

(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
30. Januar 2014 (30.01.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/016085 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 23/367 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/063962

(22) Internationales Anmeldedatum:
2. Juli 2013 (02.07.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 213 066.7 25. Juli 2012 (25.07.2012) DE

(71) Anmelder: **CONTI TEMIC MICROELECTRONIC GMBH** [DE/DE]; Sieboldstraße 19, 90411 Nürnberg (DE).

(72) Erfinder: **BÄUMEL, Hermann**; Angerstr. 12, 92318 Neumarkt / Opf. (DE). **FETZER, Johannes**; Scheurlstr. 5, 90478 Nürnberg (DE). **JESINGER, Günther**; Flockenstrasse 21a, 90455 Nürnberg (DE).

(74) Anwalt: **BONN, Roman**; c/o Continental Automotive GmbH, Postfach 22 16 39, 80506 München (DE).

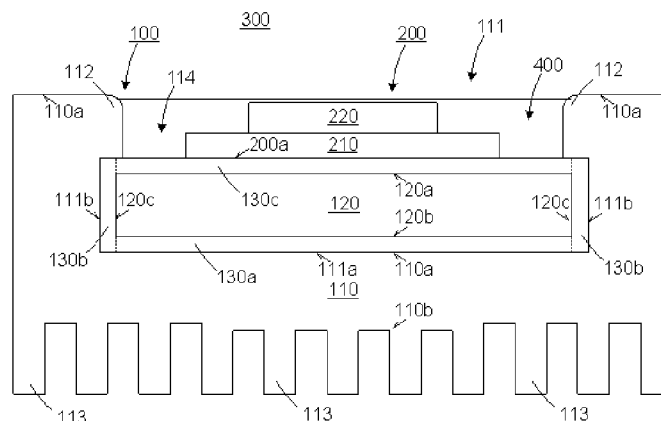
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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, 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).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: COOLING DEVICE AND METHOD FOR PRODUCING A COOLING DEVICE AND CIRCUIT ASSEMBLY HAVING A COOLING DEVICE

(54) Bezeichnung : KÜHLVORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINER KÜHLVORRICHTUNG SOWIE SCHALTUNGSANORDNUNG MIT EINER KÜHLVORRICHTUNG



Figur 2

(57) Abstract: The invention relates to a cooling device (100) for a circuit (200) having a support part (120) for holding the circuit (200) and a cooling element (110) for holding the support part (120) and a metalliferous boundary layer (130a), infiltrated in the support part (120) and/or the cooling element (110), between the support part (120) and the cooling element (110), which connects the support part (120) and the cooling element (110) in a firmly bonded, planar manner, and serves to compensate for the differing thermal expansions of the support part (120) and the cooling element (110) and for thermal transfer from the support part (120) to the cooling element (110). Said cooling device is efficient and cost-effective, and ensures error-free functionality of the circuit, despite strong temperature fluctuations.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2014/016085 A2

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Offenbart wird eine Kühlvorrichtung (100) für eine Schaltung (200) mit einem Trägerteil (120) zum Halten der Schaltung (200) und einem Kühlkörper (110) zum Halten des Trägerteils (120) sowie eine in das Trägerteil (120) und/oder in den Kühlkörper (110) infiltrierte, metallhaltige Grenzschicht (130a) zwischen dem Trägerteil (120) und dem Kühlkörper (110), welche das Trägerteil (120) und den Kühlkörper (110) stoffschlüssig flächig verbindet und zur Kompensation der unterschiedlichen Wärmeausdehnungen des Trägerteils (120) und des Kühlkörpers (110) und zur Wärme-Übertragung von dem Trägerteil (120) zu dem Kühlkörper (110) dient. Diese Kühlvorrichtung ist effizient und kostengünstig und gewährleistet eine fehlerfreie Funktion der Schaltung trotz starken Temperaturschwankungen.

Beschreibung

Kühlvorrichtung und Verfahren zum Herstellen einer Kühlvorrichtung sowie Schaltungsanordnung mit einer Kühlvorrichtung

5

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Kühlvorrichtung für eine Schaltung sowie Verfahren zum Herstellen einer Kühlvorrichtung. Ferner betrifft die Erfindung eine Schaltungsanordnung mit einer genannten Kühlvorrichtung.

10

Gattungsgemäße Kühlvorrichtungen dienen zur Kühlung von Schaltungen und finden ihre Anwendungen in nahezu allen technischen Bereichen. Ein Beispiel von den genannten Schaltungen ist ein Stromrichter für einen Elektromotor eines Hybrid- oder Elektrofahrzeugs.

15

Eine derartige Schaltung umfasst einen Schaltungsträger mit darauf angeordneten elektronischen oder elektrischen Leistungsbaulementen, wie zum Beispiel Leistungstransistoren, welche während des Betriebs der Schaltung aufgrund der hohen internen Verlustleistung sehr viel Wärme erzeugen. Dadurch unterliegt die Schaltung während des Betriebs einer starken Temperaturschwankung von mehreren hundert Grad Celsius. Deshalb wird die Schaltung beziehungsweise die Komponenten der Schaltung aus wärmebeständigen Materialien hergestellt. Insbesondere wird der Schaltungsträger aus wärmebeständiger Keramik hergestellt. Zudem muss die Schaltung während des Betriebs ständig gekühlt werden, damit diese nicht überhitzt wird. Zur Kühlung der Schaltung wird ein Druckgussteil beispielsweise aus Aluminium als Kühlkörper verwendet, der mit der Schaltung wärmeleitend gekoppelt ist. Wegen seiner hohen Wärmeleitfähigkeit und seinem vergleichsweise sehr niedrigen Kosten ist Aluminium sehr gut geeignet als Werkstoff für einen Kühlkörper.

20

25

30

35

Zur effizienten Kühlung der Schaltung ist man zudem bestrebt, den zugeordneten Schaltungsträger insbesondere in der Form eines Keramiksubstrats direkt auf dem Kühlkörper anzuordnen und über eine möglichst große Kontaktfläche mit dem Kühlkörper thermisch

zu kontaktieren, um eine möglichst effiziente Wärmeabführung von der Schaltung zu erzielen. In der Regel wird das Keramiksubstrat flächig beziehungsweise breitflächig mit dem Kühlkörper fest verlötet.

5

Diese flächige feste Lötverbindung zwischen dem Keramiksubstrat und dem Kühlkörper führt aber zu einem unerwünschten Effekt, nämlich zu einer hohen mechanischen Spannung zwischen dem Keramiksubstrat und dem Kühlkörper. Grund für diese mechanische Spannung ist der große Unterschied in dem Wärmeausdehnungskoeffizient CTE (in Englisch „Coefficient of Thermal Expansion“) zwischen dem Keramiksubstrat und dem Kühlkörper, der sich bei Temperaturschwankungen bemerkbar macht.

