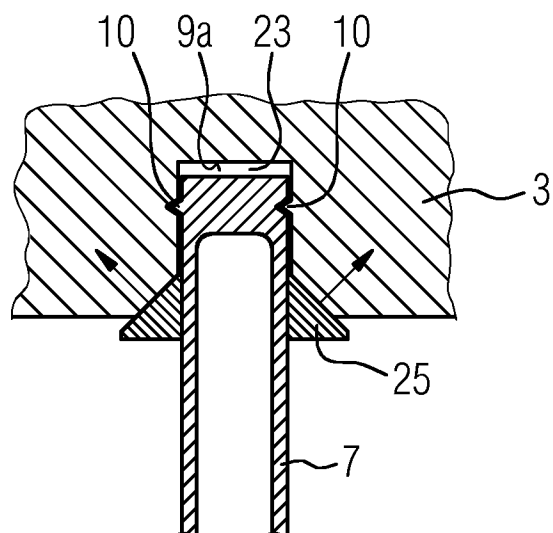
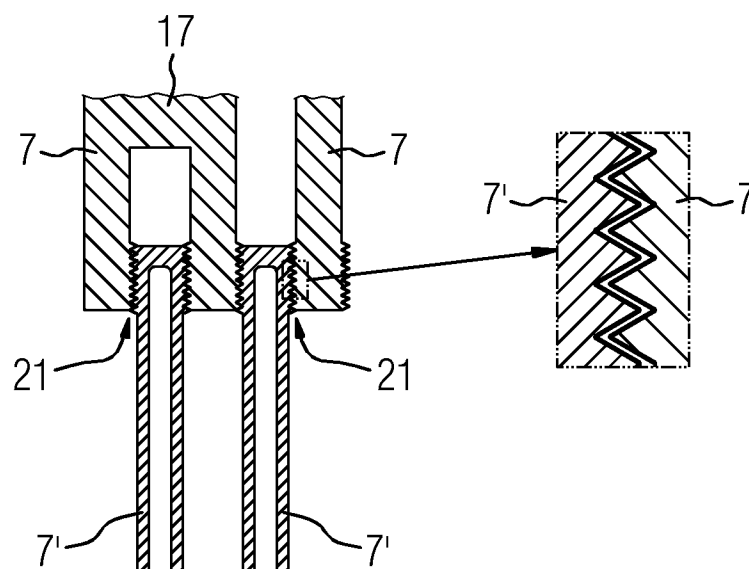


FIG 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/067881

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01L 23/367**(2006.01)i; **F28D 15/02**(2006.01)i; **H01L 23/467**(2006.01)i; **H01L 21/48**(2006.01)i; **H05K 7/20**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L; F28F; H05K; F28D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	EP 2328172 A1 (ABB RESEARCH LTD [CH]) 01 June 2011 (2011-06-01) figures paragraph [0012] - paragraph [0019]	1,3,7-10 2,4-6,11-18
X A	EP 3190371 A1 (ABB SCHWEIZ AG [CH]) 12 July 2017 (2017-07-12) figures paragraph [0016] - paragraph [0031]	1-3,7-9 4-6,10-18
X A	EP 2031332 A1 (ABB RESEARCH LTD [CH]) 04 March 2009 (2009-03-04) figures paragraph [0028] - paragraph [0047]	1-3,7-9 4-6,10-18
A	US 2012112201 A1 (OTSUKA TAKUKAZU [JP] ET AL) 10 May 2012 (2012-05-10) figures 2, 16, 17 paragraph [0058] paragraph [0115] - paragraph [0124]	10-18
A	EP 1378940 A2 (ALCAN TECH & MAN AG [CH]) 07 January 2004 (2004-01-07) figures paragraph [0017] - paragraph [0026]	1-9,11,13



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

03 September 2019

Date of mailing of the international search report

11 September 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Hofer-Weissenfels, C

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/067881

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 102006038980 A1 (ALCAN TECH & MAN AG [CH]) 13 March 2008 (2008-03-13) figures paragraph [0026] - paragraph [0040]	2,5,8,11-17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/067881

