

(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. Juli 2018 (19.07.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/130367 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F28D 15/02 (2006.01) **H01L 23/427** (2006.01)
F28D 20/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/082958

(22) Internationales Anmeldedatum:
15. Dezember 2017 (15.12.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 200 524.6
13. Januar 2017 (13.01.2017) DE

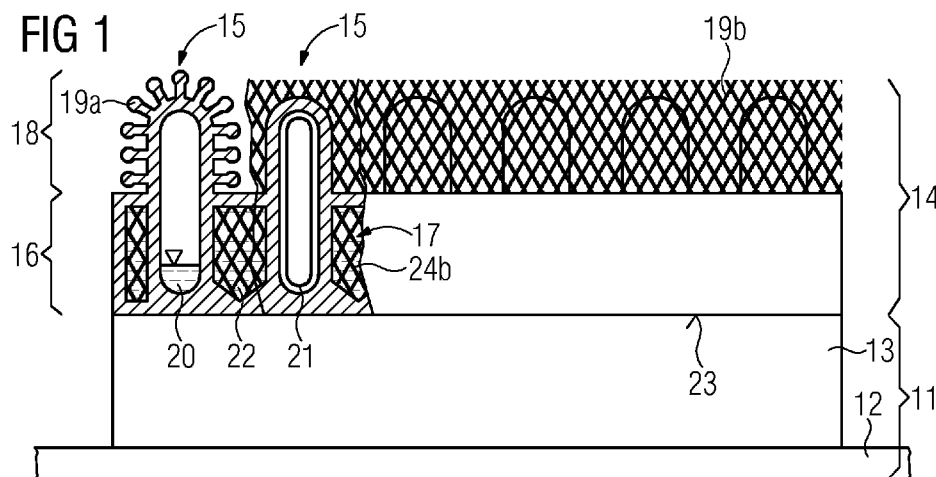
(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
[DE/DE]; Werner-von-Siemens-Straße 1, 80333 München
(DE).

(72) Erfinder: **HOFACKER, Oliver**; Berkaer Straße 40, 14199
Berlin (DE). **REHME, Olaf**; Magdalenenstr. 35, 20148
Hamburg (DE). **REZNIK, Daniel**; Borgfelder Steig 8,
13503 Berlin (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,
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.

(54) Title: COOLING DEVICE HAVING A HEAT PIPE AND A LATENT HEAT STORE, METHOD FOR PRODUCING SAME
AND ELECTRONIC CIRCUIT

(54) Bezeichnung: KÜHLVORRICHTUNG MIT EINEM WÄRMEROHR UND EINEM LATENTWÄRMESPEICHER,
VERFAHREN ZUM HERSTELLEN DERSELBEN UND ELEKTRONISCHE SCHALTUNG



(57) Abstract: The invention relates to a cooling device (14) having a thermal interface (23) for a heat source that is to be cooled, for example a power electronics component (13). The invention provides that the cooling device has both at least one heat pipe (15) and also a latent heat store (17), wherein the melting point of the phase-change medium (22) in the latent heat store (17) is higher than the boiling point of the phase-change medium (20) in the heat pipe (15). This advantageously ensures that, in normal operation, the cooling power is provided by the at least one heat pipe (15) and the latent heat store (17) comes into play only in the event of thermal peak loads. When operation has normalized, the heat energy stored there can also be discharged later via the at least one heat pipe (15). This makes it possible to configure the cooling device (14) to be more lightweight and more compact. The invention also relates to a method for the additive production of the cooling device (14) according to the invention, and to an electronic circuit (11) which uses the cooling device (14).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Kühlvorrichtung (14) mit einer thermischen Schnittstelle (23) für eine zu kühlende Wärmequelle, beispielsweise ein leistungselektronisches Bauelement (13). Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Kühlvorrichtung sowohl mindestens ein Wärmerohr (15) als auch einen Latentwärmespeicher (17) aufweist, wobei die Schmelztemperatur des Phasenwechselmediums (22) im Latentwärmespeicher (17) höher ist, als die Verdampfungstemperatur des Phasenwechselmediums (20) im Wärmerohr (15). Dies vorteilhaft sicherstellt, dass in der Normaloperation die Kühlleistung durch das mindestens ein Wärmerohr (15) bereitgestellt wird und der Latentwärmespeicher (17) nur im Falle von thermischen Lastspitzen in Aktion tritt. Wenn der Betrieb wieder normalisiert ist, kann die in der Zwischenzeit gespeicherte Wärmeenergie ebenfalls über das mindestens ein Wärmerohr (15) abgeführt werden. Dies ermöglicht es, die Kühlvorrichtung (14) leichter und kompakter zu konfigurieren. Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur additiven Herstellung der Kühlvorrichtung (14) nach der Erfindung, und ein elektronisches Schaltkreis (11), der die Kühlvorrichtung (14) nach der Erfindung verwendet.

(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)

(20) im Wärmerohr (15). Dadurch wird vorteilhaft sichergestellt, dass im Normalbetrieb die Kühlleistung durch das mindestens eine Wärmerohr (15) erbracht wird und nur bei thermischen Spitzenbelastungen der Latentwärmespeicher (17) zum Einsatz kommt. Die dort gespeicherte Wärmeenergie kann später bei einer Normalisierung des Betriebs ebenfalls über das mindestens eine Wärmerohr (15) abgeführt werden. Daher ist es möglich, die Kühlvorrichtung (14) leichter und kompakter ausulegen. Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum additiven Herstellen der erfindungsgemäßen Kühlvorrichtung (14) sowie eine elektronische Schaltung (11), in der die Kühlvorrichtung (14) zum Einsatz kommt.

Beschreibung

Kühlvorrichtung mit einem Wärmerohr und einem
Latentwärmespeicher, Verfahren zum Herstellen derselben und
5 elektronische Schaltung

Die Erfindung betrifft eine Kühlvorrichtung mit einer thermi-
schen Schnittstelle für eine zu kühlende Wärmequelle. Diese
thermische Schnittstelle ist normalerweise als Wärmeübertra-
10 gungsfläche ausgeführt und liegt mit dieser an der zu kühlen-
den Wärmequelle an. Die Kühlvorrichtung weist in voneinander
getrennten Volumina ein Wärmerohr mit einem ersten Phasen-
wechselmedium und einen Latentwärmespeicher mit einem zweiten
Phasenwechselmedium auf. Weiterhin betrifft die Erfindung ei-
15 ne elektronische Schaltung, insbesondere eine leistungselek-
tronische Schaltung, mit einer zu kühlenden Baukomponente. Zu
kühlende Baukomponenten von leistungselektronischen Schaltun-
gen können üblicherweise mit Kühlvorrichtungen ausgestattet
werden, die über eine thermische Schnittstelle Wärme von der
20 zu kühlenden Baukomponente (d.h. der Wärmequelle) aufnehmen
können. Außerdem betrifft die Erfindung ein Verfahren zum
Herstellen der genannten Kühlvorrichtung.

Eine Kühlvorrichtung der eingangs angegebenen Art ist bei-
25 spielsweise aus der DE 20 2015 004 833 U1 bekannt. Die dort
beschriebene Kühlanordnung zur Kühlung einer technischen Ein-
richtung weist einen Metallbehälter auf, der mit einem Pha-
senwechselmedium als Latentwärme speicherndes Material (Pha-
senwechselmaterial) gefüllt ist. In dem Behälter verläuft au-
30 ßerdem ein Wärmerohr, mit dem Wärme aus dem Phasenwechselma-
terial des Latentwärmespeichers aus dem Gehäuse heraus trans-
portiert werden soll.

Als Anwendung für die Kühleinrichtung beschreibt die DE
35 20 2015 004 833 U1 die Möglichkeit, eine technische Einrich-
tung ohne Energieeinsatz am Tage zu kühlen, indem entstehende
Wärme durch einen Phasenwechsel des Phasenwechselmaterials
von fest zu flüssig gespeichert wird. Diese Wärme kann in der

Nacht aufgrund der Abkühlung der Umgebungsluft über das Wärmerohr an die Umgebung abgegeben werden.

