

(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
22. Mai 2009 (22.05.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/062732 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 23/373 (2006.01)

HAHN, Hermann [DE/DE]; Lerchenstrasse 17, 40574
Düsseldorf (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/009651

(74) **Anwälte: PAUL, Dieter-Alfred** usw.; Hellersbergstrasse
18, 41460 Neuss (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. November 2008 (14.11.2008)

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, 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, KM, 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, PG,
PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,
ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
07022269.0 16. November 2007 (16.11.2007) EP

(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **IQ EVOLUTION GMBH** [DE/DE]; Jan-Wellem-
Platz 3, 40212 Düsseldorf (DE).

(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,

(72) **Erfinder; und**

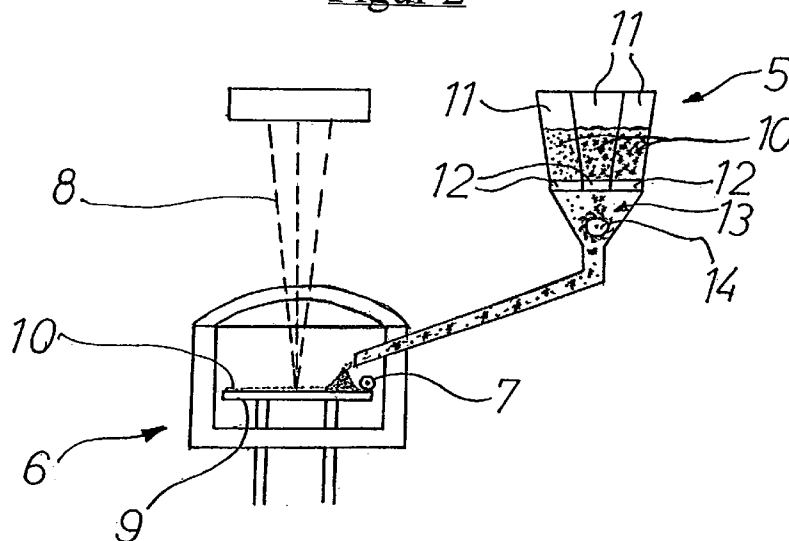
(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **EBERT, Thomas**
[DE/DE]; Roermonderstrasse 258a, 52072 Aachen (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** MULTICOMPONENT HEAT SINK

(54) **Bezeichnung:** MEHRKOMPONENTENKÜHLKÖRPER

Figur 2



(57) **Abstract:** The invention relates to a micro heat sink (1) having a mounting face (2) for a part that is to be cooled, particularly a semiconductor component whose interior contains a micro cooling structure (3) which is connected by means of connecting channels (4) to at least one intake opening (4a) and at least one drain opening (4b), via which a cooling medium can be supplied to and removed from the micro cooling structure (3), which is characterized in that it is formed from at least two different kinds of, pulverulent and/or liquid, in particular metal and/or ceramic, materials or material mixtures (10) while retaining a monolithic structure. The invention also relates to an apparatus and a method for producing a micro heat sink according to the invention.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/062732 A2



TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Mikrokühlkörper (1) mit einer Montagefläche (2) für ein zu kühlendes Bauteil, insbesondere ein Halbleiterbauelement, welcher im Inneren eine Mikrokühlstruktur (3) aufweist, die über Verbindungskanäle (4) mit mindestens einer Zulauföffnung (4a) und mindestens einer Ablauföffnung (4b) verbunden ist, über die der Mikrokühlstruktur (3) ein Kühlmedium zuführbar bzw. aus ihr abführbar ist, welcher dadurch gekennzeichnet ist, dass er aus mindestens zwei verschiedenartigen, pulverförmigen und/oder flüssigen insbesondere metallischen und/oder keramischen Werkstoffen oder Werkstoffgemischen (10) unter Beibehaltung einer monolithischen Struktur gebildet ist. Ferner betrifft die Erfindung eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Mikrokühlkörpers.

MEHRKOMPONENTENKÜHLKÖRPER**BESCHREIBUNG**

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Mikrokühlkörper mit einer Montagefläche für ein zu kühlendes Bauteil, insbesondere ein Halbleiterbauelement, welches im Inneren eine Mikrokühlstruktur aufweist, die über Verbindungskanäle mit mindestens einer Zulauföffnung und mindestens einer Ablauföffnung verbunden ist, über die der Mikrokühlstruktur ein Kühlmedium zuführbar bzw. aus ihr abführbar ist. Ferner betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Herstellung eines solchen Mikrokühlkörpers.

Mikrokühlkörper der oben genannten Art sind bekannt und beispielsweise in der EP 1 672 690 beschrieben. Ziel des in dieser Druckschrift beschriebenen Mikrokühlkörpers ist es, eine verbesserte Wärmeabfuhr im Bereich der Montageflächen für elektronische Bauteile zu erreichen. Zur homogenen Wärmeverteilung sollte eine Möglichkeit gefunden werden, die Mindestaußenwandstärken im Bereich der Montagefläche des zu kühlenden Bauteils zu verringern ohne Einbußen bezüglich der Sicherheit gegen Leckage hinnehmen zu müssen. Dies wird ermöglicht, indem der Kühlkörper mittels des selektiven Laserschmelzens hergestellt wird, und so eine monolitische Struktur aufweist, die gegenüber den schichtförmig aufgebauten Mikrokühlkörpern den Vorteil hat, dass bei Verringerung der Wandstärken die befürchteten Dichtigkeitsprobleme aufgrund von Fugen

zwischen dem miteinander zu verschweißenden Schichten verringert sind. Ein weiterer Vorteil der Verwendung des selektiven Laserschmelzens bei der Herstellung des Kühlkörpers gemäß dem Stand der Technik besteht darin, dass mit diesem Verfahren auch komplexe Innenstrukturen beispielsweise in Form von ovalen Kanalquerschnitten innerhalb des Kühlkörpers hergestellt werden können.