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	2328172	A1	01 June 2011	CN	102034774	A	27 April 2011
				EP	2328172	A1	01 June 2011
				US	2011080711	A1	07 April 2011
EP	3190371	A1	12 July 2017	CN	106954366	A	14 July 2017
				EP	3190371	A1	12 July 2017
				US	2017202108	A1	13 July 2017
EP	2031332	A1	04 March 2009	AT	481611	T	15 October 2010
				CN	101377392	A	04 March 2009
				EP	2031332	A1	04 March 2009
				JP	5390008	B2	15 January 2014
				JP	2009052878	A	12 March 2009
				JP	2013057502	A	28 March 2013
				US	2009056916	A1	05 March 2009
				NONE			
US	2012112201	A1	10 May 2012				
EP	1378940	A2	07 January 2004	DE	10229532	A1	15 January 2004
				EP	1378940	A2	07 January 2004
DE	102006038980	A1	13 March 2008	DE	102006038980	A1	13 March 2008
				EP	2054930	A1	06 May 2009
				WO	2008022712	A1	28 February 2008

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H01L23/367 F28D15/02 H01L23/467 H01L21/48 H05K7/20 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) H01L F28F H05K F28D		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 2 328 172 A1 (ABB RESEARCH LTD [CH]) 1. Juni 2011 (2011-06-01)	1,3,7-10
A	Abbildungen Absatz [0012] - Absatz [0019] -----	2,4-6, 11-18
X	EP 3 190 371 A1 (ABB SCHWEIZ AG [CH]) 12. Juli 2017 (2017-07-12)	1-3,7-9
A	Abbildungen Absatz [0016] - Absatz [0031] -----	4-6, 10-18
X	EP 2 031 332 A1 (ABB RESEARCH LTD [CH]) 4. März 2009 (2009-03-04)	1-3,7-9
A	Abbildungen Absatz [0028] - Absatz [0047] -----	4-6, 10-18
	-/-	
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
3. September 2019		11/09/2019
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Hofer-Weissenfels, C

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2012/112201 A1 (OTSUKA TAKUKAZU [JP] ET AL) 10. Mai 2012 (2012-05-10) Abbildungen 2, 16, 17 Absatz [0058] Absatz [0115] - Absatz [0124] -----	10-18
A	EP 1 378 940 A2 (ALCAN TECH & MAN AG [CH]) 7. Januar 2004 (2004-01-07) Abbildungen Absatz [0017] - Absatz [0026] -----	1-9,11, 13
A	DE 10 2006 038980 A1 (ALCAN TECH & MAN AG [CH]) 13. März 2008 (2008-03-13) Abbildungen Absatz [0026] - Absatz [0040] -----	2,5,8, 11-17

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/067881

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2328172	A1	01-06-2011	CN 102034774 A 27-04-2011
			EP 2328172 A1 01-06-2011
			US 2011080711 A1 07-04-2011
EP 3190371	A1	12-07-2017	CN 106954366 A 14-07-2017
			EP 3190371 A1 12-07-2017
			US 2017202108 A1 13-07-2017
EP 2031332	A1	04-03-2009	AT 481611 T 15-10-2010
			CN 101377392 A 04-03-2009
			EP 2031332 A1 04-03-2009
			JP 5390008 B2 15-01-2014
			JP 2009052878 A 12-03-2009
			JP 2013057502 A 28-03-2013
			US 2009056916 A1 05-03-2009
US 2012112201	A1	10-05-2012	KEINE
EP 1378940	A2	07-01-2004	DE 10229532 A1 15-01-2004
			EP 1378940 A2 07-01-2004
DE 102006038980	A1	13-03-2008	DE 102006038980 A1 13-03-2008
			EP 2054930 A1 06-05-2009
			WO 2008022712 A1 28-02-2008