

(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
17. November 2005 (17.11.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/109980 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H05K 7/20**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2005/000546

(22) Internationales Anmeldedatum:
26. März 2005 (26.03.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2004 022 118.9 5. Mai 2004 (05.05.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **CONTI TEMIC MICROELECTRONIC GMBH**
[DE/DE]; Sieboldstrasse 19, 90411 Nürnberg (DE).

(72) Erfinder; und

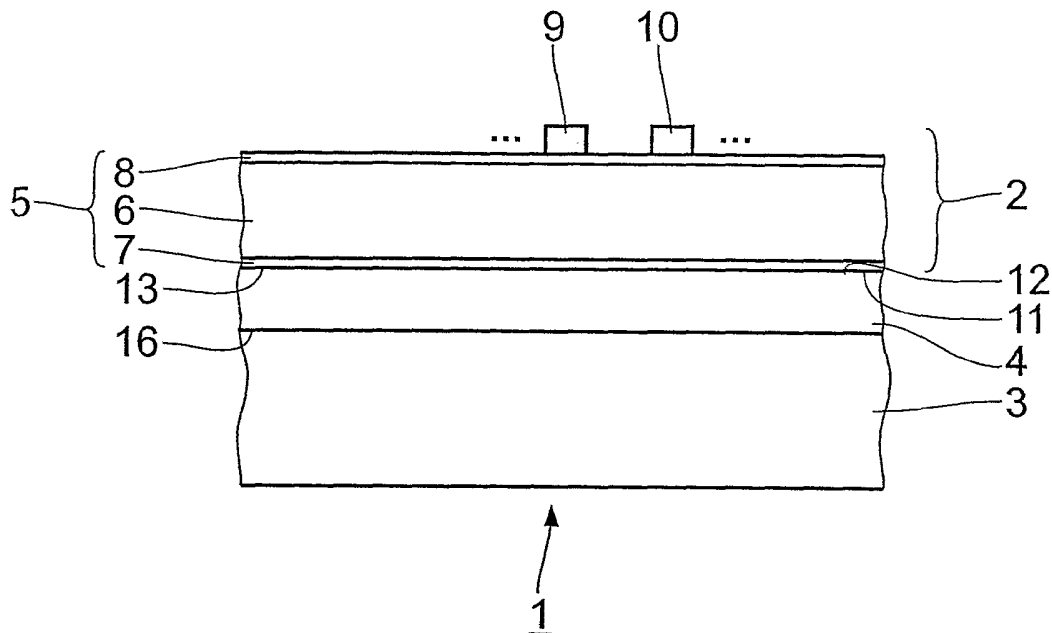
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BÄUMEL, Her-
mann** [DE/DE]; Angerstrasse 12, 92318 Neumarkt (DE).
STARKLAUF, Gerhard [DE/DE]; Hermann-Müller
Strasse 2, 91074 Herzogenaurach (DE). **GRAF, Werner**
[DE/DE]; Happurger Str. 108a, 90482 Nürnberg (DE).
ELIPE, Mustafa [DE/DE]; Am Schafbrünne 5, 81522
Ansbach (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ARRANGEMENT FOR COOLING AN ELECTRONIC UNIT AND PRODUCTION OF SUCH AN ARRANGEMENT

(54) Bezeichnung: ANORDNUNG ZUR KÜHLUNG EINER ELEKTRONIKEINHEIT SOWIE HERSTELLUNG EINER SOL-
CHEN ANORDNUNG



(57) Abstract: The arrangement (1) serves to cool an electronic unit (2), comprising a first thermal expansion coefficient on a surface (12) for heat extraction, a cooling body (3) with a second thermal expansion coefficient and at least one insert (4), embedded in the cooling body (3), with a third thermal expansion coefficient. A free surface (11) of the insert (4) is provided for the thermal and mechanical contact with the surface (12) of the electronic unit (2), provided for heat extraction. The value of the third thermal expansion coefficient lies between the values of the first and the second thermal expansion coefficients.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/109980 A1



TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL,

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die Anordnung (1) dient zur Kühlung einer Elektroneinheit (2), die an einer zur Wärmeabfuhr bestimmten Oberfläche (12) einen ersten Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist. Sie umfasst einen Kühlkörper (3) mit einem zweiten Wärmeausdehnungskoeffizienten und mindestens einen in den Kühlkörper (3) eingebetteten Einsatz (4) mit einem dritten Wärmeausdehnungskoeffizienten. Eine freie Oberfläche (11) des Einsatzes (4) ist zur thermischen und mechanischen Kontaktierung der zur Wärmeabfuhr bestimmten Oberfläche (12) der Elektroneinheit (2) bestimmt. Der Wert des dritten Wärmeausdehnungskoeffizienten liegt zwischen den Werten des ersten und des zweiten Wärmeausdehnungskoeffizienten.

Anordnung zur Kühlung einer Elektronikeinheit sowie Herstellung einer solchen Anordnung.

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Kühlung einer Elektronikeinheit
5 mittels eines Kühlkörpers. Außerdem betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer derartigen Anordnung.