Gemäß der DE 10 2013 217 829 A1 ist es bekannt, dass

5 Latentwärmespeicher auch zur Verbesserung der Kühlleistung von Kühlern im Falle des Auftretens von Lastspitzen beispielsweise bei elektronischen Schaltungen verwendet werden können. Das Phasenwechselmaterial kann die mit Lastspitzen verbundene Wärmeentwicklung aufnehmen, indem das Phasenwechselmedium einen Phasenwechsel von fest zu flüssig vollzieht,
10 d. h. schmilzt. Später kann diese Wärme durch Erstarren des Phasenwechselmediums über den Kühler abgegeben werden, wenn die eigentliche Wärmequelle weniger Wärme erzeugt.

15 Der Vorteil der letztgenannten Lösung liegt darin, dass die Kühlleistung des Kühlsystems nicht auf das Auftreten von Lastspitzen, sondern auf den Dauereinsatz ausgelegt werden kann. Hierdurch ist es möglich, das Kühlsystem insgesamt kompakter und leichter auszuführen. Beispiele für Anwendungen
20 solcher Kühlsysteme sind die Leistungselektronik bei Schaltvorgängen oder Umrichter von Elektromotoren, die kurzzeitig hohe Leistung erbringen müssen (Lastspitzen), wie z. B. beim elektrischen Fliegen während der Steigflugphase. Dabei muss die bei der Lastspitze anfallende Wärmemenge berücksichtigt
25 werden, um die erforderliche Wärmekapazität des Latentwärmespeichers zu bestimmen.

Die Wärmeleitfähigkeit von Phasenwechselmedien, wie beispielsweise Salzen oder Parafinen, ist jedoch begrenzt. Um
30 einen schnelleren Wärmeeintrag in das Phasenwechselmedium zu erreichen, wird gemäß der EP 2 236 970 A1 vorgeschlagen, dass in dem Phasenwechselmedium eine Wärmeleitstruktur angeordnet wird, die aus einem dreidimensionalen Raumgitter besteht. Über dieses Raumgitter, welches eine große Oberfläche für einen
35 Wärmeübergang zur Verfügung stellt, kann die Wärme schneller an die Umgebung des Latentwärmespeichers abgegeben werden.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Kühlvorrichtung bzw. eine elektronische Schaltung der eingangs angegebenen Art anzugeben, bei der eine Kühlung (Entwärmung) mit vergleichsweise wenig Materialaufwand (d. h. mit leichten und kompakten Strukturen) möglich ist. Außerdem besteht die Aufgabe der Erfindung darin, ein Verfahren zum Herstellen einer solchen Kühlvorrichtung anzugeben.

Diese Aufgabe wird mit der eingangs angegebenen Kühlvorrichtung erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Schmelztemperatur des zweiten Phasenwechselmediums höher ist, als die Verdampfungstemperatur des ersten Phasenwechselmediums. Damit wird erfindungsgemäß erreicht, dass im Normalbetrieb der Kühlvorrichtung nur das erste Phasenwechselmedium in dem Wärmerohr zum Einsatz kommt. Die Wärme wird dabei über die thermische Schnittstelle in eine Wärmeaufnahmezone des Wärmerohrs eingeleitet, führt dort zur Verdampfung des ersten Phasenwechselmediums und wird in einer Wärmeabgabezone bei gleichzeitiger Kondensation des ersten Phasenwechselmediums an die Umgebung abgegeben. Im Normalbetrieb erwärmt sich daher die Kühlvorrichtung nicht soweit, dass es zu einem Schmelzen des zweiten Phasenwechselmediums in dem Latentwärmespeicher kommt, da die Schmelztemperatur des zweiten Phasenwechselmediums über der Verdampfungstemperatur des ersten Phasenwechselmediums liegt.

Vorteilhaft steht daher die Wärmekapazität des Latentwärmespeichers als Reserve beispielsweise zur effektiven Kühlung von Lastspitzen oder zur Vermeidung instabiler Betriebszustände im Wärmerohr zur Verfügung. Im Latentwärmespeicher wird die im Rahmen einer Lastspitze anfallende Wärme temporär als Schmelzwärme gespeichert. Fällt die Temperatur nach einem Abklingen der Lastspitze in der Kühlvorrichtung wieder unterhalb der Schmelztemperatur des zweiten Phasenwechselmediums, so wird während der Erstarrung desselben die Wärme an das Wärmerohr abgegeben. Anders ausgedrückt dient das Wärmerohr in diesem Betriebszustand gleich-

zeitig zur Kühlung des Latentwärmespeichers und der eigentlich zu kühlenden Wärmequelle.

Insgesamt muss die Entwärmungsleistung des Wärmerohrs damit
5 nicht für das Auftreten von Lastspitzen der Wärmequelle ausgelegt werden. Um diese aufzufangen, steht erfindungsgemäß der Latentwärmespeicher zur Verfügung. Die Entwärmungsleistung des Wärmerohrs muss allerdings gewährleisten, dass im Normalbetrieb zusätzlich die Wärme abgeführt
10 werden kann, die bei Auftreten von Lastspitzen im Latentwärmespeicher gespeichert wird. Insgesamt kann die Kühlvorrichtung damit kompakter und leichter ausgeführt werden, wobei der Mehraufwand für den Latentwärmespeicher durch die Einsparungen bei dem Wärmerohr überkompensiert werden.

15 Für die Auslegung der erfindungsgemäßen Kühlvorrichtung sind damit zwei Temperaturen von Bedeutung. Für den Betrieb unter Normalbedingungen ist die Temperatur maßgeblich, bei der das Wärmerohr seine Funktion entfaltet. Diese Temperatur ist
20 durch die Siedetemperatur des in dem Wärmerohr eingeschlossenen ersten Phasenwechselmediums vorgegeben. Die zweite Temperatur ist die Schmelztemperatur des zweiten Phasenwechselmediums. Diese Temperatur wird im Bedarfsfall durch die aufzubringende Schmelzenthalpie des zweiten Phasenwechselmediums
25 stabilisiert, weswegen im Rahmen der Kapazität des Latentwärmespeichers die Temperatur der Kühlvorrichtung nicht weiter ansteigt. Die Auslegung des Latentwärmespeichers muss so erfolgen, dass im Falle von Lastspitzen eine genügende Wärmekapazität des Latentwärmespeichers zur Verfügung steht.
30 Die Wirkung des Latentwärmespeichers ist auf die Dauer beschränkt, bis das zweite Phasenwechselmedium komplett aufgeschmolzen wurde.

Als Wärmerohr im Zusammenhang dieser Anmeldung ist ein Wärmeüberträger zu verstehen, der die Verdampfungswärme des ersten
35 Phasenwechselmediums zum Wärmetransport nutzt. In einer Wärmeaufnahmezone des Wärmerohrs verdampft das erste Phasenwechselmedium und kühlt diese aufgrund der für diesen Vorgang er-

forderlichen Verdampfungswärme. In einer Wärmeabgabzone des Wärmerohrs kondensiert das erste Phasenwechselmedium und gibt die Verdampfungswärme in diesem Bereich an die Umgebung ab. Für diese Funktion ist eine Bauform erforderlich, die eine
5 Wärmeaufnahmezone und eine Wärmeabgabzone vorsieht. Hierbei muss die Geometrie des Wärmerohrs nicht zwangsläufig rohrförmig sein. Die Bezeichnung „Wärmerohr“ bezeichnet lediglich eine bestimmte Funktionsweise zur Kühlung, wobei das Wärmerohr ein Volumen zur Aufnahme des ersten Phasenwechselmaterials zur Verfügung stellt, welches gegenüber der Umgebung ab-
10 geschlossen ist.

Das Wärmerohr kann als Thermosyphon ausgeführt sein, wobei bei dieser Bauform die Wärmeabgabzone geodätisch oberhalb
15 der Wärmeaufnahmezone liegt, so dass das verdampfte erste Phasenwechselmedium nach oben steigen kann, um dort zu kondensieren und in flüssigem Zustand wieder nach unten zu laufen.