Zur Realisierung bestimmter Eigenschaften des zu fertigenden Bauteils muss allerdings unter Abwägung der Vor- und Nachteile der einzelnen Werkstoffe eine Entscheidung bezüglich des zu verwendenden Materialpulvers erfolgen. Die Auswahl ist im bekannten Stand der Technik auf einen spezifischen Werkstoff oder eine entsprechende Werkstofflegierung zur Herstellung des gesamten Bauteils beschränkt. Dies erfordert eine Abschätzung, welche Materialeigenschaft für den Verwendungszweck des herzustellenden Bauteils entscheidend ist und bezüglich welcher Parameter aufgrund dessen Einschränkungen in Kauf genommen werden müssen. Die Auswahl nur eines Werkstoffes stellt somit grundsätzlich einen Kompromiss zwischen den innerhalb des Bauteils auch erheblich unterschiedlichen Anforderungen dar. Als Beispiel sei dazu ausgeführt, dass ein Mikrokühlkörper im Bereich des Durchflusses des Kühlmediums erosionsbeständige Eigenschaften haben sollte, im Bereich seiner äußeren Begrenzung hingegen eine extrem hohe mechanische Stabilität, im Bereich der Montagefläche für das zu kühlende Bauteil eine gute Wärmeleitfähigkeit und einen möglichst angepassten Ausdehnungskoeffizienten und

eine Beständigkeit gegen Elektrokorrosion. Da kein Werkstoff oder Werkstofflegierung all diese Eigenschaften vereint, muss im Stand der Technik unter anderem auch aufgrund der durch den Abnehmer aufgezeigten Anforderungen entschieden werden, ob zugunsten der Kühlfähigkeit und der Erosionsbeständigkeit die Ausdehnungsanpassung an das zu kühlende Bauteil und die Beständigkeit gegen Elektrokorrosion in den Hintergrund gestellt werden soll oder umgekehrt.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Mikrokühlkörper bereitzustellen, der an die sich innerhalb des Bauteils wechselnden Anforderungen anpassbar ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Mikrokühlkörper aus mindestens zwei verschiedenartigen pulverförmigen und/oder flüssigen, insbesondere metallischen und/oder keramischen Werkstoffen oder Werkstoffgemischen unter Beibehaltung einer monolitischen Struktur gebildet ist. Monolitisch im Sinne der Erfindung ist ein aus einem Stück bestehendes fugenloses zusammenhängendes Bauteil mit einer möglichst ununterbrochenen Gefügestruktur.

Mit anderen Worten basiert die Erfindung auf dem Grundgedanken, dass in Bereichen des Mikrokühlkörpers, in denen eine gute Wärmeleitfähigkeit, ein angepasster Ausdehnungskoeffizient und eine Beständigkeit gegen Elektrokor-

rosion als prominente Werkstoffeigenschaften bewertet werden, ein pulverförmiger oder flüssiger Werkstoff bzw. ein Werkstoffgemisch zum Einsatz kommt und zum Schichtaufbau genutzt wird, welcher bzw. welches diese Werkstoffeigenschaften aufweist, wohingegen in Bereichen, in denen Erosionsbeständigkeit des Materials wesentlich ist, ein durch diese Eigenschaften gekennzeichnete(r) Werkstoff als Grundlage für die Schichtbildung in diesem Bereich eingesetzt wird.

Gleichzeitig wird durch den schichtweisen Aufbau und die damit verbundene Beibehaltung einer monolitischen Struktur des Bauteils eine Fugenbildung zwischen den verschiedenen Werkstoffen vermieden, was mit einer Verringerung der Dichtigkeitsproblematik einhergeht, so dass auch in einem solchen Kühlkörper gegenüber den Wandstärken bekannter Kupferwärmesenken die benötigte Mindestaußenwandstärke des Mikrokühlkörpers stark verringert werden kann, Dies führt dazu, dass auch hier eine wesentlich größere Überdeckung zwischen dem Bereich, durch den ein Kühlmedium wie beispielsweise destilliertes Wasser fließt, und der Montagefläche des zu kühlenden Bauteils erreicht wird, was mit einem homogenen Wärmeaustausch und damit einer effektiveren Kühlung der elektronischen Bauelemente einhergeht.

Ein Weg, einen erfindungsgemäßen Mikrokühlkörper herzustellen, bietet das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines Bauteils durch schichtweisen Aufbau aus

mindestens zwei verschiedenartigen pulverförmigen und/oder flüssigen, insbesondere metallischen und/oder keramischen Werkstoffen, welches die Verfahrensschritte aufweist:

1. Einbringen eines Werkstoffes oder Werkstoffgemisches in einen Bearbeitungsbereich;
2. Verteilen des Werkstoffs auf dem Bearbeitungsbereich, insbesondere mittels einer Nivelliervorrichtung unter Bildung einer gleichmäßigen Schicht;
3. Bestrahlen des Bearbeitungsbereiches zur Aufschmelzung und Fixierung des Werkstoffes an der darunterliegenden Schicht;
4. Absenken des Bearbeitungsbereichs; und
5. Wiederholen der Schritte 1 bis 4.