In einer Elektronikeinheit, die beispielsweise als Leistungsmodul ausgebildet ist, entsteht Verlustwärme, die abgeführt werden muss, um eine thermische Zerstörung der Elektronikeinheit zu vermeiden. Die Elektronikeinheit
10 ist dabei insbesondere aus verschiedenen Teilkomponenten aufgebaut. Sie kann eine Leiterplatte aus einem beidseitig mit einer Kupfer-Beschichtung versehenen Trägermaterial sowie verschiedene auf der Leiterplatte angeordnete elektronische Bauelemente beinhalten. Die Wärmeableitung erfolgt
15 üblicherweise mittels eines Kühlkörpers, der auf einer den elektronischen Bauelementen abgewandten Seite der Leiterplatte angeordnet ist.

Bekannt ist eine Ausführungsform des Kühlkörpers mit thermisch nicht an die Elektronikeinheit angepasstem Material, wie z. B. einem Kupfer-
20 Material. Der in diesem Fall als Kupfer-Block ausgebildete Kühlkörper hat einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten (= Wärmeausdehnungskoeffizienten) in der Größenordnung von 17 ppm/°C. Demgegenüber liegt der thermische Ausdehnungskoeffizient der Elektronikeinheit zumindest im Kontaktbereich zu dem Kühlkörper in einer Größenordnung von etwa 8 bis
25 10 ppm/°C. Ein derartiger Kühlkörper ist somit relativ schlecht an die Elektronikeinheit angepasst, so dass es in der Gesamtanordnung bestehend aus Kühlkörper und Elektronikeinheit zu mechanischen Spannungen kommen kann. Im ungünstigsten Fall und insbesondere bei starken Lastwechseln, die mit starken Schwankungen der thermischen Verlustleistung und

- 2 -

damit der abzuführenden Wärme einhergehen, kann dies zu Beschädigungen der elektronischen Schaltung der Elektronikeinheit führen. Aufgrund der auftretenden mechanischen Spannungen kann es zur Rissbildung beispielsweise in Löt-Verbindungen der elektronischen Schaltung kommen.

5 Elektronische Bauelemente können sich dann von der Lötsschicht lösen.

Bekannt ist auch eine andere Ausführungsform des Kühlkörpers mit einem thermisch angepassten Material wie zum Beispiel einer Aluminiumnitrid (AlN)-Keramik, die im Wesentlichen einen der Elektronikeinheit vergleichbaren thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufweist. Allerdings ist
10 diese Lösung relativ kostenintensiv.

Bei diesen bekannten Ausführungsformen lassen sich außerdem bestimmte, eigentlich besonders gut geeignete Kühlungsarten, wie eine turbulente Umströmung rautenförmiger Kühlfinger durch ein flüssiges Kühlmedium, nicht
15 oder nur unter erschwerten Bedingungen realisieren. Da diese besonders effiziente Kühlung nicht zum Einsatz kommen kann, wird üblicherweise eine niedrigere Kühlmitteltemperatur vorgesehen. Folglich ist in einer Anwendungsumgebung mit einem bereits existierenden Kühlkreislauf gegebenenfalls dennoch ein zweiter, zusätzliche Kosten verursachender Kühlkreislauf
20 vorzusehen, insbesondere dann, wenn die Kühlmitteltemperatur des ersten Kühlkreislaufs zu hoch für eine Kühlung der Elektronikeinheit wäre. Eine derartige Konstellation ist insbesondere im Kraftfahrzeug-Bereich vorstellbar, da dort die Temperatur im ohnehin vorhandenen Motor-Kühlkreislauf
25 üblicherweise bei einem relativ hohen Wert von etwa 90°C, teilweise auch von bis zu 105°C liegt.

Die Aufgabe der Erfindung besteht nun darin, eine Anordnung zur Kühlung einer Elektronikeinheit anzugeben, die möglichst kostengünstig realisiert

- 3 -

werden kann. Weiterhin soll ein Verfahren zur Herstellung einer solchen Anordnung angegeben werden.

5 Diese Aufgabe wird gelöst anhand einer Anordnung entsprechend den Merkmalen des Anspruchs 1.

Die erfindungsgemäße Anordnung zur Kühlung einer Elektroneinheit, die zumindest an einer zur Wärmeabfuhr bestimmten Oberfläche einen ersten Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist, umfasst einen Kühlkörper mit
10 einem zweiten Wärmeausdehnungskoeffizienten und mindestens einen in den Kühlkörper eingebetteten Einsatz mit einem dritten Wärmeausdehnungskoeffizienten, wobei eine freie Oberfläche des Einsatzes zur mechanischen und thermischen Kontaktierung der zur Wärmeabfuhr bestimmten Oberfläche der Elektroneinheit bestimmt ist und der Wert des dritten
15 Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen den Werten des ersten und des zweiten Wärmeausdehnungskoeffizienten liegt.

Die Erfindung beruht dabei auf der Erkenntnis, dass durch eine stufenweise Anpassung der thermischen Ausdehnungskoeffizienten der zu kühlenden
20 Elektroneinheit und des Kühlkörpers die Entstehung der schädlichen mechanischen Spannungen zumindest erheblich reduziert werden kann. Die Stufenanpassung erfolgt vorzugsweise mittels des zusätzlichen Einsatzes, der an der Kontaktfläche zur Elektroneinheit in den Kühlkörper eingebettet ist.