20 Eine andere Bauform des Wärmerohrs wird als Heatpipe bezeichnet. In diesem Fall können die Wärmeabgabzone und die Wärmeaufnahmezone unabhängig von ihrer geodätischen Lage angeordnet werden. Um einen Rücktransport des flüssigen ersten Phasenwechselmediums zu gewährleisten, werden in der Heatpipe
25 vorzugsweise an der Innenwand kapillare Kanäle vorgesehen, die beispielsweise durch eine poröse Struktur gebildet sein können. Die kapillaren Kanäle der kapillaren Struktur bewirken aufgrund des Kapillareffekts einen Transport des flüssigen ersten Phasenwechselmediums von der Wärmeabgabzone zur
30 Wärmeaufnahmezone. Aufgrund eines sich ausbildenden Druckgefälles strömt das verdampfte erste Phasenwechselmedium von der Wärmeaufnahmezone zur Wärmeabgabzone.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist
35 vorgesehen, dass die Schmelztemperatur des zweiten Phasenwechselmediums weniger als 20 K bevorzugt weniger als 10 K höher ist als die Verdampfungstemperatur des ersten Phasenwechselmediums. Hierdurch ist sichergestellt, dass das zweite

Phasenwechselmedium bei einer Erhöhung der Temperatur in dem Wärmerohr rechtzeitig zu schmelzen beginnt, um eine weitere Temperaturerhöhung zu verhindern. In diesem Temperaturbereich ist das Wärmerohr immer noch arbeitsfähig, so dass ein
5 gleichzeitiger Wärmetransport in den Latentwärmespeicher und durch das Wärmerohr gewährleistet ist. In diesem Zustand ist die Kühlleistung der Kühlvorrichtung vorteilhaft besonders hoch und die Kapazität des Latentwärmespeichers reicht für einen längeren Zeitraum einer Lastspitze, als wenn die Temperaturerhöhung die Wirkung des Wärmerohrs wegen eines Aus-
10 trocknens der Wärmeaufnahmezone vollständig außer Kraft setzen würde.

Allerdings ist es auch in einem Betriebszustand, in dem die
15 Funktion des Wärmerohrs zusammenbricht, möglich, dass der Latentwärmespeicher die Wärme temporär aufnimmt, so dass die Funktion des Wärmerohrs sich bei einem Sinken des Wärmestroms aus der Wärmequelle wieder einstellt. Es handelt sich hierbei vorteilhaft um ein selbsthelfendes System. Solange die Wärme-
20 kapazität des Latentwärmespeichers nicht ausgeschöpft ist, schützt dieser ein ausgetrocknetes Wärmerohr vor Beschädigungen aufgrund einer thermischen Überlastung.

Gemäß einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Wärmerohr und der Latentwärmespeicher durch
25 zwei ineinander verschachtelte Raumstrukturen gebildet sind. Dies hat den Vorteil, dass für einen Austausch von Wärme zwischen dem Wärmerohr und dem Latentwärmespeicher eine große Oberfläche zur Verfügung steht, so dass sowohl bei Auftreten
30 von Lastspitzen eine schnelle Einleitung von Wärme aus dem Wärmerohr in den Latentwärmespeicher möglich ist, als auch die Rückführung der Wärme aus dem Latentwärmespeicher in das Wärmerohr während des Normalbetriebs schnell erfolgen kann. Vorteilhaft ist die Kühlvorrichtung daher auch bei schnellen
35 Lastwechseln thermisch stabil.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Latentwärmespeicher durch ein hohles Raumgitter

gebildet wird. Das zweite Phasenwechselmaterial ist in einem in dem Raumgitter als Latentwärmespeicher gebildeten Hohlraum eingeschlossen. Das erste Phasenwechselmaterial ist in durch das Gitter gebildeten Gitterzwischenräumen untergebracht. Die
5 Wände des hohlen Gitters sind damit als Trennwand zwischen dem ersten und dem zweiten Volumen vorgesehen. Hierdurch steht vorteilhaft eine große Fläche für den Wärmeübergang zur Verfügung. Außerdem stellt das Gitter für die Bildung des Hohlraums einen vergleichsweise geringen Querschnitt zur Ver-
10 fügung, so dass sich die Wärme ins Innere des zweiten Phasenwechselmaterials auch bei einer vergleichsweise geringen Wärmeleitfähigkeit schnell ausbreiten kann.

Gemäß einer wieder anderen Ausgestaltung der Erfindung ist
15 vorgesehen, dass der Latentwärmespeicher eine Vielzahl von Teilräumen aufweist, die im Wärmerohr gehalten sind. Die Halterung der Teilräume im Wärmerohr kann beispielsweise durch Rippen erfolgen. Außerdem ist es möglich, dass die Teilräume untereinander fluidisch verbunden sind. Diese fluidischen
20 Verbindungen, beispielsweise in Form von rohrartigen Verbindungen, dienen dann gleichzeitig der Halterung der Teilräume des Latentwärmespeichers im Wärmerohr und erleichtern das Befüllen des Latentwärmespeichers mit dem zweiten Phasenwechselmedium. Die Aufteilung des Latentwärmespeichers in Teil-
25 räume hat, wie bereits beschrieben, den Vorteil, dass die für einen Wärmeübergang zwischen Wärmerohr und Latentwärmespeicher zur Verfügung stehende Fläche vergrößert wird und die Kühlvorrichtung daher schnell auf Lastwechsel der Wärmequelle reagieren kann.

30 Weiterhin kann vorteilhaft vorgesehen werden, dass mehrere Wärmerohre vorgesehen sind, die von dem Latentwärmespeicher umgeben sind. Diese Bauform hat den Vorteil, dass die Wärmerohre unabhängig voneinander funktionsfähig sind. Sollte beispielsweise wegen Auftretens einer lokal begrenzten Lastspitze eines der Wärmerohre austrocknen, so wird die Kühlleistung der anderen Wärmerohre hiervon nicht betroffen. Lokal kann der Latentwärmespeicher in diesem Bereich die Kühlleistung

übernehmen und bereits Wärme an benachbarte Wärmerohre abgeben, bis das betreffende Wärmerohr durch Kühlung wieder befeuchtet wird und seine Funktion zur Kühlung der überhitzten Stelle wieder aufnimmt. Hierdurch wird das System vorteilhaft
5 robuster gegenüber der Ausbildung lokaler Wärmespitzen (hot spots).

Weiterhin kann vorgesehen werden, dass das Wärmerohr (oder die Wärmerohre) in einer Wärmeabgabebzone außen mit einer passiven Kühlstruktur versehen sind. Passive Kühlstrukturen
10 funktionieren nach dem Prinzip der Oberflächenvergrößerung und können gemäß einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung beispielsweise aus Rippen oder aus einem Raumgitter (oder aus Rippen und einem Raumgitter) bestehen. Die Wärme aus dem Wärmerohr wird dann aufgrund der Wärmeleitung an die passive
15 Kühlstruktur übertragen, so dass eine größere Fläche zur Abstrahlung der Wärme in die Umgebung zur Verfügung steht. Die Kühlleistung der Kühlvorrichtung kann auf diesem Wege vorteilhaft verbessert werden.

20 Wenn das Wärmerohr als Heatpipe ausgeführt ist, kann gemäß einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung eine kapillare Wandstruktur des Wärmerohrs mit demselben in einem Stück ausgeführt sein. Dies lässt sich beispielsweise mit einem additiven Fertigungsverfahren erreichen, bei dem die kapillare
25 Wandstruktur zusammen mit einer das Volumen des Wärmerohrs hermetisch gegen die Umgebung abdichtenden massiven Wandstruktur in ein und demselben Fertigungslauf hergestellt wird. Hierbei kommt für die Herstellung der kapillaren Wandstruktur und der massiven Wandstruktur vorzugsweise dasselbe
30 Baumaterial zum Einsatz. Der Vorteil einer einstückigen Ausführung liegt insbesondere darin, dass zwischen dem massiven und dem kapillaren Teil der Wand ein schneller Wärmeübergang stattfinden kann.