Um nun die verschiedenen Bereiche entsprechend ihrer Beanspruchung aus unterschiedlichen Werkstoffen bzw. Werkstoffkombinationen ausbilden zu können, und dazu die verschiedenartigen Werkstoffe oder Werkstoffgemische dem Bearbeitungsbereich zuführen zu können, ist in dem erfindungsgemäßen Verfahren ein Speiser vorgesehen, welcher mehrere Materialkammern aufweist, die mit jeweils einem eine bestimmte Eigenschaft aufweisenden Werkstoff befüllbar und über eine Verbindungsleitung dem Bearbeitungsbereich zuführbar sind. Auslassseitig ist jede der Materialkammern jeweils eine Dosiereinheit zugeordnet, die es ermöglicht, ein Mischungsverhältnis und/oder eine Zufuhrmenge der verschiedenartigen Werkstoffe zu dem Bearbeitungsbereich einzustellen und insbesondere in einer nach-

gestalteten Mischkammer zu einem homogenen Gemisch zu vermengen. Dabei kann das Mischungsverhältnis der jeweiligen Werkstoffe in dem Werkstoffgemisch einen Wert zwischen 0 und 100% einnehmen, d.h. mit anderen Worten, dass zum einen die Zuführung verschiedener bereits vorgemischter Werkstoffe bzw. Werkstoffgemische über die Materialkammern möglich ist. Dazu können die Mischkammern mit Werkstoffgemischen mit abnehmendem Gewichtsanteil eines ersten Werkstoffes oder Werkstoffgemisches bei gleichzeitiger Zunahme des Gewichtsanteils eines zweiten Werkstoffes bestückt sein und nacheinander dem Bearbeitungsreich zugeführt werden, indem die Dosiereinheiten die Zuführung durch Öffnen der einzelnen Materialkammern ermöglichen. Zum anderen können aber auch verschiedenartige Werkstoffe zunächst über die Dosiereinheiten aus den Materialkammern herausgeleitet und anschließend durch Vermengung insbesondere in einer nachgeschalteten Mischkammer erst die für den Verfahrensschritt notwendige Zusammensetzung des Werkstoffgemisches erstellt werden. Natürlich ist es auch insbesondere bei miteinander kompatiblen Werkstoffen möglich, zuerst den einen Werkstoff in seiner reinen Form zuzuführen und zu verarbeiten und anschließend den zweiten Werkstoff in den Bearbeitungsbereich einzuführen und unmittelbar auf den erstarrten ersten Werkstoff aufzubauen, ohne eine verlaufende Übergangszone zwischen den Werkstoffen auszubilden. Die letzte Variante hat den Vorteil, dass es zum einen möglich ist, die Werkstoffe in ihrer reinen Form zu verwenden, so dass nach Beendigung der Bauteile in den Materialkammern zurückge-

bliebenes Material in seiner reinen Form entnommen und so wieder gelagert werden kann. Im Gegensatz zu Werkstoffgemischen sind die Werkstoffe in reiner Form flexibler wiederverwendbar. Zum anderen kann eine viel feinere Abstufung der Zusammensetzung getroffen werden, da nicht für jede Zusammensetzung eine separate Materialkammer im Speiser vorgesehen werden muss.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, zur Schaffung eines homogenen Übergangs zwischen zwei verschiedenartigen Werkstoffen das Mischungsverhältnis der zuzuführenden Materialien vor der Zufuhr in den Bearbeitungsbereich von Schichtauftrag zu Schichtauftrag stufenweise oder kontinuierlich zu verändern. Die stufenweise Veränderung des Schichtauftrages ermöglicht, eine Übergangszone zwischen den beiden verschiedenartigen Werkstoffen zu schaffen, ohne dazu zwingend die Werkstoffe in einer Mischkammer zu vermengen. Vielmehr ist es möglich, durch die Erstellung eines Materialgemisches vor der Durchführung des Verfahrens und ein entsprechendes Befüllen der Mischkammern in dem Speiser durch ein stufenweises Zuführen zunächst des ersten reinen Werkstoffs, dann des spezifischen Werkstoffgemisches und schließlich des zweiten reinen Werkstoffes eine homogene Übergangszone zu schaffen. Diese Vorgehensweise ist besonders bei Werkstoffen geeignet, die zumindest eine geringe Kompatibilität zueinander aufweisen.

Eine alternative Ausbildung der Übergangszone stellt eine kontinuierliche Veränderung des Mischungsverhältnisses der zuzuführenden Werkstoffe dar. Durch die kontinuierliche Mischung der Materialien wird ein noch homogenerer Übergang geschaffen, mit dem es möglich ist, auch Materialien welche sich nicht oder nur sehr schlecht direkt verbinden lassen, in einem Bauteil zu verwenden.

In einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, zur Verbindung zweier verschiedenartiger, insbesondere miteinander völlig inkompatibler Werkstoffe einen Vermittlerwerkstoff einzusetzen, der ebenfalls zur Bildung einer Übergangszone kontinuierlich oder aber auch stufenweise über den Speiser zugeführt werden kann. Stufenweise heißt hier, dass nach dem Auftrag des ersten Werkstoffes zunächst eine reine Schicht des Vermittlerwerkstoffes aufgetragen wird und anschließend der zweite Werkstoff auf den Vermittlerwerkstoff aufgetragen wird. Kontinuierlich bedeutet, dass auch hier eine Vermengung des Vermittlerwerkstoffes mit dem ersten Werkstoff erzeugt wird und anschließend der Anteil des ersten Werkstoffes in dem Stoffgemisch von Schicht zu Schicht abnimmt und in gleicher Weise der Anteil des zweiten mit dem ersten Werkstoff inkompatiblen Werkstoffes in dem Gemisch immer weiter zunimmt. Natürlich ist auch denkbar, direkt ein Gemisch aus Vermittlerwerkstoff, dem ersten und dem zweiten Werkstoff zu erzeugen und auf die letzte Schicht des ersten Werkstoffes aufzubringen und anschließend den zweiten Werkstoff di-

rekt auf die durch das Gemisch gebildete Schicht aufzubringen.