25

Auch wenn das Material des Kühlkörpers thermisch nicht oder nur schlecht an die zu kühlende Elektroneinheit angepasst ist, ermöglicht der zusätzlich vorgesehene Einsatz dennoch eine einfache und zugleich kostengünstige thermische Anpassung. Durch den Einsatz werden die mechanischen

Spannungen, die sich ansonsten aufgrund der stark voneinander abweichenden thermischen Ausdehnungskoeffizienten ausbilden würden, vermieden. Die unterschiedlichen thermischen Ausdehnungen werden dann nämlich über einen größeren Bereich, der sich von der Grenzfläche der Elektronik-

5 einheit über den Einsatz bis zum Kühlkörper erstreckt, verteilt, so dass die insbesondere störenden hohen mechanischen Spannungen an der Grenzfläche zwischen der Elektroneinheit und dem Kühlkörper nicht auftreten.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Anordnung ergeben sich aus den vom

10 Anspruch 1 abhängigen Ansprüchen.

Günstig ist es, wenn der Kühlkörper aus einem Aluminium (Al)-Silizium (Si)-Material hergestellt ist. Insbesondere ein Silizium-Anteil mit einem auf das Gesamtgewicht bezogenen Gewichtsanteil von zwischen etwa 10,5 %

15 und 13,5 %, bevorzugt von etwa 12 % hat sich als vorteilhaft herausgestellt. Eine sehr kostengünstige Lösung ergibt sich, wenn das Silizium-Aluminium-Material des Kühlkörpers ein Gussmaterial, vorzugsweise ein Druckgussmaterial ist. Ein Beispiel für ein derartig bevorzugtes Druckguss-Material ist ein Aluminium-Silizium-Material, das unter der Bezeichnung

20 GD AlSi₁₂ geführt wird. Dieser genormten Gusslegierung können Zusatzmaterialien, wie Kupfer oder/und Eisen, mit jeweils unterschiedlichem Anteil beigemischt sein. Der thermische Ausdehnungskoeffizient des für den Kühlkörper eingesetzten Materials ist auch von diesen beigemischten Zusatzmaterialien abhängig und liegt typischerweise zwischen etwa 20

25 ppm/°C und 22 ppm/°C, bevorzugt bei etwa 21 ppm/°C.

Bevorzugt besteht auch der Einsatz aus einem Aluminium-Silizium-Material, dessen Silizium-Anteil vorzugsweise einen Gewichtsanteil von mindestens 35 %, vorzugsweise von etwa 35 bis 40 % aufweist. Das für den

Einsatz verwendete Aluminium-Silizium-Material ist insbesondere ein Strangmaterial, das durch eine spanende Bearbeitung in die für den Einsatz benötigte Form gebracht werden kann. Ein beispielsweise geeignetes derartiges Aluminium-Silizium-Strangmaterial ist unter der Handelsbezeichnung
5 DISPAL S 220 / S 225 bekannt.

Besonders gut lassen sich die unerwünscht hohen Überspannungen im Übergangsbereich Elektronikeinheit – Einsatz – Kühlkörper vermeiden, wenn der Kühlkörper und der Einsatz aus Materialien bestehen, die zumindest
10 teilweise identische Materialkomponenten aufweisen. Diese identischen Materialkomponenten können dabei im jeweiligen Material durchaus in unterschiedlicher Zusammensetzung vorhanden sein. Ein Beispiel hierfür ist ein Kühlkörper aus GD AlSi₁₂ und ein Einsatz aus DISPAL S 220 / S 225. In diesem Beispielfall sind dann Aluminium und Silizium die identi-
15 schen Materialkomponenten.

Vorzugsweise hat der Einsatz einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von etwa 12 ppm/°C. Berücksichtigt man den für die Elektronikeinheit üblicherweise zumindest an der Kontaktfläche zum Kühlkörper vorliegenden
20 thermischen Ausdehnungskoeffizienten von etwa 8 bis 10 ppm/°C, so ergibt sich innerhalb des Anordnungsaufbaus Elektronikeinheit – Einsatz – Kühlkörper eine besonders günstige stufenweise Anpassung der thermischen Ausdehnungskoeffizienten und damit auch der sich bei einer Temperaturänderung einstellenden mechanischen Ausdehnungen. Dadurch werden die
25 mechanischen Spannungen erheblich reduziert und die Lebensdauer der Anordnung auch bei stark schwankenden elektrischen Lastwechseln innerhalb der Elektronikeinheit verlängert.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist zwischen dem Kühlkörper und dem Einsatz eine mechanisch haftende und insbesondere auch thermisch leitfähige Verbindung vorgesehen. Diese verbessert die mechanische Stabilität des Anordnungsaufbaus und außerdem auch die thermische
5 Ableitung der in der Elektronikeinheit entstehenden Verlustleistung.

Günstig ist es insbesondere, wenn der niedrigste Wert aller vorkommenden thermischen Leitfähigkeiten innerhalb der zu kühlenden Elektronikeinheit selbst, beispielsweise in einem Halbleiter-Material eines elektronischen
10 Bauelements, auftritt. Verglichen mit diesem minimalen Wert innerhalb der Elektronikeinheit haben der Kühlkörper, der Einsatz, die Verbindung zwischen dem Kühlkörper und dem Einsatz sowie die Verbindung zwischen dem Einsatz und der Elektronikeinheit jeweils eine größere thermische Leitfähigkeit. Durch diese Maßnahme wird der Wärmeabtransport über den
15 Kühlkörper zusätzlich begünstigt.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, Verfahren zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Anordnung anzugeben, die auch zur Herstellung einer größeren Anzahl derartiger Anordnungen geeignet sind.
20

Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß gelöst durch die Verfahren nach den Ansprüchen 9 und 10.