35 Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausführung der Erfindung ist vorgesehen, dass in dem Latentwärmespeicher eine Wärmeleitstruktur angeordnet ist, die mit der Wand des

Latentwärmespeichers verbunden ist. Die Verbindung mit der Wand führt einerseits zu einer mechanischen Fixierung der Wärmeleitstruktur im Inneren des Latentwärmespeichers. Außerdem ermöglicht die Verbindung mit der Wand einen Wärmeüber-

5 gang zwischen der Wärmeleitstruktur und der Wand des Latentwärmespeichers, so dass Wärme vorteilhaft schneller in das zweite Phasenwechselmedium eingeleitet oder ausgeleitet werden kann (je nach Betriebszustand). Vorteilhaft besteht die Wärmeleitstruktur daher aus einem im Vergleich zum zwei-

10 ten Phasenwechselmedium besseren Wärmeleiter, vorzugsweise aus einem Metall oder einer Metalllegierung. Vorzugsweise ist die Wärmeleitstruktur in Form von Rippen und/oder in Form eines Raumbitters ausgeführt.

15 Die oben genannte Aufgabe wird auch durch eine elektronische Schaltung mit einer zu kühlenden Baukomponente, wie z. B. einem leistungselektronischen Bauelement, dadurch gelöst, dass erfindungsgemäß die Baukomponente mit der thermischen Schnittstelle einer Kühlvorrichtung der oben beschriebenen

20 Art verbunden ist. Hierdurch werden beim Betrieb der elektronischen Schaltung die oben bereits erläuterten Vorteile erreicht, insbesondere, dass die Kühlvorrichtung vergleichsweise kompakt und leicht dimensioniert sein kann und trotzdem bei auftretenden Lastspitzen die elektronische Schaltung zu-

25 verlässlich gekühlt werden kann.

Vorteilhaft kann vorgesehen werden, dass die maximal mögliche Kühlleistung des Wärmerohrs der Kühlvorrichtung größer oder gleich der Wärmeleistung der Baukomponente bei Nennlast der

30 Baukomponente ist, so dass im Normalbetrieb die Kühlleistung des Wärmerohrs dauerhaft für eine Kühlung ausreicht. Die Kühlleistung ist aber kleiner als die Wärmeleistung der Baukomponente bei einer zugelassenen Spitzenlast, so dass bei Auftreten der Lastspitzen bis zur zugelassenen Spitzenlast

35 der Latentwärmespeicher zum Einsatz kommt. Die Nennlast und zulässige Spitzenlast sind Kennwerte der Baukomponente. Die Höhe der zulässigen Spitzenlast ist auch abhängig von der

Dauer ihres Auftretens, da der Latentwärmespeicher nur eine bestimmte Wärmekapazität zur Verfügung stellt.

5 Außerdem wird die oben angegebene Aufgabe durch ein Verfahren zum Herstellen einer Kühlvorrichtung der oben angegebenen Art gelöst, wobei zur Herstellung erfindungsgemäß ein additives
Fertigungsverfahren verwendet wird. Insbesondere kann ein Laserschmelzen oder eine Kombination aus Lasersintern und Laserschmelzen angewendet werden. Aber auch andere additive
10 Fertigungsverfahren, wie im Folgenden weiter erläutert, können zur Herstellung verwendet werden.

Als additive Fertigungsverfahren im Sinne dieser Anmeldung sollen Verfahren verstanden werden, bei denen das Material,
15 aus dem ein Bauteil hergestellt werden soll, dem Bauteil während der Entstehung hinzugefügt wird. Dabei entsteht das Bauteil bereits in seiner endgültigen Gestalt oder zumindest annähernd in dieser Gestalt. Das Baumaterial kann beispielsweise pulverförmig oder flüssig sein, wobei durch das additive
20 Fertigungsverfahren das Material zur Herstellung des Bauteils chemisch oder physikalisch verfestigt wird.

Um das Bauteil herstellen zu können, werden das Bauteil beschreibende Daten (CAD-Modell) für das gewählte additive Fertigungsverfahren aufbereitet. Die Daten werden zur Erstellung
25 von Anweisungen für die Fertigungsanlage in an das Fertigungsverfahren angepasste Daten des Bauteils umgewandelt, damit in der Fertigungsanlage die geeigneten Prozessschritte zur sukzessiven Herstellung des Bauteils ablaufen können. Die
30 Daten werden dafür so aufbereitet, dass die geometrischen Daten für die jeweils herzustellenden Lagen (Slices) des Bauteils zur Verfügung stehen, was auch als Slicen bezeichnet wird.

35 Als Beispiele für das additive Fertigen können das selektive Lasersintern (auch SLS für Selective Laser Sintering), das Selektive Laserschmelzen (auch SLM für Slective Laser Melting), das Elektronenstrahlschmelzen (auch EBM für

Electron Beam Melting), das Laserpulverauftragsschweißen (auch LMD für Laser Metal Deposition), das Kaltgasspritzen (auch GDCS für Gas Dynamic Cold Spray) genannt werden. Diese Verfahren eignen sich insbesondere zur Verarbeitung von metallischen Werkstoffen in Form von Pulvern, mit denen Konstruktionsbauteile hergestellt werden können.

Beim SLM, SLS und EBM werden die Bauteile lagenweise in einem Pulverbett hergestellt. Diese Verfahren werden daher auch als pulverbettbasierte additive Fertigungsverfahren bezeichnet. Es wird jeweils eine Lage des Pulvers in dem Pulverbett erzeugt, die durch die Energiequelle (Laser oder Elektronenstrahl) anschließend in denjenigen Bereichen lokal aufgeschmolzen oder gesintert wird, in denen das Bauteil entstehen soll. So wird das Bauteil sukzessive lagenweise erzeugt und kann nach Fertigstellung dem Pulverbett entnommen werden.

Beim LMD und GDCS werden die Pulverteilchen direkt der Oberfläche zugeführt, auf der ein Materialauftrag erfolgen soll. Beim LMD werden die Pulverpartikel durch einen Laser direkt in der Auftreffstelle auf der Oberfläche aufgeschmolzen und bilden dabei eine Lage des zu erzeugenden Bauteils. Beim GDCS werden die Pulverpartikel stark beschleunigt, so dass sie vorrangig aufgrund ihrer kinetischen Energie bei gleichzeitiger Verformung auf der Oberfläche des Bauteils haften bleiben.

GDCS und SLS haben das Merkmal gemeinsam, dass die Pulverteilchen bei diesen Verfahren nicht vollständig aufgeschmolzen werden. Beim GDCS erfolgt ein Aufschmelzen höchstens im Randbereich der Pulverpartikel, die aufgrund der starken Verformung an ihrer Oberfläche anschmelzen können. Beim SLS wird bei Wahl der Sintertemperatur darauf geachtet, dass diese unterhalb der Schmelztemperatur der Pulverpartikel liegt. Demgegenüber liegt beim SLM, EBM und LMD der Energieeintrag betragsmäßig bewusst so hoch, dass die Pulverpartikel vollständig aufgeschmolzen werden.

Weitere Einzelheiten der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung beschrieben. Gleiche oder sich entsprechende Zeichnungselemente sind jeweils mit den gleichen Bezugszeichen versehen und werden nur insoweit mehrfach erläutert, wie
5 sich Unterschiede zwischen den einzelnen Figuren ergeben. Es zeigen:

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Kühl-
vorrichtung mit mehreren Wärmerohren in unter-
10 schiedlichen Varianten, geschnitten,

Figur 2 ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Kühl-
vorrichtung mit einem Latentwärmespeicher, beste-
hend aus mehreren Teilräumen, geschnitten,
15

Figur 3 ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Kühl-
vorrichtung mit einem als Hohlgitter ausgeführten
Latentwärmespeicher, geschnitten,

20 Figur 4 das Detail IV aus Figur 3 geschnitten und

Figur 5 ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Ver-
fahrens.

25 In Figur 1 ist eine elektronische Baugruppe 11 mit einem
Schaltungsträger 12 und einer Baukomponente 13 in Form eines
leistungselektronischen Bauelements dargestellt. Auf der Bau-
komponente 13 ist eine Kühlvorrichtung 14 montiert, die teil-
weise geschnitten in zwei Varianten dargestellt ist. Die bei-
30 den Varianten sind durch eine Bruchlinie voneinander ge-
trennt.

