

(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. April 2009 (30.04.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/052814 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 23/373 (2006.01) *H01L 23/473* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2008/001770
- (22) Internationales Anmeldedatum:
26. Oktober 2008 (26.10.2008)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2007 051 796.5
26. Oktober 2007 (26.10.2007) DE
- (71) Anmelder und
(72) Erfinder: LORENZEN, Dirk [DE/DE]; Bertolt-Brecht-Strasse 4, 07745 Jena (DE).
- (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, 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.

- (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, 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).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: COOLING DEVICE FOR SEMICONDUCTOR ELEMENTS, SEMICONDUCTOR COOLING ARRANGEMENT AND METHOD FOR PRODUCING THE SAME

(54) Bezeichnung: KÜHLVORRICHTUNG FÜR HALBLEITERBAUELEMENTE, HALBLEITER-KÜHLANORDNUNG UND VERFAHREN ZU DEREN HERSTELLUNG

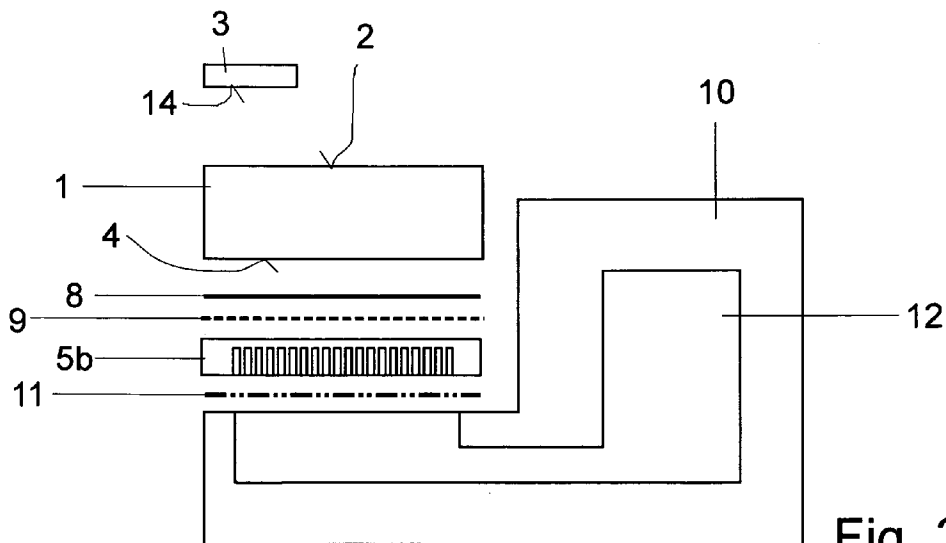


Fig. 3

(57) Abstract: The invention relates to a cooling device for semiconductor elements. The aim of the invention is to increase the effectiveness of the corrosion proofing and to increase the service life of the cooling device by reducing the corrodibility of the cooling channels while safeguarding the reliability of the device in relation to the semiconductor element. The invention is characterized in that a cooling channel structure which is interspaced from the assembly surface for the semiconductor element has cooling ribs that are integrally bonded to the heat-conducting zone and that mainly contain tantalum and/or niobium in at least one core zone.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/052814 A2



Veröffentlicht:

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

(57) Zusammenfassung: Bei einer Kühlvorrichtung für Halbleiterbauelemente besteht die Aufgabe, die Wirksamkeit des Korrosionsschutzes zu erhöhen und die Lebensdauer der Kühlvorrichtung durch eine verringerte Korrosionsanfälligkeit der Kühlkanäle zu verlängern und dabei die Zuverlässigkeitsaspekte für das Halbleiterbauelement zu berücksichtigen. Das wird dadurch erreicht, dass eine von der Montagefläche für das Halbleiterbauelement durch einen Wärmeleitbereich beabstandete Kühlkanalstruktur stoffschlüssig an den Wärmeleitbereich angebundene Kühlrippen aufweist, die zumindest in einem Kernbereich überwiegend Tantal und/oder Niob enthalten.