Vorteilhafterweise wird die Anordnung bestehend aus dem Kühlkörper und
25 dem eingebetteten Einsatz mittels einer Gusstechnik oder auch eines Schweißverfahrens hergestellt. Bei dem zuerst genannten Verfahren wird der vorab hergestellte Einsatz umgossen. Besonders günstig ist hierbei ein Druckguss-Verfahren. Die Außenkontur des Kühlkörpers wird mittels des Guss-Verfahrens hergestellt. Die mechanisch haftende und thermisch leit-

- 7 -

fähige Verbindung zwischen dem Kühlkörper und dem Einsatz ergibt sich automatisch einerseits beim Umgießen mit dem flüssigen Material des Kühlkörpers und andererseits während des Erstarrvorgangs.

- 5 Bei der zweitgenannten Methode werden der Kühlkörper und der Einsatz jeweils vorab hergestellt, der Kühlkörper beispielsweise mittels eines Guss-Verfahrens und der Einsatz mittels einer spanenden Bearbeitung eines Strang-Materials. Die mechanisch haftende und leitfähige Verbindung zwischen beiden Komponenten wird dann im Anschluss mittels eines Schweiß-
- 10 verfahrens hergestellt. Besonders vorteilhaft ist hierbei der Einsatz eines Ultraschall-Schweißverfahrens, anhand dessen auch die voneinander verschiedenen Materialien des Kühlkörpers und des Einsatzes sehr gut, d. h. insbesondere form- und passschlüssig miteinander verbunden werden können. Durch die bei dieser Methode im Verbindungsbereich kurzfristig auf-
- 15 tretende, sehr hohe Hitzeenergie werden molekularische Bewegungen im Materialgefüge der beiden zu verbindenden Komponenten (Kühlkörper und Einsatz) erzeugt. Es kommt zu einem teilweisen Aufschmelzen und auch zu einer teilweisen Vermischung beider Materialien. Nach dem Abkühlvorgang liegt in dem Verbindungsbereich die erwünschte gute mechanisch haf-
- 20 tende und thermisch leitfähige Verbindung zwischen dem Kühlkörper und dem Einsatz vor. Eine diesbezüglich besonders gute Verbindung stellt sich dann ein, wenn der Kühlkörper und der Einsatz identische Materialkomponenten aufweisen. Diese Voraussetzung ist insbesondere bei einem aus dem Druckguss-Material GD AlSi₁₂ hergestellten Kühlkörper und einem aus
- 25 dem Strangmaterial DISPAL S 220 / S 225 hergestellten Einsatz erfüllt. Beide Materialien enthalten Aluminium und Silizium – wenn auch in unterschiedlichen Zusammensetzungen – als Materialkomponenten.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele werden nunmehr anhand der Zeichnung näher erläutert. Zur Verdeutlichung ist die Zeichnung nicht maßstäblich ausgeführt, und gewisse Aspekte sind nur schematisiert dargestellt. Im Einzelnen zeigen:

5

Fig. 1 eine Anordnung zur Kühlung einer Elektronikeinheit mit einem Kühlkörper und eingebettetem Einsatz,

10

Fig. 2 eine perspektivische Darstellung des Kühlkörpers von Fig. 1 und

Fig. 3 und 4 jeweils eine Schnittdarstellung des Verbunds aus Kühlkörper und Einsatz.

15 Einander entsprechende Teile sind in den Fig. 1 bis 4 mit denselben Bezugszeichen versehen.

In Fig. 1 ist eine Anordnung 1 zur Kühlung einer Elektronikeinheit 2 mittels eines Kühlkörpers 3 und eines in den Kühlkörper 3 eingebetteten Einsatzes
20 4 dargestellt.

Die Elektronikeinheit 2 ist beispielhaft als Leistungsmodul, wie es insbesondere im Kraftfahrzeug-Bereich oder auch im Automatisierungsbereich zum Einsatz kommen kann, ausgebildet. Sie setzt sich aus verschiedenen
25 Einzelkomponenten zusammen. Die Basis bildet eine Leiterplatte 5 mit einem Leiterplattenkern 6, der beidseitig mit elektrisch leitenden Beschichtungen 7 und 8 versehen ist. Der Leiterplattenkern 6 besteht vorzugsweise aus einem Keramik-Material, insbesondere aus einem Aluminiumoxid (Al_2O_3) oder einem Aluminiumnitrid (AlN). Für die Beschichtungen 7 und