Beide Varianten weisen Wärmerohre 15 auf, welche in einer
Wärmeaufnahmezone 16 von einem Latentwärmespeicher 17 umgeben
35 sind. Außerdem weisen die Wärmerohre 15 Wärmeabgabezonen 18
auf, welche mit einer passiven Kühlstruktur 19a in Form von
Rippen umgeben sind (links der Bruchlinie dargestellte Vari-
ante). Alternativ kann als passive Kühlstruktur 19b auch ein

Rumgitter in der Wärmeabgabezone 18 am Wärmerohr 15 angebracht sein (rechts dargestellte Variante).

Die Wärmerohre 15 sind mit einem ersten Phasenwechselmedium 20 gefüllt (in Abhängigkeit von der geforderten Betriebstemperatur kommen elementare Gase, Kohlenwasserstoffverbindungen und niedrig schmelzende Metalle in Frage). Das links dargestellte Wärmerohr der einen Variante ist als Thermosyphon ausgeführt, wobei sich das flüssige erste Phasenwechselmedium 20 in der Wärmeaufnahmezone 16 sammelt und bei Erwärmung oberhalb der Siedetemperatur verdampft. In der Wärmeabgabezone 18 kondensiert es und fließt aufgrund der Schwerkraft zurück in die Wärmeaufnahmezone 16. Alternativ, wie rechts in der zweiten Variante dargestellt, kann das Wärmerohr 15 auch als Heatpipe ausgeführt sein. Das Wärmerohr 15 ist dann mit einer kapillaren Wandstruktur 21 ausgekleidet, wobei die Kapillarkräfte in den kapillaren Kanälen (nicht dargestellt) der kapillaren Wandstruktur 21 zur Wärmeaufnahmezone 16 fließen und das verdampfende erste Phasenwechselmedium 20 verdampft und zur Wärmeabgabezone 18 strömt. Anders als bei dem oben beschriebenen Thermosyphon kann bei Verwendung von Heatpipes die Kühlvorrichtung auch in anderen als der in Figur 1 dargestellten Einbaulage verwendet werden.

Um die Wärmeaufnahmezone 16 herum ist außerdem der Latentwärmespeicher 17 angeordnet. Dieser ist mit einem zweiten Phasenwechselmedium 22 gefüllt, welches im Normalbetrieb der Baukomponente 13 fest bleibt (in Abhängigkeit von der geforderten Betriebstemperatur kommen Parafine, Salze oder Wasser zum Einsatz). Sowohl die Wärmeaufnahmezonen 16 der Wärmerohre 15 als auch der Latentwärmespeicher 17 sind in der Nähe einer Kontaktfläche 23 der Kühlvorrichtung 14 angeordnet, welche als thermische Schnittstelle zu der als Wärmequelle fungierenden Baukomponente 13 dient. Im Falle des Auftretens von thermischen Spitzenlasten in der Baukomponente 13 erwärmt sich die Kühlvorrichtung 14 stärker, so dass das zweite Phasenwechselmedium 22 im Latentwärmespeicher 17 anfängt zu schmelzen. Hierdurch wird die thermische Belastung auf die

Wärmerohre 15 verringert. Damit die Wärme in dem zweiten Phasenwechselmedium 22 schnell verteilt werden kann, ist in dem Latentwärmespeicher 17 eine Wärmeleitstruktur in Form eines Raumgitters 24b vorgesehen, die sich an den Innenwänden des Latentwärmespeichers 17 abstützt.

In Figur 2 besteht das Wärmerohr 15 aus einem einzigen zusammenhängenden Raum. In diesem sind mehrere Teilräume 17a, 17b, 17c (und weitere nicht dargestellte Teilräume) untergebracht, die über Verbindungsstrukturen 25 miteinander verbunden sind. Die Verbindungsstrukturen 25 sorgen zum einen für eine Fixierung der Teilräume 17a, 17b, 17c und können außerdem über gestrichelt dargestellte Verbindungskanäle 26 verfügen. Auf diesem Wege können die Teilräume 17a, 17b, 17c über eine Öffnung 27 mit dem zweiten Phasenwechselmedium 22 befüllt werden. Anschließend wird die Öffnung in nicht dargestellter Weise verschlossen. Die Befüllung des Wärmerohrs 15 mit dem ersten Phasenwechselmedium 20 erfolgt durch eine weitere Öffnung 28, die ebenfalls in nicht dargestellter Weise nach der Befüllung verschlossen wird.

Durch die Aufteilung des Latentwärmespeichers in Teilräume 17a, 17b, 17c und deren Verbindung untereinander, entsteht eine Raumstruktur, die derart im Wärmerohr 15 angeordnet ist, dass das Wärmerohr ebenfalls eine Raumstruktur bildet, die mit der Raumstruktur des Latentwärmespeichers 17a, 17b, 17c verschachtelt ist. Hierdurch entsteht für einen Wärmeübergang zwischen Wärmerohr und Latentwärmespeicher eine vergleichsweise große Oberfläche, so dass ein Wärmeübergang im Falle von Spitzenlasten nicht nur über die Kontaktfläche 23, sondern indirekt auch über das erste Phasenwechselmedium erfolgen kann. Auch eine anschließende Kühlung des zweiten Phasenwechselmediums kann auf diesem Weg vorteilhaft schnell erfolgen.

In Figur 3 sind einzeln stehende Wärmerohre 15 in Form von Heatpipes dargestellt, in deren Inneren der Latentwärmespeicher 17 in Form eines Raumgitters angeordnet

ist. Wie dem Detail IV (dargestellt in Figur 4) zu entnehmen ist, ist dieses Raumgitter hohl ausgeführt, wobei in dem Hohlraum das zweite Phasenwechselmedium 22 untergebracht ist. Außerdem ist dargestellt, dass in dem hohlen Gitter Wärme-
5 leitstrukturen 24a in Form von Rippen untergebracht sein können. Diese sind nur in einer Variante dargestellt, die durch eine Bruchlinie von dem Rest des Details IV abgetrennt ist. Alternativ kann selbstverständlich auch eine Gitterstruktur, wie in Figur 1 und 2 als 24b dargestellt, zum Einsatz kommen.
10

Die Wärmerohre 15 gemäß Figur 3 weisen außerdem passive Kühlstrukturen in Form von Gittern 19b und in Form von Rippen 19a auf. Diese passiven Kühlstrukturen 19a, 19b ermöglichen, wie
15 bereits erläutert, die Abgabe von Wärme aus dem Wärmerohr 15 an die Umgebung.

Die in den Figuren 1 bis 4 dargestellten Strukturen weisen eine vergleichsweise komplexe Geometrie auf. Um diese wirtschaftlich herstellen zu können, kann beispielsweise ein Laserschmelzen und/oder ein Lasersintern als additives Fertigungsverfahren verwendet werden. Dies ist in Figur 5 dargestellt. Ein Laserstrahl 29 wird auf ein Pulverbett 30 gerichtet, welches lagenweise zu der Struktur des Bauteils verfestigt wird. In den Zwischenräumen verbleibt das Pulver des
25 Pulverbetts 30 während der Herstellung. Die Herstellung findet in einer hierzu geeigneten Anlage statt, welche an sich bekannt ist und daher in Figur 5 nicht dargestellt ist.

30 Um eine massive Wandstruktur 31 des Wärmerohres und die Wärmeleitstruktur 24b herzustellen, wird der Laserstrahl 29 zur Durchführung eines selektiven Laserschmelzens verwendet. Hierbei entstehen durch Aufschmelzen des Pulvers im Pulverbett 30 massive Bauteilbereiche mit einer hohen Dichte. Die
35 kapillare Wandstruktur 21 wird mit dem Laserstrahl 29, wie in Figur 5 dargestellt, gerade hergestellt. Hierbei wird ein selektives Lasersintern verwendet, bei dem das Pulver nicht vollständig aufgeschmolzen wird, weswegen Poren 32 in der ka-

pillaren Wandstruktur 21 verbleiben, die somit durch ein offenesporiges Porensystem gebildet werden. Diese ermöglichen eine Leitung des ersten Phasenwechselmediums, so dass die Funktionsweise einer Heatpipe im Wärmerohr verwirklicht wird.