Kühlvorrichtung für Halbleiterbauelemente, Halbleiter-Kühlordnung und Verfahren zu deren Herstellung

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung 10 2007 051 796.5, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

5

Die Erfindung bezieht sich auf eine Kühlvorrichtung für Halbleiterbauelemente, Kühlvorrichtung für wenigstens ein in seinem Betrieb Wärme erzeugendes Halbleiterbauelement mit wenigstens einem, wenigstens eine Montagefläche zur stoffschlüssigen Befestigung wenigstens eines Halbleiterbauelementes aufweisenden, Wärmeleitbereich und wenigstens einer Kühlkanalstruktur, die
10 zumindest abschnittsweise auf einer der Montagefläche abgewandten Seite des Wärmeleitbereiches angeordnet ist und mit wenigstens einem Kühlmiteleinlass und wenigstens einem Kühlmittelauslass strömungstechnisch in Verbindung steht, wobei die Kühlkanalstruktur zumindest abschnittsweise stoffschlüssig an den Wärmeleitbereich angebundene und von dem Wärmeleitbereich wegstehende Kühlrippen aufweist.

15

Zur Kühlung von Halbleiterbauelementen mit - zu dieser Gruppe von Kühlvorrichtungen gehörigen - Mikrokanalwärmesenken wurden, ausgehend von Kühlrippen aus Silizium (D. B. Tuckerman, R. F. W. Pease: "High performance Heat Sinking for VLSI", IEEE Electron. Dev. Lett. 2 (5), 126-129 (1981)), zur Verbesserung der Kühlung mit fortschreitender Zeit Kühlrippenmaterialien mit höherer Wärmeleitfähigkeit
20 als Silizium vorgeschlagen: nämlich Kühlrippen aus Kupfer (V. Krause et al.: "Microchannel Coolers for high-power laser diodes in copper technology", Proc. SPIE 2148, 351-358 (1994)) und aus Diamant (K. E. Goodson et al.: "Improved Heat Sinking for Laser-Diode Arrays Using Microchannels in CVD Diamond", IEEE Trans. Comp. Hyb. Manuf. Tech. B 20 (1), 104-109 (1997)).

25 Es ist bekannt, dass Mikrokanalwärmesenken, die aus Kostengründen und wegen der geforderten hohen Wärmeleitfähigkeit in der Regel aus Kupfer bestehen, aus verschiedenen Gründen nicht korrosionsbeständig sind, insbesondere da Kupfer zum Beispiel gegenüber sauerstoffhaltigem Wasser als Kühlmittel korrosionsempfindlich ist und zwar umso mehr, je weiter der pH-Wert des Wassers von 9 abweicht.

30

In der JP 2003 273 441 A wird deshalb vorgeschlagen, die Innenwandoberfläche des Kühlkanals mit einer aus zwei Teilschichten bestehenden Schutzschicht zu versehen, die einen Kühlmittelkontakt der

Innenwandoberfläche verhindert. Eine erste Schicht, die Gold, Silber oder Legierungen dieser Edelmetalle als Hauptkomponenten enthält, steht als eigentliche Schutzschicht im Kontakt mit der Kühlflüssigkeit und eine zweite Schicht, die sich aus den Hauptkomponenten Ni, Mo, W oder Ti zusammensetzt, liegt als Diffusionsbarriere zwischen der ersten Schicht und der Innenwandoberfläche.

- 5 Nachteilig an dieser Lösung ist, dass die empfindliche Edelmetallschicht bei Verletzung ein Lokalelement mit der darunter liegenden zweiten Schicht bildet und diese anschließend durch Lochfraß aufgelöst werden kann.

Überdies ist generell die Aufbringung einer Korrosionsschutzschicht auf die besonders korrosionsempfindlichen Kühlrippen einer Kühlkanalstruktur aufgrund von materialtechnisch und/ oder
10 aufbautechnisch bedingten Prozessinkompatibilitäten sowie im Zusammenhang mit der Erreichbarkeit der Kühlrippen in der Kühlvorrichtung zur Beschichtung oftmals nicht in befriedigender Weise durchführbar oder gar unmöglich.