- 8 ist ein Kupfer-Material, das sich insbesondere für das sogenannte DCB-Verfahren (= Direct Copper Bonding) eignet, vorgesehen. Das Kupfer ist beispielsweise mit einer Schichtdicke von etwa 300 µm aufgebracht. Auf der oberen Beschichtung 8 sind verschiedene elektronische Bauelemente 9 und 10 angeordnet. Hierbei kann es sich um passive (z. B. elektrische Widerstände, Spulen, Kondensatoren, ...) oder aktive (Halbleiterbauelemente wie Dioden, Transistoren, integrierte Schaltkreise, ...) Bauelemente in beliebiger elektrischer Zusammenschaltung handeln.
- 10 Die elektronischen Bauelemente sind in aller Regel verlustbehaftet, so dass während des elektrischen Betriebs Verlustleistung entsteht, die zu einer Erwärmung zunächst der elektronischen Bauelemente 9 und 10 und dann aber auch der gesamten Elektronikeinheit 2 führt. Um eine thermische Überlastung und damit eine Zerstörung der Elektronikeinheit 2 zu verhindern, wird
- 15 die thermische Verlustleistung über den in Fig. 1 nur schematisch dargestellten Kühlkörper 3 und den eingebetteten Einsatz 4 abgeführt. Hierzu ist der Verbundkörper aus Kühlkörper 3 und Einsatz 4 an einer Oberfläche 11 des Einsatzes 4 mit einer Oberfläche 12 der unteren Beschichtung 7 mechanisch und insbesondere auch thermisch leitfähig verbunden. Vorzugsweise
- 20 ist hierfür eine Löt-Verbindung 13 vorgesehen, die eine gute mechanische Haftung und auch eine gute thermische Leitfähigkeit aufweist. Eine besonders gute, d. h. vor allem auch lunkerfreie, Löt-Verbindung 13 erhält man mittels einer Vakuumlöttechnik.
- 25 Der Einsatz 4 ist als Zwischenglied zwischen der Elektronikeinheit 2 und dem eigentlichen Kühlkörper 3 zur stufenweisen Anpassung der thermischen Ausdehnungskoeffizienten und damit auch der sich bei einer Temperaturänderung einstellenden mechanischen Ausdehnungen vorgesehen.

Üblicherweise liegt der thermische Ausdehnungskoeffizient der Elektronik-
einheit 2 im Bereich der unteren Oberfläche 12 in der Größenordnung zwi-
schen 8 und 10 ppm/°C. Bei bekannten Lösungen zur Kühlung der Elektro-
nikeinheit 2 wird für den Kühlkörper 3 entweder ein thermisch nicht ange-
5 passtes Material mit abweichendem Wärmeausdehnungskoeffizienten (z.B.
ein Kupfer-Material) oder ein thermisch angepasstes Material mit ver-
gleichbarem Wärmeausdehnungskoeffizienten (z. B. ein Keramikmaterial
aus Aluminiumnitrid) verwendet. Im zuerst genannten Fall ist dann im Ver-
bindungsbereich zwischen der Elektronikeinheit 2 und dem Kühlkörper 3
10 mit sehr hohen mechanischen Spannungen zu rechnen, die zu einer vorzei-
tigen Schädigung der Elektronikeinheit 2 führen können. Um dies zu ver-
meiden, wird insbesondere der Kühlkreislauf und/oder die in Fig. 1 nicht
näher dargestellten Kühlfinger des Kühlkörpers 3 in besonderer Art und
Weise ausgestaltet. So wird beispielsweise bei Anwendungen im Kraftfahr-
15 zeug-Bereich neben dem ohnehin vorhandenen Motor-Kühlkreislauf, der
bei einer Kühlmitteltemperatur von etwa 90°C betrieben wird, ein zweiter
zusätzlicher Kühlkreislauf zur Kühlung der Elektronikeinheit 2 vorgesehen.
Dies bedeutet aber einen kostenintensiven Zusatzaufwand. Auch bei der
anderen bekannten Lösung, bei der ein thermisch angepasstes Material für
20 den Kühlkörper 3 zum Einsatz kommt, ergibt sich ein erheblicher finanziel-
ler Zusatzaufwand, der durch die hohen Materialkosten des speziellen
Kühlkörper-Materials verursacht wird. Insbesondere das in diesem Zusam-
menhang bevorzugt eingesetzte Aluminiumnitrid-Keramikmaterial ist mit
relativ hohen Kosten verbunden.

25

Um die vorstehend genannten kostenintensiven Maßnahmen zu vermeiden,
ist bei der Anordnung 1 gemäß Fig. 1 der Verbundkörper mit dem zwi-
schengeschalteten Einsatz 4 vorgesehen. Der Kühlkörper 3 besteht dabei
aus einem relativ preiswerten und auch leicht handhabbaren Material. Im

Ausführungsbeispiel ist dies ein Aluminium-Silizium-Material mit einem Silizium-Gewichtsanteil von etwa 12 %. Dieses Material kann mittels eines günstigen Druckguss-Verfahrens in die gewünschte Gestalt gebracht werden. Eine aufwändige Nachbearbeitung ist hierbei nicht erforderlich. Die

5 Materialkosten und die Kosten der Materialbearbeitung liegen somit für den Kühlkörper 3 in einem sehr preiswerten Rahmen.