10

15

Durch diese unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten dehnen sich das Keramiksubstrat und der Kühlkörper bei Veränderung der Eigen- oder Umgebungstemperatur unterschiedlich aus beziehungsweise ziehen sich unterschiedlich zusammen. Als Folge steht das Keramiksubstrat der Schaltung samt den elektrischen oder elektronischen Bauelementen auf dem Keramiksubstrat unter einer sich abhängig von der Temperatur ständig verändernden mechanischen Spannung. Diese mechanische Spannung führt bei den sensiblen Bauelementen der Schaltung zu Fehlfunktionen beziehungsweise Defekten.

20

25

Damit besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, eine Möglichkeit zur effizienten und kostengünstigen Kühlung der Schaltung bereitzustellen, wobei eine fehlerfreie Funktion der Schaltung trotz starken Temperaturschwankungen gewährleistet werden kann.

30

Diese Aufgabe wird durch die unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

35

Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird eine Kühlvorrichtung für eine Schaltung geschaffen, welche ein Trägerteil und einen

Kühlkörper sowie eine erste Grenzschicht zwischen dem Trägerteil und dem Kühlkörper aufweist.

Das Trägerteil, insbesondere in der Form einer (dünnen) Platte mit zwei gegenüberliegenden Seiten weist eine erste trägerteilseitige Oberfläche und eine zweite trägerteilseitige Oberfläche auf, wobei die erste und die zweite Oberfläche auf die zwei gegenüberliegenden beziehungsweise voneinander entgegengesetzt liegenden Seiten des Trägerteils liegen. Dabei dient die erste trägerteilseitige Oberfläche zum Halten der Schaltung, insbesondere einer Schaltung mit einem Keramiksubstrat als Schaltungsträger. Das Trägerteil dient neben dem Halten der Schaltung noch zum Abführen der Wärme von der Schaltung. Der Kühlkörper umfasst eine erste kühlkörperseitige Oberfläche zum Halten des Trägerteils und dient zum Abführen der Wärme von dem Trägerteil und somit von der Schaltung.

Die erste Grenzschicht ist zwischen der zweiten trägerteilseitigen Oberfläche und der ersten kühlkörperseitigen Oberfläche angeordnet, wobei die zweite Oberfläche des Trägerteils und die erste Oberfläche des Kühlkörpers zueinander zugewandt liegen. Die erste Grenzschicht ist dabei als eine in das Trägerteil und/oder in den Kühlkörper infiltrierte, metallhaltige Schicht ausgebildet. Die erste Grenzschicht stellt in erster Linie eine stoffschlüssige und flächige mechanische Verbindung zwischen dem Trägerteil und dem Kühlkörper her. Ferner dient die erste Grenzschicht zur Kompensation der unterschiedlichen Wärmeausdehnungen des Trägerteils und des Kühlkörpers sowie zur Übertragung der Wärme von dem Trägerteil zu dem Kühlkörper.

Dabei bedeutet „Infiltrieren“ das Eindringen eines Materials in das Trägerteil und/oder in den Kühlkörper unter einer bestimmten Druck- und/oder Temperatureinwirkung. Das infiltrierende Material kann dabei ein Material vom Trägerteil, vom Kühlkörper oder ein von außen zugefügtes Material sein. Ein ähnlicher Vorgang wird in der Halbleitertechnik als „Dotieren“ bezeichnet. Durch das Infiltrieren also Eindringen des Materials in das Trägerteil und/oder in den Kühlkörper wird eine stoffschlüssige

und flächige mechanische Verbindung zwischen dem Trägerteil und dem Kühlkörper hergestellt.

Eine „flächige mechanische Verbindung“ bedeutet eine mechanische
5 Verbindung über eine ausgedehnte Kontaktfläche, und nicht eine quasipunktförmige Verbindung, wie bei Kontaktpins, oder eine quasilinienförmige Verbindung, wie bei Schweißnahtverbindungen.

Dadurch ist eine Kühlvorrichtung geschaffen, welche kosten-
10 günstig herstellbar ist und zugleich die Anforderungen von geringen mechanischen Spannungen zwischen der Kühlungsvorrichtung und der Schaltung bei starken Temperaturschwankungen erfüllt und so eine fehlerfreie Funktion der Schaltung sicherstellt. Durch die zweiteilige Ausführung der Kühlvorrichtung
15 mit einem Trägerteil und einem Kühlkörper mit einer dazwischen liegenden Grenzschicht ist es möglich, ein Trägerteil mit einer ähnlichen Wärmeausdehnung wie die Schaltung auszuwählen. Die unterschiedlichen Wärmeausdehnungen zwischen dem Trägerteil und dem Kühlkörper wird dann von der dazwischen liegenden, ersten
20 Grenzschicht kompensiert. Durch die stoffschlüssige und flächige mechanische Verbindung zwischen dem Trägerteil und dem Kühlkörper mittels der ersten Grenzschicht kann eine stabile Verbindung zwischen dem Trägerteil und dem Kühlkörper auch bei unterschiedlichen Wärmeausdehnungen gewährleistet werden. Dabei
25 ist das Trägerteil wegen seiner vergleichsweise kleinen Baugröße relativ kostengünstig herstellbar. Der vergleichsweise größere Kühlkörper kann aus einem kostengünstigen Material, wie zum Beispiel Aluminium, hergestellt werden.

30 Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Kühlvorrichtung weist die erste kühlkörperseitige Oberfläche eine Vertiefung auf, in der das Trägerteil angeordnet ist. Dabei umfasst die Vertiefung eine Bodenfläche und eine um die Bodenfläche herum liegende, an die Bodenfläche angrenzende Seitenwand.