Es besteht deshalb die Aufgabe, die Wirksamkeit des Korrosionsschutzes zu erhöhen und die
15 Lebensdauer der Kühlvorrichtung durch eine verringerte Korrosionsanfälligkeit der Kühlkanäle zu verlängern, und dabei einen niedrigen thermischen Widerstand einer Halbleiter-Kühlordnung mit einer solchen Kühlvorrichtung und einem zu kühlenden Halbleiterbauelement und eine hohe die Zuverlässigkeit der Fügeverbindung zwischen der Kühlvorrichtung und dem Halbleiterbauelement sowie der des Halbleiterbauelementes selbst zu ermöglichen.

20

Diese Aufgabe wird bei einer Mikrokanalwärmesenke der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass jeweils wenigstens ein Kernbereich der Kühlrippen hinsichtlich Atom-, Gewichts- und/ oder Volumenanteilen überwiegend aus Tantal und/ oder Niob besteht.

- 25 Es ist aus den Pourbaix-Diagrammen bekannt, dass die einander chemisch sehr ähnlichen Refraktärmetalle Tantal und Niob die größte Korrosionsresistenz aller bekannten Nichteledmetalle insbesondere gegenüber wässrigen Kühlflüssigkeiten besitzen.

Damit sind – im Gegensatz zu der bekannten Lösung, korrosionsempfindliche Kühlrippen zu schützen – die Kühlrippen selbst korrosionsunempfindlich ausgeführt.

- 30 Zwar beträgt die Wärmeleitfähigkeit dieser Metalle gegenüber Kupfer nur ein siebentel (Kupfer 400 W/m/K, Tantal von 57 W/m/K), jedoch hat es hat sich gezeigt, dass der thermische Widerstand zweier Kühlrippenstrukturen unterschiedlicher Materialien, deren Wärmeleitfähigkeiten sich um einen Faktor x

unterscheiden, denselben thermischen Widerstand aufweisen, wenn sich die Rippenbreiten um den Faktor des Kehrwertes der Quadratwurzel aus diesem Faktor x voneinander unterscheiden.

Folgende Herleitung rechtfertigt diese Aussage:

- 5 Von den Seiten 49-50 der Dissertation von Dirk Lorenzen ("Methoden zur zuverlässigkeitsorientierten Optimierung der Aufbau- und Verbindungstechnik von Hochleistungs-Diodenlaserbarren", Technische Universität Berlin, 2003, ISBN 3-89574-502-2) ist bekannt, dass der thermische Widerstand R_{th} einer Kühlrippe der Höhe h , der Breite b , der Länge $L \gg b$ und der Wärmeleitfähigkeit λ_s des Kühlrippenmaterials bei thermisch isoliertem Rippenende

10

$$R_{th} = \frac{\coth(mh)}{\lambda_s mbL} \quad (\text{Gleichung 1})$$

mit

$$m = \sqrt{\frac{2\alpha}{\lambda_s b}} \quad (\text{Gleichung 2})$$

ist, wobei

15

$$\alpha = \frac{\text{Nu} \lambda_f}{d_h} \quad (\text{Gleichung 3})$$

der Wärmeübergangskoeffizient an den Kühlrippenflanken ist. In Gleichung 3 ist λ_f die Wärmeleitfähigkeit des Kühlfluids, d_h der hydraulische Durchmesser der mit der Kühlrippenstruktur assoziierten Kühlkanäle und Nu die Nusseltzahl der Strömung des Kühlfluids.

- 20 Die gegenüber einer ebenen Fläche A vergrößerte Wärmeübertragungsfläche einer aus dieser ebenen Fläche hervorstehenden Kühlrippe lässt sich durch einen effektiven Wärmeübergangskoeffizienten a_{eff} dieser Fläche beschreiben, so dass sich Gleichung 1 auch als

$$R_{th} = \frac{1}{a_{eff} A} \quad (\text{Gleichung 4})$$

formulieren lässt.