5

Die Porosität kann so ausgebildet sein, dass sie durch eine geeignete Belichtungsstrategie beispielsweise mittels selektivem Laserschmelzen (SLM) oder selektivem Lasersintern (SLS) hergestellt werden kann. Die Poren können dabei durch eine definierte Belichtungsstrategie erhalten werden. Einerseits ist es möglich, die Porosität durch SLS, d. h. durch einen im Vergleich zum SLM verringerten vollflächigen Energieeintrag, herzustellen. Dabei versintern die Pulverpartikel miteinander, wobei zwischen den Pulverpartikeln Zwischenräume verbleiben. Andererseits kann, wenn die Zwischenräume zwischen den Pulverpartikeln bei Durchführung eines SLS keine genügende Porosität hervorrufen, auch eine Belichtungsstrategie gewählt werden, bei der die Oberfläche des Pulverbetts nur partiell durch SLM belichtet wird, so dass einzelne Pulverpartikel unbelichtet bleiben und später aus dem Werkstück entfernt werden können. Die Porenbildung kann durch eine statistisch verteilte, unvollständige Belichtung des Pulverbetts erzeugt werden, wobei der Verlauf der Poren bzw. der belichteten Region der jeweiligen Pulverlagen zufällig ist. Nach einer alternativen Belichtungsstrategie der betreffenden Lage folgt das unvollständige Belichtungsregime bestimmten Mustern, beispielsweise einem Linienabstand bei der Belichtung, der bewusst so groß gewählt wird, dass zwischen den Spuren unbelichtete und nicht aufgeschmolzene oder nicht angeschmolzene Partikel verbleiben. In diesen Bereichen entstehen die gewünschten Poren. Dies erreicht man beispielsweise, indem man die parallelen Spuren während der Herstellung in regelmäßigen Abständen um beispielsweise 90° verdreht. Je nach gewünschter Porengröße findet dieser Wechsel nach einer bestimmten Anzahl von Pulverlagen statt.

35

Patentansprüche

1. Kühlvorrichtung mit einer thermischen Schnittstelle für eine zu kühlende Wärmequelle, wobei die Kühlvorrichtung in
5 voneinander getrennten Volumina ein Wärmerohr (15) mit einem ersten Phasenwechselmedium (20) und einen Latentwärmespeicher (17) mit einem zweiten Phasenwechselmedium (22) aufweist, dadurch gekennzeichnet,
dass die Wärme der Wärmequelle an der thermischen Schnitt-
10 stelle in eine Wärmeaufnahmezone des Wärmerohrs (15) einleitbar ist und die Schmelztemperatur des zweiten Phasenwechselmediums (22) höher ist, als die Verdampfungstemperatur des ersten Phasenwechselmediums (20).
- 15 2. Kühlvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
dass die Schmelztemperatur des zweiten Phasenwechselmediums (22) weniger als 20 K, bevorzugt weniger als 10 K höher ist, als die Verdampfungstemperatur (20) des ersten Phasenwechsel-
20 mediums.
3. Kühlvorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass das Wärmerohr (15) und der Latentwärmespeicher (17)
25 durch zwei ineinander verschachtelte Raumstrukturen gebildet sind.
4. Kühlvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,
30 dass der Latentwärmespeicher (17) durch ein hohles Raumgitter gebildet wird, wobei
- das zweite Phasenwechselmedium (22) in einem in dem Raumgitter als Latentwärmespeicher (17) gebildeten Hohlraum eingeschlossen ist und
 - 35 • das erste Phasenwechselmedium (20) in durch das Gitter gebildeten Gitterzwischenräumen untergebracht ist.
5. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,
dass der Latentwärmespeicher eine Vielzahl von Teilräumen
(17a, 17b, 17c) aufweist, die im Wärmerohr (15) gehalten
sind.

5

6. Kühlvorrichtung nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Teilräume (17a, 17b, 17c) untereinander fluidisch
verbunden sind.

10

7. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass mehrere Wärmerohre (15) vorgesehen sind, die von dem
Latentwärmespeicher (17) umgeben sind.

15

8. Kühlvorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das mindestens eine Wärmerohr (15) in einer Wärmeabgabe-
zone (18) außen mit einer passiven Kühlstruktur (19a, 19b)
versehen ist.

20

9. Kühlvorrichtung nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass die passive Kühlstruktur (19a, 19b) Rippen und/oder ein
Raumgitter aufweist.

25

10. Kühlvorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das mindestens eine Wärmerohr (15) als Heatpipe in einem
Stück mit einer kapillaren Wandstruktur (21) ausgeführt ist.

30

11. Kühlvorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass in dem Latentwärmespeicher (17) eine Wärmeleitstruktur
(24a, 24b) angeordnet ist, die mit der Wand des
Latentwärmespeichers (17) verbunden ist.

35

12. Kühlvorrichtung nach Anspruch 11,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die Wärmeleitstruktur (24a, 24b) Rippen und/oder ein
Raumgitter aufweist.

5 13. Elektronische Schaltung mit einer zu kühlenden Baukompo-
nente (13),
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die Baukomponente (13) mit der thermischen Schnittstelle
einer Kühlvorrichtung (14) nach einem der voranstehenden An-
10 sprüche verbunden ist.

14. Elektronische Schaltung nach Anspruch 13,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die maximal mögliche Kühlleistung des Wärmerohrs (15) der
15 Kühlvorrichtung (14)

- größer oder gleich der Wärmeleistung der Baukomponente
(13) bei Nennlast aber
- kleiner als die Wärmeleistung der Baukomponente (13) bei
einer zugelassenen Spitzenlast ist.

20 15. Verfahren zum Herstellen einer Kühlvorrichtung (14) nach
einem der voranstehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass zur Herstellung ein additives Fertigungsverfahren, ins-
25 besondere ein Laserschmelzen oder eine Kombination aus Laser-
sintern und Laserschmelzen, verwendet wird.

16. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
30 dass diese mit einem additiven Fertigungsverfahren, insbeson-
dere ein Laserschmelzen oder eine Kombination aus Lasersin-
tern und Laserschmelzen, hergestellt ist.

17. Kühlvorrichtung, nach Anspruch 16,
35 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass diese in einem Stück hergestellt ist.