35 Durch eine derartige Anordnung des Trägerteils in einer Vertiefung am bzw. im Kühlkörper lässt sich der Bauraum der Kühlvorrichtung optimal ausnutzen.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung weist das Trägerteil eine der Seitenwand der Vertiefung zugewandt liegende Seitenfläche auf, welche die erste und die zweite träger-
teilseitige Oberfläche miteinander verbindet. Zwischen der
5 Seitenwand der Vertiefung und der Seitenfläche des Trägerteils weist die Kühlvorrichtung eine zweite Grenzschicht auf, welche ebenfalls eine in das Trägerteil und/oder in den Kühlkörper
filtrierte, metallhaltige Schicht ist. Dabei stellt die zweite
Grenzschicht zwischen dem Trägerteil und dem Kühlkörper eine
10 weitere stoffschlüssige und flächige mechanische Verbindung her. Diese zweite Grenzschicht besteht vorzugsweise aus dem gleichen Material wie die erste Grenzschicht und trägt ebenfalls zur
Kompensation der unterschiedlichen Wärmeausdehnungen zwischen dem Trägerteil und dem Kühlkörper bei. Ferner dient die zweite
15 Grenzschicht auch zur Wärmeübertragung von dem Trägerteil zu dem Kühlkörper.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung weist der Kühlkörper einen Vorsprung zum Halten des Trägerteils auf,
20 welcher vorzugsweise das Trägerteil an der ersten träger-
teilseitigen Oberfläche hält. Durch diesen einfachen Vorsprung am Kühlkörper ist eine zusätzliche mechanische Verbindung
zwischen dem Kühlkörper und dem Trägerteil hergestellt.

25 Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung besteht das Trägerteil aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff (unter Berücksichtigung einer in der Fachwelt üblichen Materialver-
unreinigung) und weist so einen Wärmeausdehnungskoeffizient auf, der ähnlich groß ist wie der eines Keramiksubstrats der
30 Schaltung. Insbesondere besteht das Trägerteil aus Aluminium-Silizium-Karbid, kurz AlSiC (ebenfalls unter Berücksich-
tigung einer in der Fachwelt üblichen Materialverunreinigung), und weist einen Wärmeausdehnungskoeffizient von ca. 10ppm auf.

35 Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung besteht der Kühlkörper (unter Berücksichtigung einer in der Fachwelt üb-
lichen Materialverunreinigung) aus einem kostengünstigen
wärmeleitenden Metall, wie zum Beispiel Aluminium, oder einer

kostengünstigen Metalllegierung, wie zum Beispiel einer Aluminiumlegierung, insbesondere einer Aluminium-Silizium-Legierung AlSi12 mit einem Wärmeausdehnungskoeffizient von ca. 21ppm.

5

Das Trägerteil aus AlSiC weist somit im Vergleich zu dem Kühlkörper aus AlSi12 einen ähnlich großen Wärmeausdehnungskoeffizient wie das Keramiksubstrat auf, das seinerseits einen Wärmeausdehnungskoeffizient von ca. 8ppm hat. Außerdem liegt der Wärmeausdehnungskoeffizient des Trägerteils mit 10ppm zwischen dem Wärmeausdehnungskoeffizient des Keramiksubstrats mit 8ppm und dem Wärmeausdehnungskoeffizient des Kühlkörpers mit 21ppm.

Durch die ähnlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen dem Keramiksubstrat und dem Trägerteil entsteht bei der Wärmeausdehnung beziehungsweise Kälteschrumpfung zwischen diesen beiden Komponenten nur eine vernachlässigbar geringe mechanische Spannung, welche unschädlich ist für die Schaltung beziehungsweise für das Keramiksubstrat und die Bauelemente auf dem Keramiksubstrat.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung enthalten die erste und die zweite infiltrierte, metallhaltige Grenzschicht ein Metall mit einem Anteil von einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff, insbesondere die Metallpartikel von dem Kühlkörper und die Silizium-Karbid-Partikel von dem Trägerteil und tragen zur formschlüssigen und flächigen mechanischen Verbindung zwischen dem Trägerteil und dem Kühlkörper bei. Zudem werden die unterschiedlichen temperaturbedingten Formveränderungen zwischen dem Trägerteil und dem Kühlkörper, wie die Wärmeausdehnungen beziehungsweise Kälteschrumpfungen zwischen dem Trägerteil und dem Kühlkörper, durch diese beiden Grenzschichten kompensiert.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine Schaltungsanordnung mit einer Schaltung und einer oben beschriebenen Kühlvorrichtung zur Kühlung der Schaltung geschaffen. Die Schaltung weist dabei eine Oberfläche auf, welche

der ersten trägerteilseitigen Oberfläche des Trägerteils der Kühlvorrichtung zugewandt angeordnet ist, wobei diese erste trägerteilseitige Oberfläche, wie bereits erwähnt, zum Halten der Schaltung dient. Die Schaltungsanordnung weist zwischen der
5 Oberfläche der Schaltung und der ersten trägerteilseitigen Oberfläche eine dritte Grenzschicht auf. Diese dritte Grenzschicht ist eine in das Trägerteil infiltrierte, metallhaltige Schicht und besteht vorteilhafterweise aus dem gleichen Material wie die vorher beschriebenen Grenzschichten. Diese dritte
10 Grenzschicht dient als Haftschrift für eine Lotpaste zu einer flächigen Lötverbindung zwischen der Schaltung und dem Trägerteil und ermöglicht somit eine stoffschlüssige und flächige mechanische Verbindung zwischen diesen beiden Komponenten. Außerdem dient sie zur Kompensation der unterschiedlichen
15 temperaturbedingten Formveränderungen zwischen der Schaltung und dem Trägerteil, wie die unterschiedlichen Wärmeausdehnungen der Schaltung und des Trägerteils sowie zur Wärmeübertragung von der Schaltung zu dem Trägerteil.

20 Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein erstes Verfahren zur Herstellung einer Kühlvorrichtung geschaffen, welches folgende Verfahrensschritte aufweist.

Zunächst wird ein Trägerteil in der Form einer (dünnen) Platte
25 bereitgestellt. Zumindest eine Oberfläche des Trägerteils werden anschließend mit einem metallhaltigen Material, insbesondere mit Aluminium, infiltrierte, wodurch eine Grenzschicht ausgebildet wird. Parallel zu den, nach oder vor den oben beschriebenen beiden Verfahrensschritten wird eine erste Gießmasse bereitgestellt.
30 Diese erste Gießmasse wird anschließend um das Trägerteil herum gegossen und zu einem Kühlkörper geformt, wobei eine stoffschlüssige mechanische Verbindung zwischen dem Trägerteil und dem Kühlkörper durch die oben genannte Grenzschicht hergestellt wird. Diese Grenzschicht dient zur Kompensation der unter-
35 schiedlichen Wärmeausdehnungen zwischen dem Trägerteil und dem Kühlkörper und zur Wärmeübertragung von dem Trägerteil zu dem Kühlkörper.

Dadurch wird ein Verfahren zur kostengünstigen Herstellung einer Kühlvorrichtung geschaffen. Insbesondere kann mit diesem Verfahren die Grenzschicht in einer gewünschten Dicke hergestellt werden, da diese bereits vor dem Gießvorgang des

5 Kühlkörpers in einem kontrollierten Infiltrierungsvorgang in das Trägerteil infiltriert wird.

Dabei besteht das Trägerteil vorteilhafterweise aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff, insbesondere aus einem Aluminium

10 Silizium-Karbid (AlSiC). Die erste Gießmasse besteht vorteilhafterweise aus einem Metall oder einer Metalllegierung, insbesondere aus Aluminium oder einer Aluminium-Silizium-Legierung, wie zum Beispiel AlSi12.