Auch der Einsatz 4 besteht aus einem Aluminium-Silizium-Material, das im Ausführungsbeispiel einen Silizium-Gewichtsanteil von etwa 35 % auf-

10 weist, insbesondere aus DISPAL S 220 / S 225. DISPAL S 225 ist ein Handelsname des Unternehmens PEAK Werkstoff GmbH. Dieses Material lässt sich allerdings nicht mittels einer Gusstechnik bearbeiten. Vielmehr wird der Einsatz 4 mittels einer spanenden Bearbeitung eines Rohkörpers, der beispielsweise als Zugstrang-Körper vorliegt, hergestellt. Der aus diesem

15 Material hergestellte Einsatz 4 hat dann einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von etwa 12 ppm/°C und ermöglicht damit einen guten stufenweisen Übergang von dem Wärmeausdehnungskoeffizienten der Elektronikeinheit 2 (= 8 bis 10 ppm/°C) zu dem des Kühlkörpers 3, der etwa bei 21 ppm/°C liegt. Der Verbund aus dem Kühlkörper 3 und dem Einsatz 4 hat

20 dann an der Oberfläche 11 einen mittleren Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen etwa 13 ppm/°C und 14 ppm/°C. Die bei den bekannten Lösungen beschriebenen Probleme mit den mechanischen Überspannungen im Verbindungsbereich zwischen dem Kühlkörper 3 und der Elektronikeinheit 2 treten deshalb bei der Anordnung 1 gemäß Fig. 1 nicht auf.

25

Anhand der perspektivischen Darstellung von Fig. 2 wird deutlich, dass der Kühlkörper 3 den wesentlichen (Volumen-)Anteil der Verbundlösung ausmacht. Demgegenüber ist der (Volumen-)Anteil des zwischengeschalteten Einsatzes 4 deutlich geringer. Der Kühlkörper 3 bestimmt die Außenkontur

und enthält auch die üblichen Mittel zur Befestigung und Abdichtung. Der Schnittdarstellung von Fig. 3 ist außerdem zu entnehmen, dass auf der vom Einsatz 4 abgewandten Seite des Kühlkörpers 3 Kühlfinger 14 angeordnet sind, die im Beispiel eine rautenförmige Struktur aufweisen. Diese Struktur ist insbesondere bei Kraftfahrzeug-Anwendungen besonders vorteilhaft. Der Kühlkörper 3 enthält gemäß Darstellung von Fig. 2 Ausnehmungen 15, die jeweils zur Aufnahme eines Einsatzes 4 bestimmt sind. Die Ausführungsform nach Fig. 2 dient zur Kühlung von insgesamt drei gesonderten Elektroneinheiten 2. Deshalb sind drei Ausnehmungen 15 im Kühlkörper 3 angeordnet. Je nach Bedarf können jedoch auch mehr oder weniger Ausnehmungen 15 vorhanden sein.

Zwischen dem Einsatz 4 und dem Kühlkörper 3 besteht eine mechanisch haftende und auch thermisch leitende Verbindung 16, die auf unterschiedliche Art und Weise hergestellt werden kann. Bei einem ersten Verfahren werden der Kühlkörper 3 mittels einer Druckguss-Technik und der Einsatz 4 mittels der beschriebenen spanenden Bearbeitung eines Rohkörpers jeweils gesondert hergestellt, um anschließend mittels eines Ultraschall-Schweißverfahrens form- und passschlüssig miteinander verbunden zu werden. Während des Schweißvorgangs erfolgt im Verbindungsbereich ein Aufschmelzen der Materialien des Kühlkörpers 3 und des Einsatzes 4. Nach dem Wiedererstarren ergibt sich die Verbindung 16 als molekulare Verbindung oder als mechanische Verbindung in Form von Materialverzahnungen oder auch als Kombination beider Verbindungsarten.

25

Im Unterschied zum Ultraschall-Schweißverfahren, bei dem der vorab gefertigte Einsatz 4 in den ebenfalls vorab gefertigten Kühlkörper 3 platziert wird (siehe Fig. 3), wird bei dem zweiten Herstellungsverfahren nur der Einsatz 4 vorab mittels spanender Bearbeitung hergestellt. In einem nach-

folgenden Prozessschritt wird der Kühlkörper 3 mittels einer Druck-
Gusstechnik hergestellt, indem der Einsatz 4 umgossen wird. Zur Verbesse-
rung der mechanischen Stabilität enthält der Einsatz 4 bei diesem zweiten
Verfahren vorzugsweise, wie in Fig. 4 gezeigt, an seinen schmalen Randsei-
5 ten einen ringsum laufenden Vorsprung 17. Die Verbindung 16 ergibt sich
bei diesem zweiten Herstellungsverfahren automatisch im Zuge des Um-
gießens mit dem flüssigen Material des Kühlkörpers 3. Nach dem Erstarren
liegt dann eine Verbindung 16 vor, bei der an bis zu 55 %, vorzugsweise
sogar bis zu über 70 % der Grenzfläche zwischen dem Kühlkörper 3 und
10 dem Einsatz 4 eine intermolekulare Verbindung besteht. Dies gewährleistet
die genannte sehr gute thermische Leitfähigkeit der Verbindung 16.