Wesentlich für eine homogene Ausbildung der Übergangszone ist eine genaue Dosierung der Mengenanteile der einzelnen Werkstoffkomponenten. Erfindungsgemäß wird für die Einstellung eines bestimmten Mischungsverhältnisses ein erfindungsgemäßer Speiser eingesetzt, der ein Gehäuse aufweist, in dem mindestens zwei Materialkammern ausgebildet sind, die mit jeweils einem Werkstoff oder einem Werkstoffgemisch befüllbar sind und denen auslassseitig jeweils eine Dosiereinheit zugeordnet ist. Über die Dosiereinheiten ist es möglich, ein Mischungsverhältnis und/oder die Zuführmenge der dem Bearbeitungsbereich zuzuführenden Werkstoffe oder Werkstoffgemische einzustellen. Um eine möglichst homogene Mischung zwischen den einzelnen Werkstoffen oder Werkstoffgemischen zu erhalten, schließt sich an dem erfindungsgemäßen Speiser auch in diesem Fall eine Mischkammer an.

Eine besonders genaue Einstellung eines vorgebbaren Mischungsverhältnisses kann erreicht werden, wenn die Dosiereinheiten des Speisers computergesteuert sind.

Der soeben beschriebene erfindungsgemäße Speiser kann entweder Teil einer Vorrichtung zur Herstellung eines Bauteils, insbesondere eines Mikrokühlkörpers durch schichtweisen Aufbau von mindestens zwei verschiedenartigen pulverförmigen und/oder flüssigen, insbesondere me-

tallischem und/oder keramischen Werkstoffen oder Werkstoffgemischen sein, oder aber auch in bereits bestehende Vorrichtungen zur Herstellung eines Mikrokühlkörpers aus nur einem Material nachgerüstet werden, so dass auch diese Vorrichtungen in der Lage sind Mehrkomponentenbauteile mittels des selektiven Laserschmelzens herzustellen.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Herstellung eines Bauteils, insbesondere eines Mikrokühlkörpers, durch schichtweisen Aufbau von mindestens zwei verschiedenartigen, pulverförmigen und/oder flüssigen, insbesondere metallischen und/oder keramischen Werkstoffen oder Werkstoffgemischen mit einer Bearbeitungskammer, in der ein Bearbeitungsraum ausgebildet ist, in dem die Werkstoffe oder Werkstoffgemische über mindestens einen Speiser einbringbar sind und mindestens einer Strahlungsquelle, deren Strahlung in den Bearbeitungsraum einkoppelbar ist, weist vorteilhafterweise ein Speiser mit mehreren Materialkammern auf, die mit jeweils einem Werkstoff oder Werkstoffgemisch befüllbar sind und denen auslassseitig jeweils eine Dosiereinheit zugeordnet ist, über die ein Mischungsverhältnis und/oder eine Zuführmenge der Werkstoffgemische zum Bearbeitungsraum einstellbar ist. Auch in dieser Vorrichtung kann den Dosiereinheiten zur homogenen Durchmischung des Werkstoffes oder des Werkstoffgemisches mindestens eine Mischkammer nachgeschaltet sein, wobei die Dosiereinheit zur genauen Einstellung eines vorgebbaren Mischungsverhältnisses auch computergesteuert sein können.

Um während des Verfahrens nicht bearbeiteten Werkstoff auch nach Abschluss der Herstellung des Bauteils bzw. Mikrokühlkörpers noch für weitere Bauteile verwenden zu können, sind in einem Ausführungsbeispiel der Erfindung in der Bearbeitungskammer Separierelemente vorgesehen, die derart in den Bearbeitungsraum platzierbar sind, dass sie bei einem Werkstoffwechsel und/oder einem Wechsel des Mischungsverhältnisses die Werkstoffe bzw. Werkstoffgemische voneinander trennen. Dazu können die zwischen die einzelnen Werkstoffe einzulegenden Separierelemente schablonenartig ausgebildet sein, um den zu bestrahlenden Bereich der Pulverschicht nicht unnötig zu verdecken.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist eine Absaugeinrichtung vorgesehen, um nicht verarbeitetes pulverförmiges Material, insbesondere vor einem Wechsel des zuzuführenden Werkstoffes zur Wiederverwendung aus dem Bearbeitungsraum zur Verhinderung einer Vermischung abzusaugen. Natürlich ist es auch möglich, die Absaugeinrichtung erst nach Fertigstellung des Bauteils zu verwenden, um die einzelnen durch die schablonenartigen Separiereinheiten voneinander getrennten Werkstoffe nacheinander abzusaugen.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass nach Fertigstellung des Bauteils das nicht verarbeitete Pulvermaterial zur Wiederverwendung über eine Aufbereitungseinheit dem Herstellungsprozess

wieder zugeführt werden kann. Dazu kann die Aufbereitungseinheit ein Sieb zur Aussortierung von verschmolzenem oder verklumptem Material aufweisen und eine Pulvertrenneinrichtung umfassen. Eine Pulvertrenneinrichtung kann beispielsweise eine einen Magnet enthaltene Anordnung sein. Dies ist sinnvoll, wenn beispielsweise einer der in dem Verfahren eingesetzten Werkstoffe magnetisch ist und der andere nicht. Eine alternative Trenneinrichtung stellt eine Blaseinrichtung dar, die zum Einsatz kommt, wenn Pulver mit sehr unterschiedlicher Dichte zum Einsatz kommen. Durch die Blaseinrichtung können die einzelnen Komponenten getrennt werden, indem das Pulver geringer Dichte aus dem Gemisch ausgeblasen wird.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen sowie der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der beiliegenden Zeichnung. In der Zeichnung zeigt:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines Mikrokühlkörpers gemäß der Erfindung;

Figur 2 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zur Herstellung eines Bauteils durch selektives Lasersintern.