15 Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein zweites Verfahren zur Herstellung einer Kühlvorrichtung geschaffen, das folgende Verfahrensschritte aufweist.

Anders als bei dem vorher beschriebenen Verfahren wird gemäß

20 diesem Verfahren zunächst ein metallhaltiger Kühlkörper bereitgestellt. An diesem Kühlkörper beziehungsweise an einer Oberfläche des Kühlkörpers wird anschließend eine Vertiefung ausgeformt. Anschließend wird eine zweite Gießmasse bereit-

25 gestellt. Diese zweite Gießmasse wird dann in die vorgeformte Vertiefung am Kühlkörper eingegossen und zu einem Trägerteil geformt. Während des Eingießens der zweiten Gießmasse in die Vertiefung und/oder des Formens des Trägerteils aus der zweiten Gießmasse wird durch Infiltrieren des Trägerteils mit dem Metall

30 aus dem Kühlkörper eine Grenzschicht zwischen dem Kühlkörper und dem Trägerteil unter Einwirkung von einer hohen Temperatur und/oder einem hohen Druck ausgebildet. Diese Grenzschicht stellt eine stoffschlüssige mechanische Verbindung zwischen dem Trägerteil und dem Kühlkörper her. Zudem dient sie zur Kom-

35 pensation der unterschiedlichen Wärmeausdehnungen des Trägerteils und des Kühlkörpers sowie zur Wärmeübertragung von dem Trägerteil zu dem Kühlkörper.

Dadurch wird ein Verfahren geschaffen, mit dem eine Kühlvorrichtung im Vergleich zu dem ersten Verfahren noch kostengünstiger hergestellt werden kann. Da die Grenzschicht während des Gießvorgangs der zweiten Gießmasse in den Kühlkörper unter

5 Temperatur- und/oder Druckeinwirkung automatisch entsteht, entfällt hier der separate Verfahrensschritt vom ersten Verfahren zur Ausbildung der Grenzschicht durch Infiltrieren des Trägereils.

10 Dabei besteht der Kühlkörper vorteilhafterweise aus einem Metall oder einer Metalllegierung, insbesondere aus Aluminium oder einer Aluminium-Silizium-Legierung, wie zum Beispiel AlSi12. Die zweite Gießmasse besteht vorteilhafterweise aus einem Metallmatrix-Verbundwerkstoff, insbesondere aus Aluminium-Silizium-Karbid.

15

Vorteilhafte Ausgestaltungen der oben beschriebenen Kühlvorrichtungen sind soweit im Übrigen auf die oben genannte Schaltungsanordnung beziehungsweise die oben genannten Verfahren übertragbar, auch als vorteilhafte Ausgestaltungen der

20 Schaltungsanordnung beziehungsweise der Verfahren anzusehen.

Im Folgenden sollen nun beispielhafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beziehungsweise auf die beiliegenden

25 Zeichnungen näher erläutert werden. Es zeigen,

Figur 1 in einer schematischen Darstellung eine Schaltungsanordnung mit einer Schaltung und mit einer Kühlvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in einer Draufsicht;

30

Figur 2 in einer schematischen Darstellung der Schaltungsanordnung gemäß der Ausführungsform der Figur 1 in einer Querschnittsdarstellung;

35

Figuren 3 in schematischen Darstellung ein erstes Verfahren zum Herstellen einer Kühlvorrichtung gemäß einer

Ausführungsform der Erfindung in einem Ablaufdiagramm.

Figuren 4 in schematischen Darstellung ein zweites Verfahren zum Herstellen einer Kühlvorrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung in einem Ablaufdiagramm.

Es sei nun zunächst auf Figur 1 verwiesen, in der eine Schaltungsanordnung 300 mit einer Kühlvorrichtung 100 und einer Schaltung 200 in einer Draufsicht schematisch dargestellt ist. Die Kühlvorrichtung 100 umfasst einen Kühlkörper 110, der aus einer kostengünstigen Aluminiumlegierung AlSi12 besteht. Der Kühlkörper 110 weist auf der dem Betrachter dieser Figur zugewandten Seite eine erste kühlkörperseitige Oberfläche 110a auf. Auf dieser Oberfläche 110a sind drei Vertiefungen 111 vorgesehen. In jeweils einer der drei Vertiefungen 111 weist die Kühlvorrichtung 100 jeweils ein Trägerteil 120 auf, das aus Aluminium-Silizium-Karbid, kurz AlSiC, besteht. Die Trägerteile 120 weisen ihrerseits auf der dem Betrachter dieser Figur zugewandten Seite jeweils eine erste trägerteilseitige Oberfläche 120a auf. Auf dieser Oberfläche 120a ist jeweils eine der drei Schaltungen 200 angeordnet.

Eine Querschnittsdarstellung der Schaltungsanordnung 300 entlang der Schnittlinie AA in der Figur 1 wird in Figur 2 schematisch dargestellt. Die in Figur 1 bereits verwendeten Bezugszeichen haben in Figur 2 gleiche Bedeutungen.

Gemäß Figur 2 weist der Kühlkörper 110 die erste kühlkörperseitige Oberfläche 110a und auf der ersten kühlkörperseitigen Oberfläche 110a die Vertiefung 111 als eine quaderförmige Ausnehmung mit einer Bodenfläche 111a und einer an die Bodenfläche 111a angrenzend umlaufende Seitenwand 111b auf, wobei die Bodenfläche 111a ein Teil der ersten kühlkörperseitigen Oberfläche 110a ist. In der Vertiefung 111 ist das Trägerteil 120 angeordnet, wobei das Trägerteil 120 in die Vertiefung 111

vollständig versenkt ist, um den Bauraum der Kühlvorrichtung 100 zu optimieren beziehungsweise bestmöglich auszunutzen.

Der Kühlkörper 110 weist ferner einen Vorsprung 112 an der
5 Seitenwand 111b der Vertiefung 111 auf, welcher das Trägerteil 120 auf der ersten trägerteilseitigen Oberfläche 120a festhält.