- 25 Nimmt man an, daß die Kanalbreite w gleich der Rippenbreite b ist, und kein Wärmeübergang an der Rippenbasis stattfindet, so ist die Wärmeeintragsfläche A in die Kühlkanalstruktur im Mittel $2bL$ und es ergibt sich mit Gleichung 1

- 4 -

$$\alpha_{eff} = \frac{\lambda_s m}{2} \tanh(mh). \quad (\text{Gleichung 5})$$

Sei nun die Strömung sei laminar und die Höhe der Kanäle h wesentlich größer als die Breite b : $h \gg b$. Dann ist $d_h = 2b$ und näherungsweise $Nu = 9$. Somit ist Gleichung 3 zu

5

$$\alpha = \frac{9 \lambda_f}{2 b} \quad (\text{Gleichung 6})$$

approximierbar und Gleichung 2 zu

$$m = \frac{3}{b} \sqrt{\frac{\lambda_f}{\lambda_s}}. \quad (\text{Gleichung 7})$$

- 10 Für das Kühlfluid Wasser ist nun $\lambda_f = 0,6 \text{ W/m/K}$. Die Tangenshyperbolicus-Funktion \tanh kann für Argumente größer als 1,5 näherungsweise gleich 1 gesetzt werden ($\tanh(1,5) = 0,91$). Nimmt man im Fall von Wasser an, dass $h = 5b$, trifft dies zu im Falle, dass $\lambda_s < 100 \lambda_f$ ist ($\lambda_s < 60 \text{ W/m/K}$). Für $\lambda_s > 400 \lambda_f$ ($\lambda_s > 240 \text{ W/m/K}$) ist dann vorauszusetzen, dass $h > 10b$ ist.

Unter diesen Einschränkungen gilt abschließend in einfacher Weise für Gleichung 5 die Näherung

15

$$\alpha_{eff} = \frac{3}{2b} \sqrt{\lambda_f \lambda_s}. \quad (\text{Gleichung 8})$$

Diese Funktion ist in Fig. 4 für das Kühlmedium Wasser als Funktion der Wärmeleitfähigkeit der Rippen λ_s mit verschiedenen Kanal-/ Rippenbreiten b als Parameter aufgetragen.

20

Demnach kann der thermische Widerstand von Kühlrippen aus Kupfer (Cu) mit einer Breite von ca. 0,3 mm durch Kühlrippen aus Tantal (Ta) mit einer Breite von 0,1 mm reproduziert werden (unterer Doppelpfeil in Fig. 4). Genauso kann der thermische Widerstand von Kühlrippen aus Kupfer (Cu) mit einer Breite von ca. 0,15 mm durch Kühlrippen aus Tantal (Ta) mit einer Breite von 0,05 mm reproduziert werden (oberer Doppelpfeil in Fig. 4) Das gleiche gilt für Kühlrippen aus dem etwas kostengünstigeren Niob (Nb).

25

Dabei ist die Form der Kühlrippen nicht auf eine bestimmte Geometrie beschränkt, wie sie beispielsweise durch die eingangs zitierten Publikationen nahe gelegt ist. Unter Kühlrippen werden im Sinne der

Erfindung alle Arten von, von dem Wärmeleitbereich ausgehenden Erhebungen, verstanden, die die Oberfläche an der Schnittstelle zwischen Wärmeleitbereich und Kühlmedium gegenüber einer ebenen Wärmeübergangsfläche vergrößern, insbesondere solche, deren Höhen, die durch den Abstand ihrer vom Wärmeleitbereich wegweisenden Enden (Kühlrippenende) vom Wärmeleitbereich (Kühlrippenbasis) definiert sind, größer sind als wenigstens eine ihrer lateralen Abmessungen senkrecht zur ihrer vom Wärmeleitbereich wegstehenden Erstreckung.