Die Figur 1 zeigt schematisch einen erfindungsgemäßen Mikrokühlkörper, welcher sich grob in zwei Bereiche I und II aufteilen lässt.

Im Bereich I ist an der Oberseite des Mikrokühlkörpers 1 in seinem vorderen stirnseitigen Endbereich eine Montagefläche 2 für ein zu kühlendes Bauteil wie beispielsweise ein Halbleiterbauelement ausgebildet. Unterhalb der Montagefläche 2 ist in Inneren des Mikrokühlkörpers 1 eine Mikrokühlstruktur 3 angeordnet, die über Verbindungskanäle 4 mit im Bereich II befindlichen Zu- und Ablauföffnungen 4a, 4b einen Kühlkreislauf bildet, welcher zu Kühlzwecken mit einem Kühlmedium, wie beispielsweise deionisiertem Wasser, durchströmt werden kann. Im Bereich I, insbesondere im Bereich der Mikrokühlstruktur 3, steht die Forderung eines optimalen Wärmeaustauschs im Vordergrund. Dementsprechend ist in diesem Bereich ein möglichst erosionsfreier und ausdehnungsangepasster Werkstoff mit guten Kühleigenschaften wünschenswert. Ein Beispiel eines solchen Werkstoffs ist Chrom. Jedoch können auch Werkstoffe wie beispielsweise Nickel möglich. Werkstoffeigenschaften wie beispielsweise Stabilität spielen an dieser Stelle eine untergeordnete Rolle, da nur geringe mechanische Belastungen auftreten und sind hier daher vernachlässigbar.

Im Bereich II hingegen sind gerade im Bereich des Wassereinlasses und des Wasserauslasses die mechanischen Beanspruchungen sehr groß. Auch im Bereich der Zu- bzw. Abführung des Kühlwassers treten relativ hohe mechanische Belastungen auf. Daher ist es in diesem Bereich wünschenswert, einen Werkstoff mit großer Beständigkeit ge-

genüber Elektrokorrosion und mit sehr guter mechanischer Festigkeit wünschenswert. Diese Anforderungen werden beispielsweise durch Einsatz von Titan realisiert. Auch Werkstoffe wie beispielsweise Edelstahl sind hier einsetzbar. Die gegenüber dem Chrom schlechtere Wärmeleitfähigkeit und Ausdehnungsanpassung ist in diesem Bereich von untergeordneter Bedeutung, da dieser Bereich nicht am direkten Wärmeaustausch mit dem zu kühlenden Bauteil beteiligt ist.

Zwischen Bereich I und Bereich II ist ein Übergangsbereich Ü vorgesehen, in dem von Bereich I zu Bereich II gesehen das Mischungsverhältnis kontinuierlich derart verändert wird, daß der Chromgehalt abnimmt und der Titangehalt entsprechend zunimmt, je mehr man vom Bereich I in Richtung des Bereichs II wandert. Durch die kontinuierliche Mischung der beiden Materialien wird ein homogener Übergang geschaffen, mit dem es möglich ist, die Werkstoffe, die sich nur schlecht direkt verbinden lassen, miteinander zu verbinden. Bei Inkompatibilität bietet es sich ggf. an, eine sogenannte Vermittlerkomponente zwischen die Werkstoffe zwischenzuschalten.

Unterhalb des schematisch dargestellten Mikrokühlkörpers 1 ist zur Veranschaulichung die Veränderung des Chrom- und Titangehalts in den jeweiligen Bereichen des Kühlkörpers schematisch dargestellt. Als Ergebnis erhält man einen Kühlkörper, welcher im Bereich des Wärmeaustauschs erosionsfrei, ausdehnungsangepasst und mit guten Kühlei-

genschaften versehen ist. Im Bereich der Zuführung bzw. Abfuhr verfügt der Kühlkörper über eine hervorragende Beständigkeit gegenüber Elektrokorrosion und über sehr gute mechanische Festigkeit.

Der Mikrokühlkörper 1 wird wie bereits erwähnt vorliegend mittels des selektiven Laserschmelzens hergestellt. Bei diesem Verfahren wird das herzustellende Bauteil zunächst entlang der Z-Ebene des Bauteils virtuell in Schnitte zerlegt, und die sich daraus ergebenden CAD-Daten in X- und Y-Richtung werden in eine Steuereinheit eingegeben. Ferner wird das Bauteil dahingehend analysiert, in welchen Bereichen welche Eigenschaften zu priorisieren sind, um danach eine Werkstoffauswahl zu treffen. Der erfindungsgemäße Mikrokühlkörper 1 kann vorliegend in zwei Anforderungsbereiche aufgeteilt werden. Bereich I betrifft wie oben beschrieben den Teil des Kühlkörpers 1, für den der Abtransport der Wärme maßgeblich ist, da in diesem Bereich der zu kühlende Halbleiter montiert werden soll. Somit sind hier die wesentlichen zu fordernden Eigenschaften an den Werkstoff Wärmeleitfähigkeit, Ausdehnungsanpassung an das zu kühlende Bauelement und die Erosionsbeständigkeit. Elektrokorrosion und mechanische Beanspruchung spielen hier nur eine untergeordnete Rolle. Im Bereich II befinden sich die Anschlussstellen 4a, 4b für die Wasserversorgung. Da der Kühlkörper 1 auch Bestandteil der elektrischen Kontaktierung ist, liegt hier der Schwerpunkt auf mechanischer Stabilität und Beständigkeit gegen Elektrokorrosion. Anforderungen wie Wärme-

leitfähigkeit und Ausdehnungsanpassung sind hier untergeordnete Anforderungen an den Werkstoff.