Auf der der ersten kühlkörperseitigen Oberfläche 110a gegen-
überliegenden Seite weist der Kühlkörper 110 eine zweite
10 kühlkörperseitige Oberfläche 110b auf. Diese zweite kühlkörper-
seitige Oberfläche 110b ist mit Kühlrippen 113 versehen,
welche zur Vergrößerung der Kühlfläche bei dem Kühlkörper 110
und somit zu einer effizienteren Abführung der Wärme von dem
Kühlkörper 110 und somit von der Schaltung 200 an eine in den
15 Figuren nicht näher dargestellte, die Kühlrippen 113 umströmende
Kühlflüssigkeit dienen.

Das Trägerteil 120 weist neben der ersten trägerteilseitigen
Oberfläche 120a eine zweite trägerteilseitige Oberfläche 120b
20 auf der der ersten trägerteilseitigen Oberfläche 120a gegen-
überliegenden Seite auf. Zwischen der ersten und der zweiten
Oberfläche 120a, 120b weist das Trägerteil 120 eine Seitenfläche
120c auf, welche die erste und die zweite Oberfläche 120a, 120b
des Trägerteils 120 miteinander verbindet.

25 Die Schaltung 200 auf der ersten trägerteilseitigen Oberfläche
120a umfasst einen Schaltungsträger in Form von einem
Keramiksustrat 210 und ein elektronisches Bauelement 220 auf dem
Keramiksustrat 210, welches beispielsweise ein Leistungs-
30 transistor ist. Dabei ist die Schaltung 200 samt dem
Keramiksustrat 210 und dem elektronischen Bauelement 220 tiefer
in der Vertiefung 111 angeordnet als der die Vertiefung 111
umlaufende Vorsprung 112, sodass sich ein Zwischenraum 114
zwischen der Schaltung 200 und dem Vorsprung 112 bildet, in dem
35 ein Gel 400 oder eine Vergußmasse, wie zum Beispiel ein Gießharz,
aus einem elektrisch isolierenden und thermisch leitenden
Material aufgefüllt werden kann, welche/s zugleich auch als
mechanischer Schutz für die Schaltung 200 dienen kann.

Zwischen der ersten kühlkörperseitigen Oberfläche 110a beziehungsweise der Bodenfläche 111a der Vertiefung 111 und der zweiten trägerteilseitigen Oberfläche 120b ist eine erste Grenzschrift 130a vorgesehen. Zwischen der Seitenfläche 120c des

5 Trägerteils 120 und der Seitenwand 111b der Vertiefung 111 weist die Kühlvorrichtung 100 eine zweite, das Trägerteil 120 umgehende beziehungsweise umlaufende Grenzschrift 130b auf. Zwischen der ersten trägerteilseitigen Oberfläche 120a und einer der ersten

10 trägerteilseitigen Oberfläche 120a zugewandt liegenden Oberfläche 200a der Schaltung 200 beziehungsweise des Keramiksubstrats 210 der Schaltung 200 ist eine dritte Grenzschrift 130c angeordnet.

Die drei Grenzschriften 130a, 130b und 130c werden allesamt von

15 einer in das Trägerteil 120 infiltrierten Schicht aus Aluminium mit einem Anteil von Silizium-Karbid, kurz SiC, gebildet und umschließen das Trägerteil 120 vollständig. Die erste und zweite Grenzschrift 130a, 130b dienen dabei zur stoffschlüssigen und flächigen mechanischen Verbindung zwischen dem Trägerteil 120

20 und dem Kühlkörper 110 und zur Kompensation der unterschiedlichen Wärmeausdehnungen des Trägerteils 120 und des Kühlkörpers 110 sowie zur Wärmeübertragung von dem Trägerteil 120 zu dem Kühlkörper 110.

Die dritte Grenzschrift 130c dient als Grundfläche für eine

25 flächige Lötverbindung zwischen dem Keramiksubstrat 210 und dem Trägerteil 120 und somit zur stoffschlüssigen und flächigen mechanischen Verbindung zwischen dem Keramiksubstrat 210 und dem Trägerteil 120, sowie zur Wärmeübertragung von dem

30 Keramiksubstrat 210 zu dem Trägerteil 120. Über diese dritte Grenzschrift 130c, auf der Lotpaste haften kann, ist eine in der Figur 2 nicht näher dargestellte Lötverbindung zwischen dem Keramiksubstrat 210 und dem Trägerteil 120 ermöglicht.

35 Der Kühlkörper 110 aus Aluminium-Silizium-Legierung AlSi12 weist einen Wärmeausdehnungskoeffizient von ca. 21ppm auf. Das Trägerteil 120 aus Aluminium-Silizium-Karbid AlSiC hat einen

Wärmeausdehnungskoeffizient von ca. 10ppm. Das Keramiksubstrat 210 verfügt über einen Wärmeausdehnungskoeffizient von ca. 8ppm.

Durch die vergleichsweise ähnlichen Wärmeausdehnungskoeffi-
5 zienten zwischen dem Trägerteil 120 dem und Keramiksubstrat 210
entstehen bei Wärmeausdehnung oder Kälteschrumpfung bei den
beiden Komponenten 210, 120 geringfügige und vergleichsweise
geringfügige mechanische Spannungen, welche die dritte
Grenzschicht 130c kompensiert werden.

10 Die unterschiedlichen Wärmeausdehnungen und Kälteschrumpfungen
zwischen dem Kühlkörper 110 und dem Trägerteil 120 bei Ver-
änderung der Eigen- oder Umgebungstemperatur werden von der
ersten und der zweiten Grenzschicht 130a, 130b kompensiert.

15 Die Wärme, welche in dem elektronischen Bauelement 220 entsteht,
wird von dem Trägerteil 120 über die dritte Grenzschicht 130c
aufgenommen und über die erste und die zweite Grenzschicht 130a,
130b an den Kühlkörper 110 übertragen. Diese Wärme wird dann von
20 dem Kühlkörper 110 über die Kühlrippen 113 an die zwischen den
Kühlrippen 113 strömende Kühlflüssigkeit abgegeben.

Dadurch wird die Schaltung 200 samt dem elektronischen Bauelement
220 effizient gekühlt und vor einer Beschädigung durch me-
25 chanische Spannung infolge unterschiedlicher Wärmeausdehnungen
oder Kälteschrumpfungen wirksam geschützt.

Nachdem die Kühlvorrichtung 100 anhand der Figuren 1 und 2 näher
beschrieben wurde, werden nachfolgend mögliche Herstellungs-
30 verfahren für die Kühlvorrichtung 100 anhand der Figuren 3 und
4 näher beschrieben.

Zunächst sei auf Figur 3 hingewiesen, in der das Herstel-
lungsverfahren der Kühlvorrichtung 100 gemäß einer ersten
35 Ausführungsform der Erfindung in einem Ablaufdiagramm sche-
matisch dargestellt ist.