FIG 1

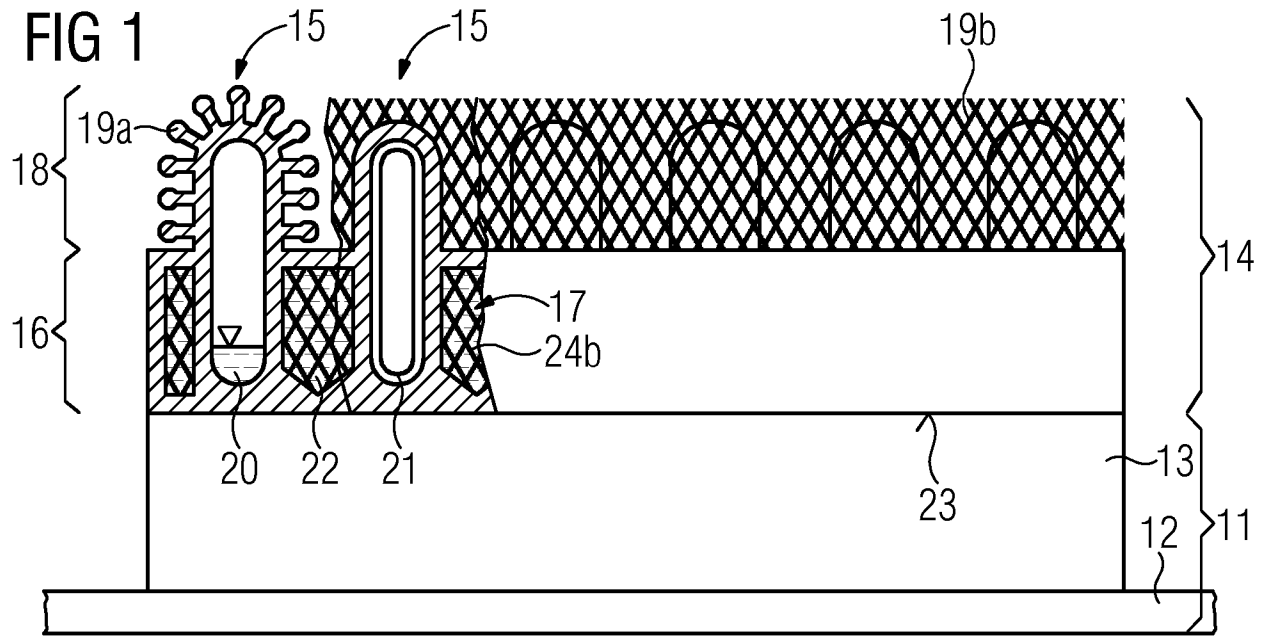


FIG 2

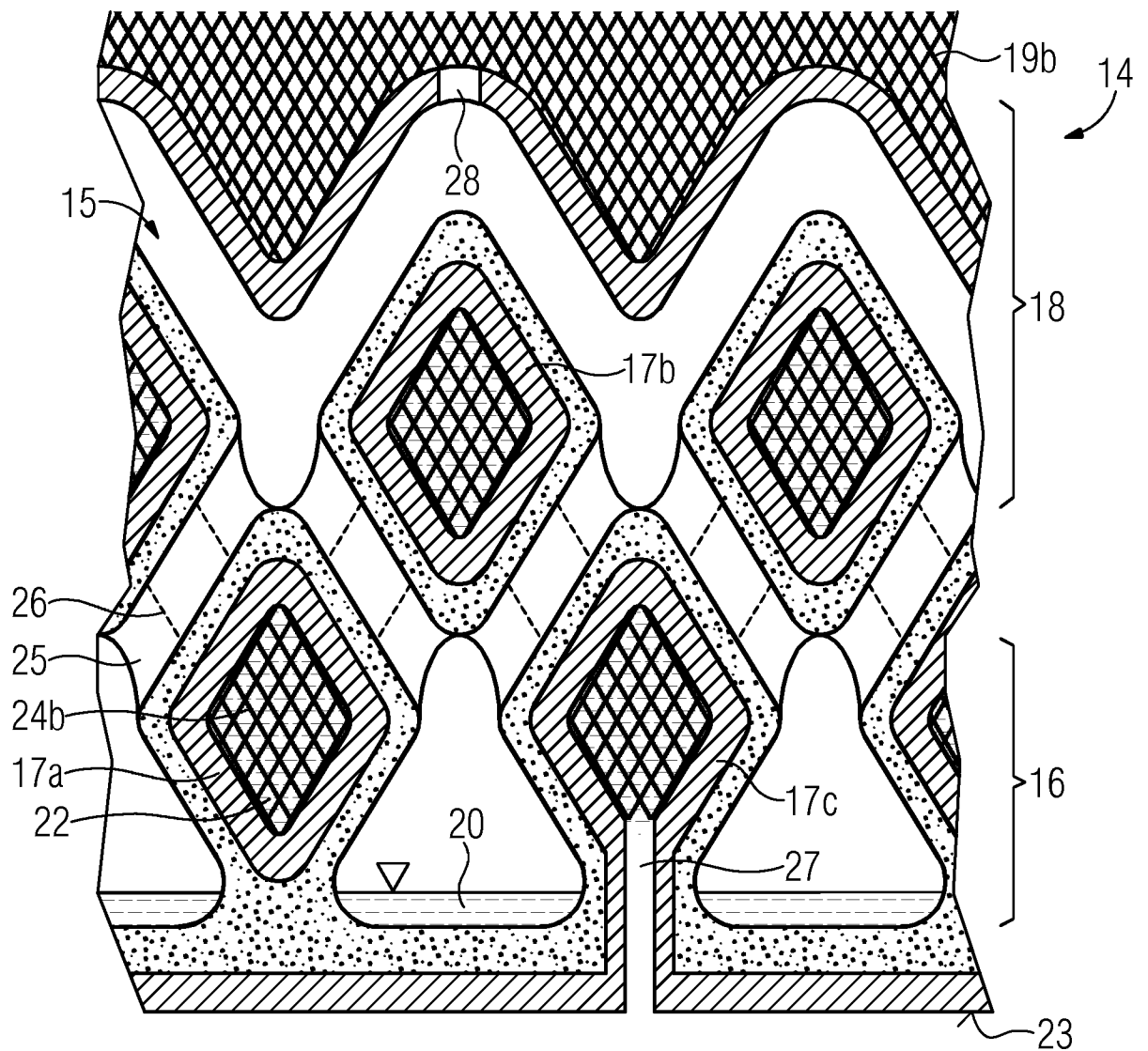


FIG 3

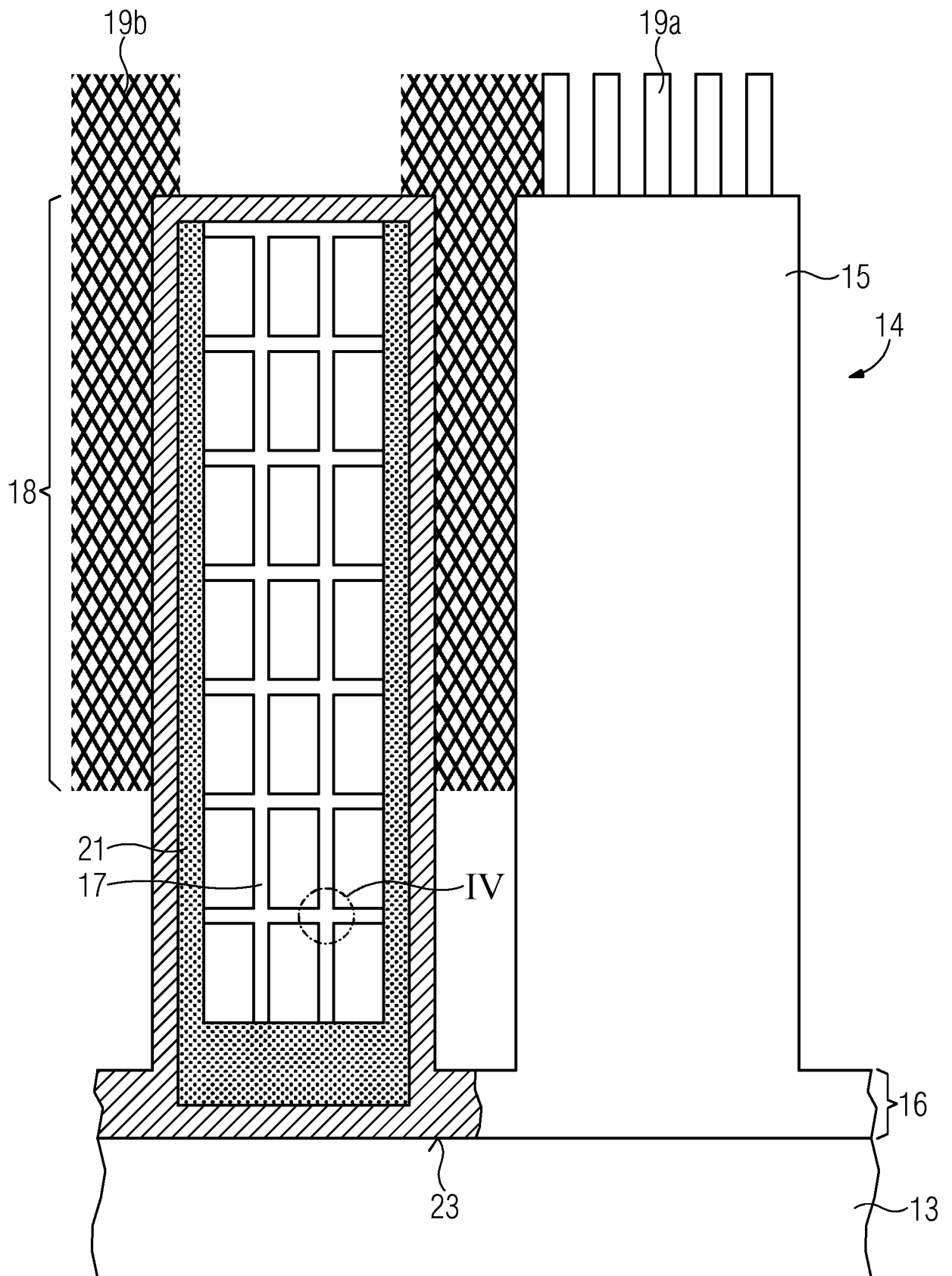


FIG 4

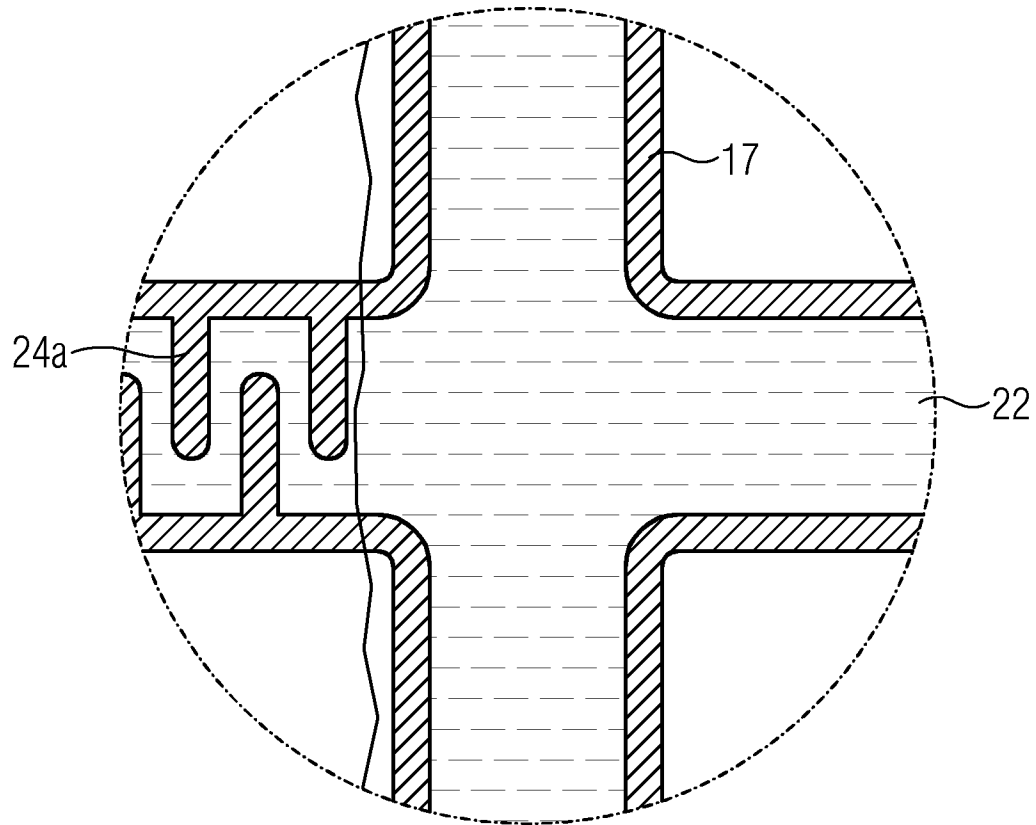
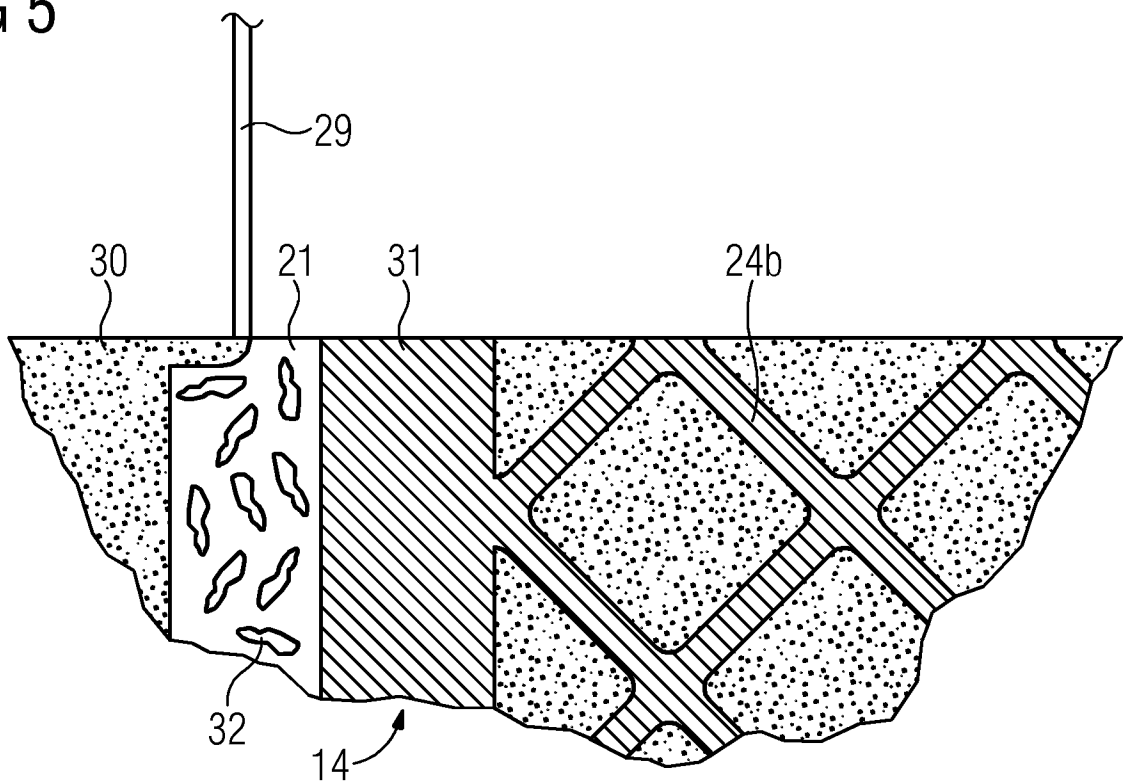


FIG 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/082958

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F28D15/02 F28D20/02 H01L23/427
ADD.

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)
F28D H01L

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	KR 2000 0051265 A (HYUNDAI ELECTRONICS IND) 16 August 2000 (2000-08-16)	1,2,5-17
A	abstract	3,4
A	----- US 2009/109623 A1 (JANG YUNG-LI [TW] ET AL) 30 April 2009 (2009-04-30) figure 4	1-17
A	----- US 2014/090808 A1 (BESSHO HISANORI [JP] ET AL) 3 April 2014 (2014-04-03) figures 12a,12b	1-17
A	----- DE 20 2015 004833 U1 (CHO SEONG HYUN [DE]; HECHENBERGER ALEXANDRA [DE]; HECHENBERGER MARTIN) 5 October 2015 (2015-10-05) figures 1,2	1-17



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

14 March 2018

Date of mailing of the international search report

21/03/2018

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Bain, David

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/082958

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
KR 20000051265 A	16-08-2000	NONE	