So können die Kühlrippen als Fäden, Dornen und Stäbe mit beliebigem, entlang der Erstreckungsrichtung konstanten oder variablen, Querschnittsprofil ausgebildet sein. Beispiele für solche Querschnittsprofile sind Rechtecke, Kreise, Quadrate, Kreuze, Dreiecke, Rhomben, Trapeze, Kugel- oder Zylinderschalenabschnitte und so weiter. Ebenso wenig ist die Ausprägung des Verlaufs einer Kühlrippe, beispielsweise eines Kühlsteges, beziehungsweise der Aneinanderreihung mehrerer Kühlrippenabschnitte parallel zu einer Anbindungsfläche an den Wärmeleitbereich festgelegt: Geradlinige sowie zickzack-, schlangenlinien-, U- oder sinusförmige und andere Verläufe sind geeignet, einen oder mehrere in Erstreckungsrichtung übereinander angeordnete Kühlkanäle oder Kühlkanalabschnitte zwischen den Kühlrippen oder ihren Abschnitte zu begrenzen, einzuschließen oder auszubilden. Die Kühlrippenenden können frei im für die Strömung des Kühlmediums vorgesehenen Raum liegen (freies Ende) oder in einen dem Wärmeleitbereich gegenüberliegenden Festkörperbereich der Kühlvorrichtung münden oder an diesen stoßen, wobei sie thermisch, vorzugsweise stoffschlüssig, an diesen Festkörperbereich angebunden sind (gebundenes Ende).

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Kühlrippen ein hohes Aspektverhältnis und der Bereich zwischen der Montagefläche und der Kühlkanalstruktur eine ausreichende Wärmespreizung aufweisen. Das kann dadurch erreicht werden, dass die Gesamthöhe der Kühlrippen zwischen Kühlrippenbasis und Kühlrippenende mindestens drei mal so groß ist wie die Kühlrippenbreite und geringer ist als die Dicke des Wärmesenkenbereiches zwischen der Montagefläche und der Kühlkanalstruktur. Insbesondere sollte die Kühlrippenbreite kleiner sein als 200 μm . Vorzugsweise liegt die Kühlrippenhöhe im Bereich von 100 μm bis 600 μm .

Vorteilhaft wirkt sich außerdem aus, dass Tantal und Niob thermische Ausdehnungskoeffizienten besitzen, die näherungsweise denen von Halbleiterbauelementen, insbesondere denen aus GaAs, entsprechen (Tantal: 6,3 ppm/K, Niob: 7,3 ppm/K), was sich thermomechanisch günstig auf temperaturabhängige Verbindungsverfahren, wie das Lötten oder Schweißen der Kühlrippenstruktur mit

einem wärmespreizenden Träger für das Halbleiterbauelement auswirkt, das einen ähnlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten wie das Halbleiterbauelement aufweist.

Die Erfindung erfüllt somit die wärmeleittechnischen und verbindungstechnischen Aspekte einer
5 qualitätsgerechten Konstruktion von Mikrokanalwärmesenken.

Mit der Befestigung des Halbleiterbauelementes an der dafür vorgesehenen Montagefläche der erfindungsgemäßen Kühlvorrichtung entsteht eine erfindungsgemäße Halbleiter-Kühlordnung, beispielsweise ein Diodenlaserbauelement in dem Fall, in dem das das im Betrieb Wärme erzeugende Halbleiterbauelement ein Laserdiodenelement ist.

10

Es ist unstrittig, dass Materialien mit höherer thermischer Leitfähigkeit als Tantal und Niob bei gleicher Kühlrippengeometrie eine bessere Wärmeabfuhr in der Kühlkanalstruktur erzielen als die erfindungsgemäße Lösung.

Aus diesem Grunde ist der durch den erfindungsgemäßen Wärmeleitbereich bedingte Abstand von der
15 Wärmequelle zu der Kühlkanalstruktur bei der erfindungsgemäßen Kühlordnung vorzugsweise größer als bei Kühlordnungen nach dem Stand der Technik, die mit Kühlrippen höherer Wärmeleitfähigkeit versehen sind.