Demnach wird gemäß einem ersten Verfahrensschritt S110 ein Trägerteil 120 (zur Veranschaulichung der Verfahrensschritte sei auf die Bezugszeichen in den Figuren 1 und 2 verwiesen) aus Aluminium-Silizium-Karbid (AlSiC) in Form von einer dünnen

5 Platte bereitgestellt. Gemäß einem zweiten Verfahrensschritt S120 werden zwei gegenüber liegenden Oberflächen 120a, 120b des Trägerteils 120 und Seitenflächen 120c zwischen diesen beiden Oberflächen 120a, 120b mit Aluminium unter Einwirken von einer hohen Temperatur und einem hohen Druck infiltriert. Bei diesem

10 Infiltrierungsvorgang bilden sich eine erste, zweite und dritte trägerteilseitige Grenzsicht 130a, 130b und 130c an dem Trägerteil 120, welche das Trägerteil 120 vollständig umschließen.

15 Anschließend oder parallel zu den Verfahrensschritten S110, S120 wird gemäß einem dritten Verfahrensschritt S130 eine erste Gießmasse aus Aluminium-Silizium-Legierung AlSi12 bereitgestellt.

20 Diese erste Gießmasse wird gemäß einem vierten Verfahrensschritt S140 um das bereits mit den Grenzsichten 130a, 130b und 130c versehene Trägerteil 120 herum gegossen und zu einem Kühlkörper 110 geformt. Durch das Gießen und Formen des Kühlkörpers 110 werden stoffschlüssige und flächige mechanische Verbindungen

25 zwischen dem Trägerteil 120 und dem Kühlkörper 110 durch die vorinfiltrierte erste und zweite Grenzsicht 130a, 130b hergestellt.

Beim Formen des Kühlkörpers 110 bildet sich ein Vorsprung 112 aus der überschüssigen Gießmasse an dem Rand der Seitenwand 111b der Vertiefung 111. Nach dem Erhärten der Gießmasse hält der

30 Vorsprung 112 das Trägerteil 120 an dessen erste Oberfläche 120a fest und verleiht so eine zusätzliche mechanische Stabilität zwischen dem Trägerteil 120 und dem Kühlkörper 110.

35 Zum Schluss sei auf Figur 4 verwiesen, in der ein weiteres Herstellungsverfahren der oben beschriebenen Kühlvorrichtung

110 gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung in einem Ablaufdiagramm schematisch dargestellt ist.

5 Demnach wird gemäß einem ersten Verfahrensschritt S210 ein Kühlkörper 110 aus Aluminium-Silizium-Legierung AlSi12 bereitgestellt.

10 An diesem Kühlkörper 110 wird gemäß einem zweiten Verfahrensschritt S220 eine quaderförmige Vertiefung 111 mit einer Bodenfläche 111a und einer diese Bodenfläche 111a angrenzend umlaufende Seitenwand 111b ausgeformt, wobei die Seitenwand 111b an dem von der Bodenfläche 111a entfernt liegenden Rand der Seitenwand 111b einen die Vertiefung 111 umlaufenden Vorsprung 112 in Richtung zur Mitte der Bodenfläche 111a aufweist.

15

Gemäß einem dritten Verfahrensschritt S230 wird eine zweite Gießmasse aus Aluminium-Silizium-Karbid AlSiC bereitgestellt.

20 Diese zweite Gießmasse wird dann gemäß einem vierten Verfahrensschritt S240a in die Vertiefung 111 des Kühlkörpers 110 in einer passenden Menge eingegossen, sodass diese Gießmasse nach dem Erhärten die Vertiefung 111 bis an die Unterkante des Vorsprungs 112 vollständig füllt und so von dem Vorsprung 112 in der Vertiefung 111 fest gehalten werden kann. Anschließend wird
25 die zweite Gießmasse gemäß einem fünften Verfahrensschritt S240b zu einem Trägerteil 120 unter Einwirkung von einem bestimmten Druck geformt. Während des Formens des Trägerteils 120 werden gemäß einem sechsten Verfahrensschritt S250 zwischen dem Trägerteil 120 und dem Kühlkörper 110 durch Infiltrieren des
30 Trägerteils 120 mit Aluminiumpartikel aus dem Kühlkörper 110 unter Einwirkung einer hohen Temperatur und einem hohen Druck eine erste und eine zweite Grenzsicht 130a und 130b ausgebildet.

35

Bezugszeichenliste

100	Kühlvorrichtung
110	Kühlkörper
110a	Erste kühlkörperseitige Oberfläche
110b	Zweite kühlkörperseitige Oberfläche
111	Vertiefung an der ersten kühlkörperseitigen Oberfläche
111a	Bodenfläche der Vertiefung
111b	Seitenwand an der Vertiefung
112	Vorsprung am Kühlkörper
113	Kühlrippen am Kühlkörper
120	Trägerteil
114	Zwischenraum zwischen der Schaltung und dem Vorsprung
120a	Erste trägerteilseitige Oberfläche
120b	Zweite trägerteilseitige Oberfläche
120c	Seitenfläche am Trägerteil
130a	Erste Grenzschicht
130b	Zweite Grenzschicht
130c	Dritte Grenzschicht
200	Schaltung
200a	Oberfläche der Schaltung
210	Keramiksubstrat der Schaltung
220	Elektrisches oder elektronisches Bauelement der Schaltung
300	Schaltungsanordnung
400	Gel

Patentansprüche

1. Kühlvorrichtung (100) für eine Schaltung (200), welche folgende Merkmale aufweist:

- 5 - ein Trägerteil (120) mit einer ersten trägerteilseitigen Oberfläche (120a) zum Halten der Schaltung (200), und einer der ersten Oberfläche (120a) gegenüberliegenden, zweiten trägerteilseitigen Oberfläche (120b);
- 10 - einen Kühlkörper (110) mit einer ersten kühlkörperseitigen Oberfläche (110a) zum Halten des Trägerteils (120);
- eine erste Grenzschrift (130a) zwischen der zweiten trägerteilseitigen Oberfläche (120b) und der ersten kühlkörperseitigen Oberfläche (110a), welche das
- 15 Trägerteil (120) und den Kühlkörper (110) stoffschlüssig und flächig verbindet und zur Kompensation der unterschiedlichen Wärmeausdehnungen des Trägerteils (120) und des Kühlkörpers (110) sowie zur
- 20 Wärmeübertragung von dem Trägerteil (120) zu dem Kühlkörper (110) dient;
- wobei die erste Grenzschrift (130a) eine in das Trägerteil (120) und/oder in den Kühlkörper (110) infiltrierte, metallhaltige Schicht ist.