Der besondere Vorteil der Verbundlösung aus Kühlkörper 3 und eingebette-
ten Einsatz 4 besteht darin, dass der hinsichtlich Material- und Bearbei-
15 tungskosten aufwändigere Einsatz 4 nur unmittelbar im Kontaktbereich zu
der zu kühlenden Elektronikeinheit 2 vorgesehen ist. Im Übrigen wird das
diesbezüglich deutlich günstigere Material des Kühlkörpers 3 verwendet.
Insgesamt ergibt sich eine sehr preiswerte Möglichkeit zur Kühlung der
Elektronikeinheit 2, wobei dennoch dank der thermo-mechanischen Anpas-
20 sung mittels des zwischengeschalteten Einsatzes 4 mechanische Überlas-
tungen in Form zu hoher mechanischer Spannungen im Verbindungsbereich
zwischen Elektronikeinheit 2 und Kühlkörper 3 zumindest weitgehend,
wenn nicht sogar komplett vermieden werden. Gerade bei einer Anwen-
dung im Kraftfahrzeug-Bereich kann deshalb die Anordnung 1 gemäß Fig.
25 1 auch mit dem ohnehin vorhandenen Motor-Kühlkreislauf betrieben wer-
den.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Kühlung einer Elektroneinheit (2), die zumindest an einer zur Wärmeabfuhr bestimmten Oberfläche (12) einen ersten Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist, umfassend:
 - einen Kühlkörper (3) mit einem zweiten Wärmeausdehnungskoeffizienten und
 - mindestens einen in den Kühlkörper (3) eingebetteten Einsatz (4) mit einem dritten Wärmeausdehnungskoeffizienten;wobei
 - eine freie Oberfläche (11) des Einsatzes (4) zur thermischen und mechanischen Kontaktierung der zur Wärmeabfuhr bestimmten Oberfläche (12) der Elektroneinheit (2) bestimmt ist und
 - der Wert des dritten Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen den Werten des ersten und des zweiten Wärmeausdehnungskoeffizienten liegt.
2. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kühlkörper (3) aus einem Material mit einem Aluminium-Anteil und einem Silizium-Anteil besteht, wobei der Gewichtsanteil des Silizium-Anteils insbesondere zwischen etwa 10,5 % und 13,5 %, vorzugsweise etwa 12 % beträgt.
3. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kühlkörper (3) aus einem Gussmaterial besteht.
4. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kühlkörper (3) einen thermischen Ausdeh-

nungskoeffizienten zwischen etwa 20 ppm/°C und 22 ppm/°C, bevorzugt von etwa 21 ppm/°C aufweist.

5. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einsatz (4) aus einem Material mit einem Aluminium-Anteil und einem Silizium-Anteil besteht, wobei der Gewichtsanteil des Silizium-Anteils insbesondere mindestens bei 35 %, vorzugsweise zwischen 35 % und 40 % liegt.
- 10 6. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einsatz (4) einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von etwa 12 ppm/°C aufweist.
- 15 7. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zwischen dem Kühlkörper (3) und dem Einsatz (4) eine haftende und insbesondere wärmeleitfähige Verbindung (16) besteht.
- 20 8. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmeleitfähigkeit des Kühlkörpers (3), des Einsatzes (4) sowie der Verbindungen zwischen dem Kühlkörper (3) und dem Einsatz (4) größer ist als die niedrigste Wärmeleitfähigkeit aller Teilkomponenten der Elektronikeinheit (2).
- 25 9. Verfahren zur Herstellung der Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Kühlkörper (3) mittels Gusstechnik hergestellt wird, wobei der zuvor hergestellte Einsatz (4) umgossen wird.

10. Verfahren zur Herstellung der Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kühlkörper (3) und der Einsatz (4) mittels einer Fügetechnik, insbesondere mittels einer Ultraschall-Schweißtechnik, miteinander verbunden werden.