In der erfindungsgemäßen Kühlordnung ist zwischen den Kühlrippen und dem Halbleiterbauelement
20 ein Wärmeleitbereich oder -körper vorhanden, der vorzugsweise eine höhere thermische Leitfähigkeit besitzt als die Kernbereiche der Kühlrippen oder die Kühlrippen selbst. Vorzugsweise erstreckt er sich in wenigstens einer zur Montagefläche parallelen Richtung über die Montagefläche hinaus und weist eine Dicke auf, die vorzugsweise wenigstens drei mal so groß ist wie die Höhe der Kühlrippen, um die von dem Halbleiterbauelement erzeugte Wärme über einen großen Kühlrippenbereich zu spreizen
25 beziehungsweise zu verteilen. Vorzugsweise besteht ein solcher Wärmespreizbereich oder -körper aus einem hoch wärmeleitfähigen Verbundwerkstoff, dessen thermischer Ausdehnungskoeffizient – ebenso wie derjenige von Tantal und Niob – näherungsweise dem des Halbleiterbauelementes – beispielsweise einem Laserdiodenelement auf Basis von GaAs – entspricht. Diese Anpassung der thermischen Ausdehnungskoeffizienten gestattet es, bei der Verwendung eines Wärmespreizkörpers sowohl die
30 Fügeverbindung zwischen Wärmespreizkörper und Halbleiterbauelement als auch die Fügeverbindung mit der Mikrokanalwärmesenke oder der Kühlrippenstruktur allein mit einem zuverlässigen hoch goldhaltigen Gold-Zinn-Lot herzustellen.

Zur vorteilhaften elektrischen Isolierung des Halbleiterbauelementes gegenüber dem Kühlmedium können die Montagefläche des Wärmeleitbereiches, eine die Kühlrippen aufweisender Kühlrippenkörper an einer dem Wärmeleitbereich zugewandten Anbindungsfläche und/ oder die Kühlrippen einschließlich ihrer Basis und ihrer Enden an den Oberflächen eine elektrisch isolierende Schicht tragen. Hinsichtlich der elektrischen Isolierung der Kühlrippen wird auf die deutsche Patentanmeldung 10 2007 051 797.3 verwiesen, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird. Insbesondere ist es vorteilhaft, Kühlrippen oder einen Kühlrippenkörper aus Tantal und/ oder Niob mit einer Tantaloxid- und/ oder Nioboxidschicht zu überziehen, beispielsweise durch Oxidation des Tantals und/ oder des Niob des Kühlrippenkörpers beziehungsweise der Kühlrippen.

Weitere zweckmäßige und vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Kühlvorrichtung und Halbleiter-Kühlordnung und deren Herstellung ergeben sich aus den Ausführungsbeispielen und den abhängigen Ansprüchen.

Die Erfindung soll nachstehend anhand der schematischen Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 einen Schnitt durch eine erste Ausführung einer erfindungsgemäßen Kühlvorrichtung,

Fig. 2 eine Kühlrippenstruktur,

Fig. 3 einen Schnitt durch eine zweite Ausführung einer erfindungsgemäßen Kühlvorrichtung und

Fig. 4 eine graphische Darstellung von Gleichung (8), die bereits erläutert wurde.

Ein Wärmespreizkörper 1 aus einem Silber-Diamant-Verbundwerkstoff besitzt eine Montagefläche 2 für ein zu kühlendes Halbleiterbauelement 3 und eine der Montagefläche 2 gegenüberliegende Anbindungsfläche 4 für eine Kühlrippenstruktur 5a. Die Kühlrippenstruktur 5a wird dadurch erzeugt, dass in ein 0,3 mm dickes Tantalblech durch Laserschneiden oder reaktives Ionenätzen 50 µm breite Mikronuten eingebracht werden, wobei ein die Mikronuten umgebender, unstrukturierter Randbereich 6 im Tantalblech bestehen bleibt.

In einer ersten Ausführung erstrecken sich die Mikronuten über die gesamte Dicke des Tantalbleches, so dass Langlöcher im Tantalblech mit 300 µm hohen Kühlrippen 7 gebildet werden.

In einer zweiten Ausführung enden die Mikronuten 50 µm, bevor sie die gegenüberliegende Seite des Tantalbleches öffnen, so dass 250 µm hohe Kühlrippen 7 entstehen.

Die Kühlrippenstruktur 5b besitzt eine parallel zur Blechoberfläche orientierte Kühlrippenbasisebene B, an welcher der Wärmeeintrag erfolgt sowie eine der Kühlrippenbasisebene B gegenüberliegende Ebene E, in der die Kühlrippen 7 enden und die mit Abschnitten der Blechoberfläche übereinstimmt (Fig. 2).