Zum Aufbau des erfindungsgemäßen Mikrokühlkörpers 1 wird aufgrund der vorangegangenen Analyse zunächst zur Ausbildung des Bereichs I ein Werkstoff mit guter Wärmeleitfähigkeit und an das zu kühlende Bauteil angepassten Wärmeausdehnungskoeffizienten ausgewählt und über einen in Figur 2 gezeigten Speiser 5 in einen Bearbeitungsbereich einer Bearbeitungskammer 6 eingebracht und anschließend mittels einer Nivelliereinrichtung 7 frei von Bindemitteln und Flussmitteln mit einer vorgegebenen Schichthöhe, die einer Eindringtiefe eines in dem Verfahren eingesetzten Laserstrahls 8 entspricht, auf eine in Z-Richtung versenkbare Bodenplatte 9 der Bearbeitungskammer 6 verteilt. Unter Schutzgasatmosphäre wird der Laserstrahl 8 entsprechend der in die Steuereinheit eingegebenen CAD-Daten auf der Pulverschicht 10 verfahren, so dass das metallische Werkstoffpulver 10 lokal auf Schmelztemperatur erhitzt und an der jeweiligen Auftreffstelle des Laserstrahls 8 über seine gesamte Schichthöhe vollständig aufgeschmolzen wird. Anschließend wird die Bodenplatte 9 um einen Betrag abgesenkt, der der Schichtdicke des aufgeschmolzenen Metallpulvers 10 entspricht. Dann wird eine weitere Schicht aus dem metallischen Werkstoffpulver 10 auf die bereits vorhandene, mit Laserstrahlung behandelte Metallpulverschicht 10 aufgebracht, deren Schichtdicke wiederum der Eindringtiefe des Laserstrahls 8 entspricht.

Die Zufuhr des Werkstoffpulvers 10 erfolgt über den erfindungsgemäßen Speiser 5, in dem in diesem Ausführungsbeispiel drei Materialkammern 11 ausgebildet sind. Die eine Materialkammer 11 ist hier für Bestückung des Bereichs I mit Chrom Cr, die andere für Bereich II mit Titan Ti gefüllt, die dritte Materialkammer 11 ist mit einer Chrom-Titan-Mischung bestückt.

Auslassseitig sind die Materialkammern 11 jeweils mit einer Dosiereinheit 12 versehen, über die das Mischungsverhältnis und die Zuführmenge der einzelnen Werkstoffe 10 durch einfaches Öffnen und Schließen der auslassseitigen Öffnung in der Materialkammer 11 einstellbar sind, indem die Dosiereinheiten 12 zur Zuführung des Werkstoffs zu der Bearbeitungskammer 6 den Werkstoffauslass der Materialkammer 11 freigeben, wodurch sich das Werkstoffpulver 10 aufgrund von Schwerkraft aus den Materialkammern 11 so lange herausbewegt, bis die Dosiereinheiten 12 wieder schließen. Die Dosiereinheiten 12 sind in dieser Ausführungsform zur Einstellung eines vorgebbaren Mischungsverhältnisses computergesteuert, was eine sehr genaue Einstellung der Zusammensetzung des Werkstoffgemischs 10 zur Folge hat.

Um eine möglichst homogene Durchmischung des Werkstoffgemischs zu erhalten, ist hier eine Mischkammer 13 den dosiereinheiten 12 nachgeschaltet, in der das Probengemisch vor Zuführung zu der Prozesskammer noch einmal intensiv mittel einer Schnecke 14 durchmengt werden kann. Zur

Schaffung einer möglichst homogenen Übergangszone zwischen den beiden verschiedenartigen Werkstoffen zu schaffen, wird das Mischungsverhältnis der Werkstoffe Chrom und Titan vor der Zufuhr in den Bearbeitungsbereich in der Bearbeitungskammer 6 von Schichtauftrag zu Schichtauftrag stufenweise oder auch kontinuierlich verändert. Der Speiser 5 weist in diesem Ausführungsbeispiel eine weitere Materialkammer 11 auf, die in diesem Ausführungsbeispiel mit einem Chrom-Titan-Werkstoffgemisch bestückt ist, aber im Fall miteinander völlig inkompatibler Werkstoffe auch mit einer nicht dargestellten Vermittlerkomponente bestückt werden kann, die dann in dem Übergangsbereich zur Verbindung der Werkstoffe zwischengeschaltet werden kann. Es ist auch denkbar, die dritte Werkstoffkammer mit einem für die Übergangszone optimalen Werkstoffgemisch mit einem weiteren von Chrom und Titan unterschiedlichen Werkstoff zu befüllen, welches im Vorfeld außerhalb der Vorrichtung schon angefertigt werden kann. Dies ist dann vorteilhaft, wenn auch der Übergangsbereich ein konstantes Mischungsverhältnis fordert oder der Vermittlerwerkstoff nur einen sehr geringen Anteil in einem nur sehr kleinen Einsatzgebiet darstellt.