US 2009109623 A1	30-04-2009	NONE	
US 2014090808 A1	03-04-2014	US 2014090808 A1 WO 2012157521 A1	03-04-2014 22-11-2012
DE 202015004833 U1	05-10-2015	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F28D15/02 F28D20/02 H01L23/427
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 F28D H01L

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	KR 2000 0051265 A (HYUNDAI ELECTRONICS IND) 16. August 2000 (2000-08-16)	1,2,5-17
A	Zusammenfassung	3,4
A	----- US 2009/109623 A1 (JANG YUNG-LI [TW] ET AL) 30. April 2009 (2009-04-30)	1-17
A	Abbildung 4	
A	----- US 2014/090808 A1 (BESSHO HISANORI [JP] ET AL) 3. April 2014 (2014-04-03)	1-17
A	Abbildungen 12a,12b	
A	----- DE 20 2015 004833 U1 (CHO SEONG HYUN [DE]; HECHENBERGER ALEXANDRA [DE]; HECHENBERGER MARTIN) 5. Oktober 2015 (2015-10-05)	1-17
A	Abbildungen 1,2	



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

14. März 2018

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

21/03/2018

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

Bain, David

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/082958

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
KR 20000051265 A	16-08-2000	KEINE	
US 2009109623 A1	30-04-2009	KEINE	
US 2014090808 A1	03-04-2014	US 2014090808 A1 WO 2012157521 A1	03-04-2014 22-11-2012
DE 202015004833 U1	05-10-2015	KEINE	