25

2. Kühlvorrichtung (100) nach Anspruch 1, bei der die erste kühlkörperseitige Oberfläche (110a) eine Vertiefung (111) aufweist, in der das Trägerteil (120) angeordnet ist.

- 30 3. Kühlvorrichtung (100) nach Anspruch 2, bei der
- die Vertiefung (111) eine Seitenwand (111b) aufweist,
- das Trägerteil (120) eine der Seitenwand (111b) der Vertiefung (111) zugewandt liegende Seitenfläche (120c) aufweist, welche die erste trägerteilseitige
- 35 Oberfläche (120a) und die zweite trägerteilseitige Oberfläche (120b) verbindet,
- wobei zwischen der Seitenwand (111b) der Vertiefung (111) und der Seitenfläche (120c) des Trägerteils

- (120) eine zweite Grenzschrift (130b) vorgesehen ist, wobei die zweite Grenzschrift (130b) eine in das Trägerteil (120) und/oder in den Kühlkörper (110) infiltrierte, metallhaltige Schicht ist, welche den Kühlkörper (110) und das Trägerteil (120) stoffschlüssig und flächig verbindet und zur Kompensation der unterschiedlichen Wärmeausdehnungen des Trägerteils (120) und des Kühlkörpers (110) sowie zur Wärmeübertragung von dem Trägerteil (120) zu dem Kühlkörper (110) dient.
4. Kühlvorrichtung (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Kühlkörper (110) einen Vorsprung (112) zum Halten des Trägerteils (120) aufweist.
5. Kühlvorrichtung (100) nach Anspruch 4, wobei der Vorsprung (112) das Trägerteil (120) an der ersten trägerteilseitigen Oberfläche (120a) hält.
6. Kühlvorrichtung (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Trägerteil (120) aus Metallmatrix-Verbundwerkstoff besteht.
7. Kühlvorrichtung (100) nach Anspruch 6, der Metallmatrix-Verbundwerkstoff Aluminium-Silizium-Karbid ist.
8. Kühlvorrichtung (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Grenzschrift (130a, 130b, 130c) einen Metallmatrix-Verbundwerkstoff enthält.
9. Kühlvorrichtung (100) nach Anspruch 8, wobei die Grenzschrift (130a, 130b, 130c) aus Aluminium mit einem Anteil von Silizium-Karbid besteht.
10. Kühlvorrichtung (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Kühlkörper (110) aus Metall oder einer Metalllegierung, insbesondere aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung, besteht.

11. Schaltungsanordnung (300), welche folgende Merkmale aufweist:

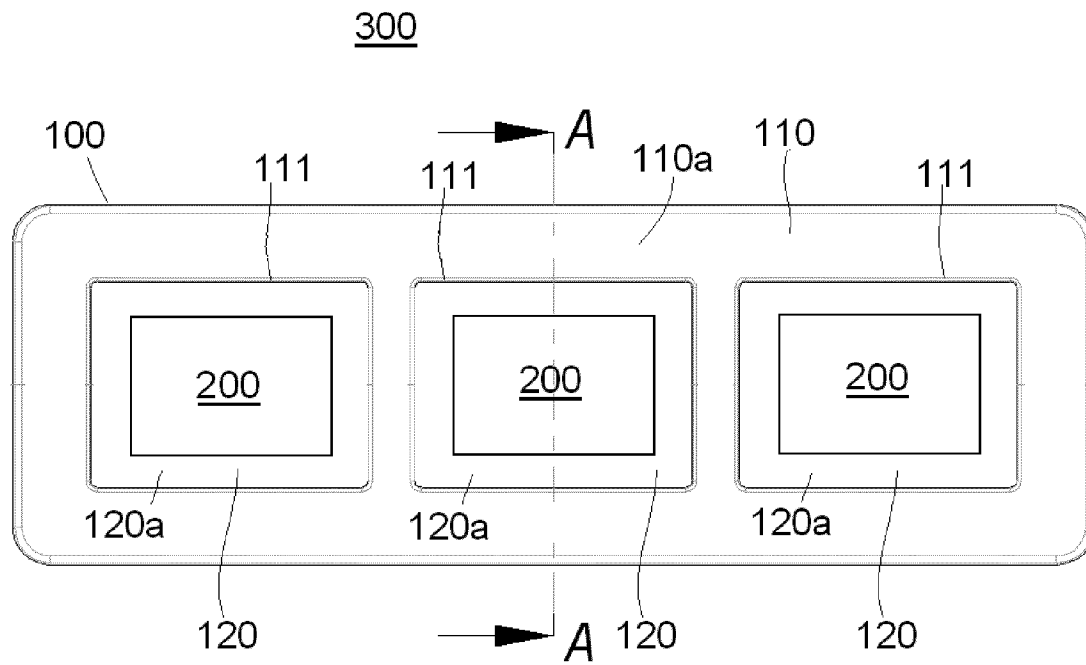
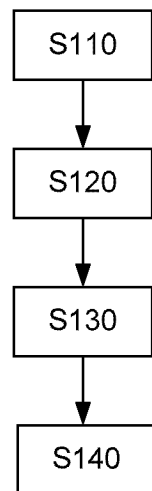
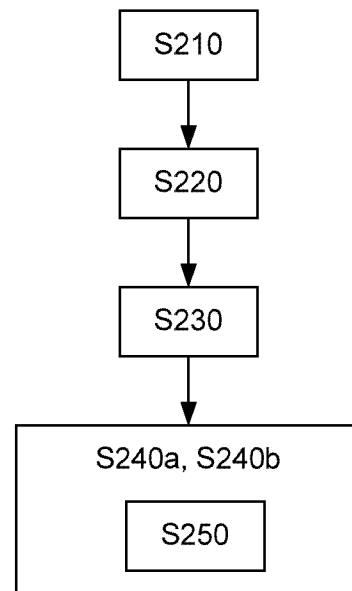
- eine Schaltung (200) mit einer Oberfläche (200a),
- eine Kühlvorrichtung (100) nach einem der vorange-
- 5 henden Ansprüche zur Kühlung der Schaltung (200) mit dem Trägerteil (120) mit der ersten trägerteilseitigen Oberfläche (120a) zum Halten der Schaltung (200), wobei
- die Oberfläche (200a) der Schaltung (200) und die erste
- 10 trägerteilseitige Oberfläche (120a) zueinander zugewandt liegen, und
- die Schaltungsanordnung (300) zwischen der Oberfläche (200a) der Schaltung (200) und der ersten trägerteilseitigen Oberfläche (120a) eine dritte Grenz-
- 15 schicht (130c) aufweist, wobei
- die dritte Grenzschicht (130c) eine in das Trägerteil (120) infiltrierte, metallhaltige Schicht ist, welche die Schaltung (200) und das Trägerteil (120)
- 20 stoffschlüssig und flächig verbindet und zur Wärmeübertragung von der Schaltung (200) zu dem Trägerteil (120) dient.