1/2

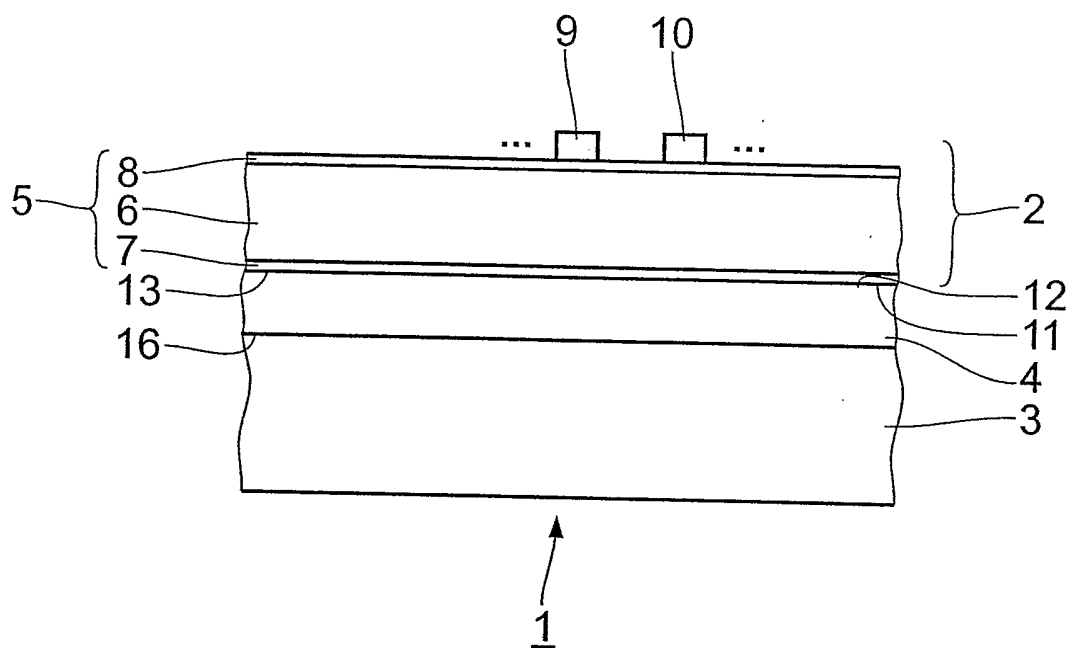


Fig. 1

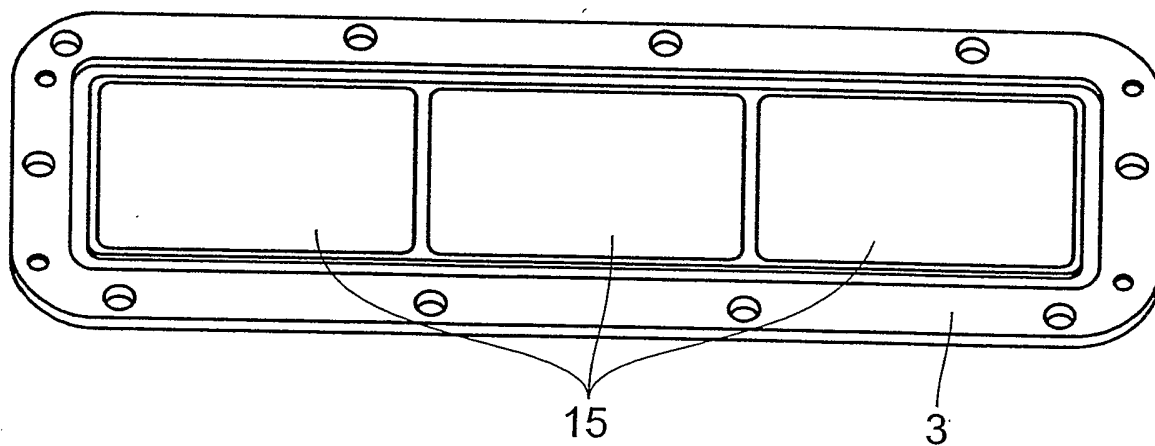


Fig. 2

2/2

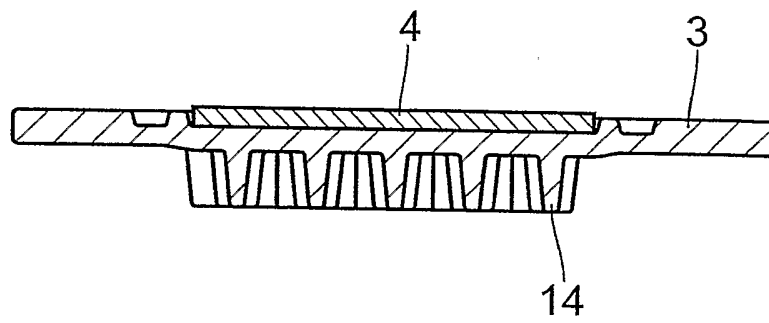


Fig. 3

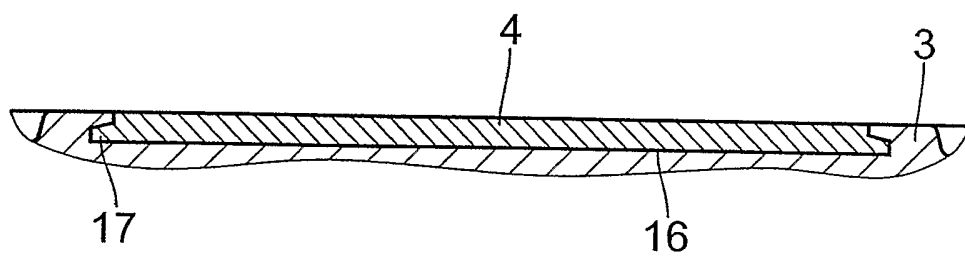


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2005/000546

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H05K7/20		
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) IPC 7 H05K		
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 practical, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2003/081385 A1 (MOCHIZUKI MASATAKA ET AL) 1 May 2003 (2003-05-01) paragraph '0020! - paragraph '0021! paragraph '0029! - paragraph '0034! figures 1-3	1, 2, 4, 5, 10
A	----- US 5 447 189 A (MCINTYRE ET AL) 5 September 1995 (1995-09-05) claim 1 figures 1-3 -----	3, 9
☐ Further documents are listed in the continuation of box C. ☒ Patent family members are listed in 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 document 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	Date of mailing of the international search report	
28 July 2005	17/08/2005	
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Miot, F	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/DE2005/000546

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2003081385	A1	01-05-2003	US 2004165354 A1	26-08-2004
US 5447189	A	05-09-1995	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2005/000546

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H05K7/20

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H05K

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^o	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2003/081385 A1 (MOCHIZUKI MASATAKA ET AL) 1. Mai 2003 (2003-05-01) Absatz '0020! - Absatz '0021! Absatz '0029! - Absatz '0034! Abbildungen 1-3	1,2,4,5, 10
A	US 5 447 189 A (MCINTYRE ET AL) 5. September 1995 (1995-09-05) Anspruch 1 Abbildungen 1-3	3,9

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

^o Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, 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 anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

28. Juli 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

17/08/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Miot, F

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2005/000546

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2003081385 A1	01-05-2003	US 2004165354 A1	26-08-2004
US 5447189 A	05-09-1995	KEINE	