Zur Ausbildung des Werkstücks wird der Laserstrahl 8 nun in mehreren Spuren über den vorgegebenen Bereich der Werkstoffschichten 10 so geführt, dass jede folgende Spur des Laserstrahls die vorherige Spur zumindest teilweise überlappt. Durch die Überlappung wird die Schmelze des Pulvers 10 und die Schmelze der angrenzenden, bereits er-

starrten festen Kontur, die zuvor aufgeschmolzen wurde, und unter der nachträglich aufgetragenen Pulverschicht, zu einem gemeinsamen Schmelzbad aufgeschmolzen. Daraufhin geht das Schmelzbad eine schmelzmetallurgische Verbindung ein. Dadurch bildet sich nach der Erstarrung eine homogene Gitterstruktur mit hoher Festigkeit und Dichtigkeit und ohne Rillen oder sonstige Übergangsstellen aus.

Wurde auf diese Weise der Mikrokühlkörper 1 mit den zwei Hauptbereichen I, II vollständig aufgebaut, ist es anschließend lediglich notwendig, das in den inneren Strukturen zurückgebliebene Pulver zu entfernen. Dies kann beispielsweise mittels Druckluft erreicht werden oder indem der Mikrokühlkörper anschließend mit deionisiertem Wasser unter Druck durchspült wird.

Da mittels dieses Verfahrens die unterschiedlichsten metallischen Werkstoffpulver auch in Kombination bearbeitet werden können, ist neben der Kombination von metallischen Werkstoffen auch eine Kombination von metallischen und keramischen Werkstoffen denkbar. Auch die Verwendung von flüssigen metallischen oder keramischen Werkstoffen ggf. auch in Kombination mit pulverförmigen Werkstoffen, ist denkbar.

ANSPRÜCHE

1. Mikrokühlkörper (1) mit einer Montagefläche (2) für ein zu kühlendes Bauteil, insbesondere ein Halbleiterbauelement, welcher im Inneren eine Mikrokühlstruktur (3) aufweist, die über Verbindungskanäle (4) mit mindestens einer Zulauföffnung (4a) und mindestens einer Ablauföffnung (4b) verbunden ist, über die der Mikrokühlstruktur (3) ein Kühlmedium zuführbar bzw. aus ihr abführbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass er aus mindestens zwei verschiedenartigen, pulverförmigen und/oder flüssigen insbesondere metallischen und/oder keramischen Werkstoffen oder Werkstoffgemischen (10) unter Beibehaltung einer monolithischen Struktur gebildet ist, wobei verschieden beanspruchte Bereiche (I, II) des Mikrokühlkörpers (1) jeweils durch einen an die Beanspruchung angepassten pulverförmigen und/oder flüssigen, insbesondere metallischen und/oder keramischen Werkstoff oder ein Werkstoffgemisch (10) gebildet sind.

2. Mikrokühlkörper (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein erster vorwiegend thermisch beanspruchter Bereich (I) des Mikrokühlkörpers durch einen ersten thermisch leitfähigen pulverförmigen und/oder flüssigen, insbesondere metallischen und/oder keramischen Werkstoff oder ein Werkstoffgemisch (10) insbesondere Chrom oder Nickel gebildet ist und ein zweiter vorwiegend mechanisch beanspruchter Bereich (II) durch einen pulver-

förmigen und/oder flüssigen, insbesondere metallischen und/oder keramischen Werkstoff oder ein Werkstoffgemisch (10) mit hoher Festigkeit, insbesondere Titan gebildet ist.

3. Vorrichtung zur Herstellung eines Bauteils, insbesondere eines Mikrokühlkörpers (1) nach Anspruch 1 oder 2, durch schichtweisen Aufbau von mindestens zwei verschiedenartigen, pulverförmigen und/oder flüssigen, insbesondere metallischen und/oder keramischen Werkstoffen oder Werkstoffgemischen (10) mit

- einer Bearbeitungskammer (6), in der ein Bearbeitungsraum ausgebildet ist, in den die Werkstoffe oder Werkstoffgemische (10) über mindestens einen Speiser (5) einbringbar sind,
- mindestens einer Strahlungsquelle (8), deren Strahlung in den Bearbeitungsraum einkoppelbar ist,

dadurch gekennzeichnet, dass der Speiser (5) mehrere Materialkammern (11) aufweist, die mit jeweils einem Werkstoff oder Werkstoffgemisch (10) befüllbar sind und denen auslassseitig jeweils eine Dosiereinheit (12) zugeordnet ist, über die ein Mischungsverhältnis und/oder eine Zuführmenge der Werkstoffe oder Werkstoffgemische (10) zum Bearbeitungsraum einstellbar ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass den Dosiereinheiten (12) zur Durchmischung des Werkstoffes oder Werkstoffgemisches (10) mindestens eine Mischkammer (13) nachgeschaltet ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die ausgangsseitigen Dosiereinheiten (12) zur Einstellung eines vorgebbaren Mischungsverhältnisses computergesteuert sind.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Schaffung eines homogenen Übergangs zwischen zwei verschiedenartigen Werkstoffen oder Werkstoffgemischen (10) das Mischungsverhältnis der zuzuführenden Materialien vor der Zufuhr in den Bearbeitungsraum von Schichtauftrag zu Schichtauftrag stufenweise oder kontinuierlich veränderbar ist.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Bearbeitungskammer (6) Separierelemente vorgesehen sind, die derart in den Bearbeitungsraum platzierbar sind, dass sie bei einem Werkstoffwechsel und/oder einem Wechsel des Mischungsverhältnisses die Werkstoffe (10) voneinander trennen.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Absaugeinrichtung vorgesehen ist, um nicht verarbeiteten pulverförmigen

gen und/oder flüssigen Werkstoff (10) insbesondere vor einem Wechsel des zuzuführenden Werkstoffes zur Wiederverwendung aus dem Bearbeitungsraum abzusaugen.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 3 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Wiederverwendung des nicht verarbeiteten pulverförmigen und/oder flüssigen Werkstoffes (10) eine Aufbereitungseinheit vorgesehen ist, die ein Sieb und/oder eine Pulvertrenneinrichtung umfasst.