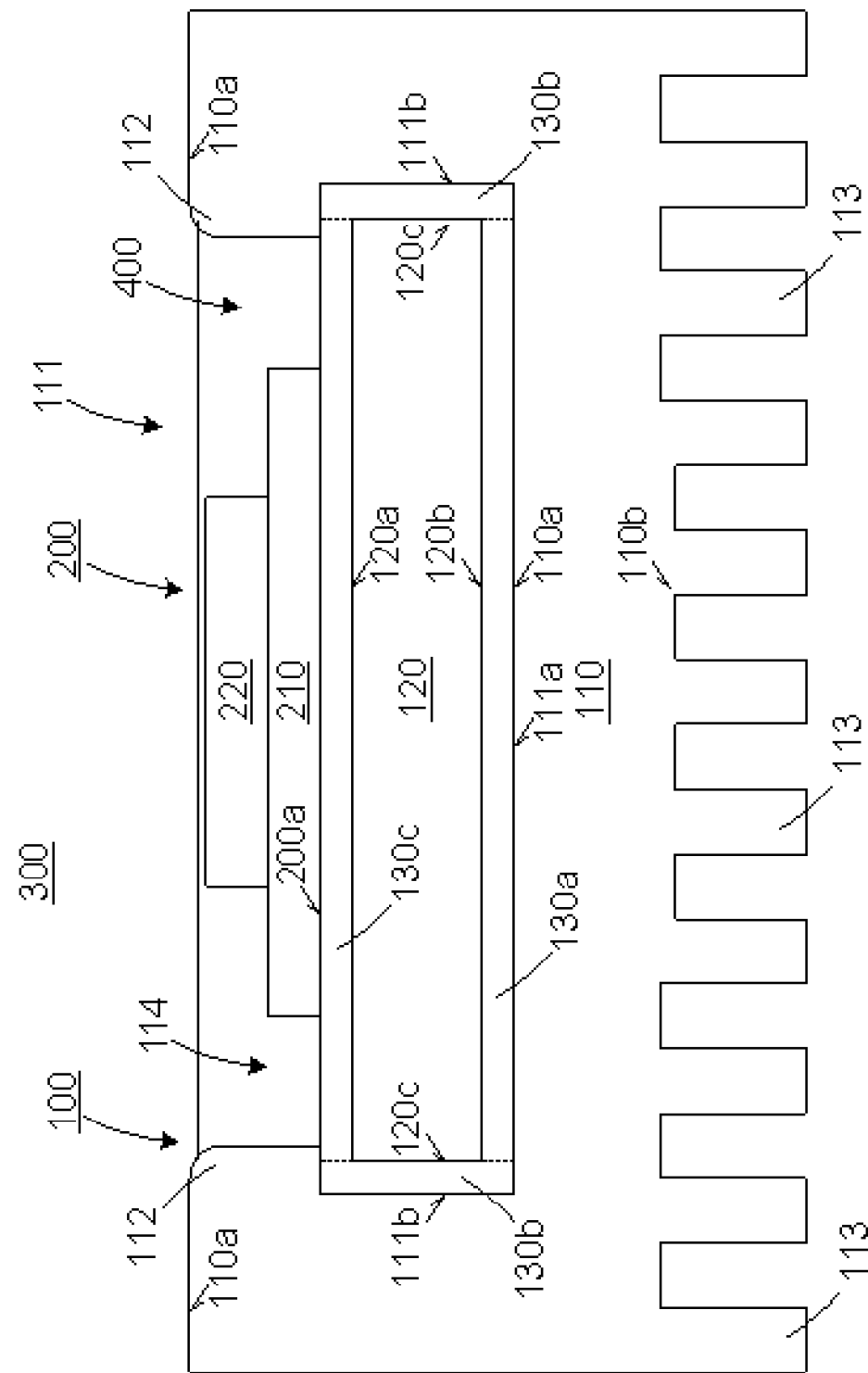
12. Verfahren zur Herstellung einer Kühlvorrichtung (100), wobei das Verfahren folgende Verfahrensschritte aufweist:

- 25 - Bereitstellen (S110) eines Trägerteils (120);
- Infiltrieren (S120) einer Oberfläche (120a, 120b) des Trägerteils (120) mit einem metallhaltigen Material zum Ausbilden einer Grenzschicht (130a, 130b);
- Bereitstellen (S130) einer ersten Gießmasse;
- 30 - Umgießen und Formen (S140) der ersten Gießmasse um das Trägerteil (120) herum zu einem Kühlkörper (110), sodass eine stoffschlüssige und flächige mechanische Verbindung zwischen dem Trägerteil (120) und dem Kühlkörper (110) durch die Grenzschicht (130a, 130b)
- 35 hergestellt wird, welche zur Kompensation der unterschiedlichen Wärmeausdehnungen des Trägerteils (120) und des Kühlkörpers (110) sowie zur Wärme-

übertragung von dem Trägerteil (120) zu dem Kühlkörper (110) dient.

13. Verfahren zur Herstellung einer Kühlvorrichtung (100),
5 wobei das Verfahren folgende Verfahrensschritte aufweist:
- Bereitstellen (S210) eines metallhaltigen Kühlkörpers (110);
 - Ausformen (S220) einer Vertiefung (111) am Kühlkörper (110);
 - 10 - Bereitstellen (S230) einer zweiten Gießmasse;
 - Eingießen (S240a) der zweiten Gießmasse in die Vertiefung (111) und Formen (S240b) eines Trägerteils (120) aus der zweiten Gießmasse;
 - 15 Ausbilden (S250) einer Grenzschicht (130a, 130b) zwischen dem Trägerteil (120) und dem Kühlkörper (110) beim Formen (S240b) des Trägerteils (120) durch Infiltrieren des Trägerteils (120) mit dem Metall von dem Kühlkörper (110), sodass eine stoffschlüssige und flächige mechanische Verbindung zwischen dem Trä-
20 gerteil (120) und dem Kühlkörper (110) durch die Grenzschicht (130a, 130b) hergestellt wird, welche zur Kompensation der unterschiedlichen Wärmeausdehnungen des Trägerteils (120) und des Kühlkörpers (110) sowie zur Wärmeübertragung von dem Trägerteil (120) zu dem
25 Kühlkörper (110) dient.

Fig. 1Figur 3Figur 4



Figur 2