10. Speiser (5) zum Einsatz in einer Vorrichtung zur Herstellung eines Bauteils, insbesondere eines Mikrokühkörpers (1) nach Anspruch 1 oder 2, durch schichtweisen Aufbau von mindestens zwei verschiedenartigen, pulverförmigen und/oder flüssigen, insbesondere metallischen und/oder keramischen Werkstoffen oder Werkstoffgemischen (10) mit einem Gehäuse, in dem mindestens zwei Materialkammern (11) ausgebildet sind, die mit jeweils einem Werkstoff oder Werkstoffgemisch (10) befüllbar sind und denen auslassseitig jeweils eine Dosiereinheit (12) zugeordnet ist, über die ein Mischungsverhältnis und/oder die Zufuhrmenge der Werkstoffe oder Werkstoffgemische (10) in einer an die Dosiereinheiten (12) anschließenden Mischkammer (13) einstellbar ist.

11. Speiser (5) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dosiereinheiten (12) zur Einstellung eines vor-

gebbaren Mischungsverhältnisses der Werkstoffe oder Werkstoffgemische (10) computergesteuert sind.

12. Verfahren zur Herstellung eines Bauteils, insbesondere eines Mikrokühlkörpers (1) nach Anspruch 1 oder 2, durch schichtweisen Aufbau aus mindestens zwei verschiedenartigen pulverförmigen und/oder flüssigen, insbesondere metallischen und/oder keramischen Werkstoffen (10), enthaltend die Schritte:

- 1. Einbringen eines Werkstoffes oder Werkstoffgemisches (10) in eine Bearbeitungskammer (6);
- 2. Verteilen des Werkstoffes oder Werkstoffgemisches (10) auf einen Bearbeitungsbereich insbesondere mittels einer Nivelliervorrichtung () unter Bildung einer gleichmäßigen Schicht;
- 3. Bestrahlen des Bearbeitungsbereiches zur Aufschmelzung und Fixierung des Werkstoffes oder Werkstoffgemisches (10) an der darunter liegenden Schicht;
- 4. Absenken des Bearbeitungsbereichs; und
- 5. Wiederholen der Schritte 1 bis 4

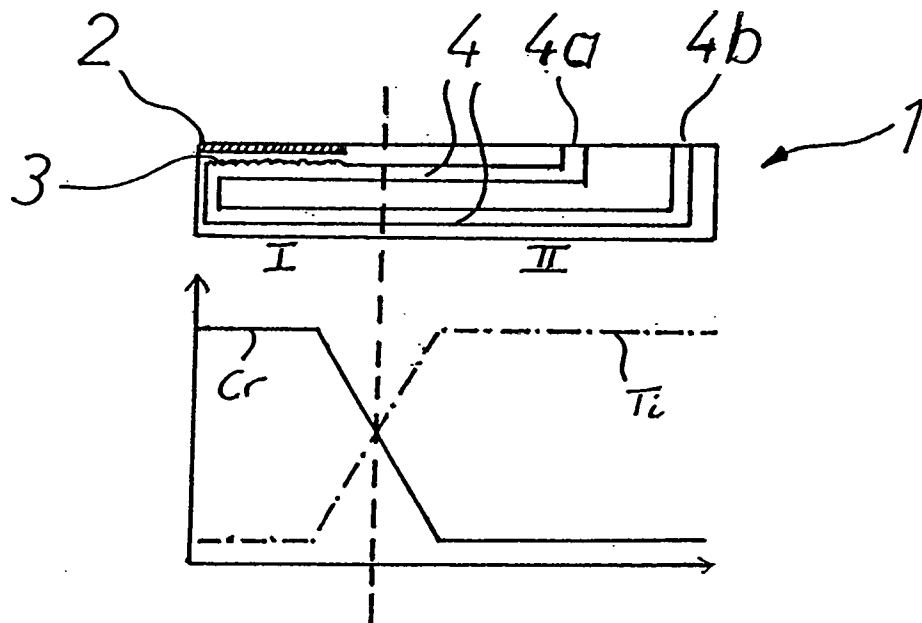
dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Einbringen des pulverförmigen und/oder flüssigen Werkstoffes oder Werkstoffgemisches (10) in den Bearbeitungsbereich über einen

Speiser (5), welcher mehrere Materialkammern (11) aufweist, die mit jeweils einem Werkstoff oder Werkstoffgemisch (10) befüllt sind und denen auslassseitig jeweils eine Dosiereinheit (12) zugeordnet ist, ein Mischungsverhältnis und/oder eine Zuführmenge der verschiedenartigen Werkstoffe oder Werkstoffgemische (10) eingestellt und insbesondere in einer Mischkammer (13) vermengt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Schaffung eines homogenen Übergangs zwischen zwei verschiedenartigen Werkstoffen oder Werkstoffgemischen (10) das Mischungsverhältnis der zuzuführenden Werkstoffe oder Werkstoffgemische (10) vor der Zufuhr in den Bearbeitungsbereich von Schichtauftrag zu Schichtauftrag stufenweise oder kontinuierlich verändert wird.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Verbindung zweier verschiedenartiger insbesondere miteinander inkompatibler Werkstoffe oder Werkstoffgemische (10) ein Vermittlerwerkstoff kontinuierlich oder stufenweise dem Bearbeitungsbereich zugeführt wird.

Figur 1



Figur 2