Die Kühlrippenstruktur 5b wird mit der in der basisseitigen Blechoberfläche enthaltenden Fügefläche 13 an der Anbindungsfläche 4 des Wärmespreizkörpers 1 vorzugsweise mit einem Lot 8 befestigt.

In einer dritten Ausführung wird auf der basisseitigen Blechoberfläche der Kühlrippenstruktur 5b gemäß der zweiten Ausführung eine elektrisch isolierende Schicht 9 aufgebracht, die anschließend lötfähig metallisiert wird, wobei die lötfähige Metallisierung die Fügefläche 13 aufweist.

Schließlich wird auf die an dem Wärmespreizkörper 1 befestigte Kühlrippenstruktur 5a/ 5b ein Anschlussbauteil 10 aufgesetzt, so dass die Kühlrippenstruktur 5a/ 5b verschlossen wird und sich eine Kühlkanalstruktur innerhalb einer Mikrokanalwärmesenke ausbildet. Zwischen dem Anschlussbauteil 10 und der Kühlrippenstruktur 5a/5b wird eine stoffschlüssige Verbindung hergestellt, wobei sich die Fügezone 11 im Bereich des unstrukturierten Randbereiches 6 des Tantalbleches befindet. Das Anschlussbauteil 10 ist bevorzugt eine Platte aus LTC(low-temperature cofired)-Keramik mit wenigstens einem Zulaufkanal 12 zur Zuführung eines Kühlmittels zu der Kühlkanalstruktur sowie wenigstens einem nicht dargestellten Ablaufkanal zur Abführung des Kühlmittels aus der Kühlkanalstruktur. Während der Zulaufkanal 12 mit einem Kühlmittelinlass in Verbindung steht, mündet der Ablaufkanal in einen Kühlmittelauslass (beide nicht dargestellt). Anschließend wird das Halbleiterbauelement 3 – beispielsweise ein Laserdiodenbarren - an der Montagefläche 2 der Mikrokanalwärmesenke mit Hilfe eines Lotes stoffschlüssig befestigt.

In einer zweiten Variante dieses Ausführungsbeispiels wird die Kühlrippenstruktur 5b aus Fig. 2 zunächst kühlrippenseitig mit dem Anschlussbauteil 10 verbunden, wodurch eine erfindungsgemäße Mikrokanalwärmesenke mit einer Fügefläche 13 hergestellt wird. Ein als Laserdiodenbarren

ausgebildetes Halbleiterbauelement 3 wird seitens seiner Kontaktfläche 14 stoffschlüssig über eine Lötfläche mit dem Wärmespreizkörper 1 verbunden. Anschließend wird der Wärmespreizkörper 1 seitens seiner dem Laserdiodenbarren gegenüberliegenden Anbindungsfläche 4 stoffschlüssig über eine Lötfläche mit der Fügefläche 13 der Mikrokanalwärmesenke verbunden.

Patentansprüche:

1. Kühlvorrichtung für wenigstens ein in seinem Betrieb Wärme erzeugendes Halbleiterbauelement mit
- wenigstens einem, wenigstens eine Montagefläche zur stoffschlüssigen Befestigung wenigstens
5 eines Halbleiterbauelementes aufweisenden, Wärmeleitbereich und
- wenigstens einer Kühlkanalstruktur, die zumindest abschnittsweise auf einer der Montagefläche
abgewandten Seite des Wärmeleitbereiches angeordnet ist und mit wenigstens einem
Kühlmitteleinlass und wenigstens einem Kühlmittelauslass strömungstechnisch in Verbindung steht,
wobei
10 die Kühlkanalstruktur zumindest abschnittsweise stoffschlüssig an den Wärmeleitbereich
angebundene und von dem Wärmeleitbereich wegstehende Kühlrippen aufweist,
dadurch gekennzeichnet, dass
jeweils wenigstens ein Kernbereich der Kühlrippen hinsichtlich Atom-, Gewichts- und/ oder
Volumenanteilen überwiegend aus Tantal und/ oder Niob besteht.
15
2. Kühlvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlrippen vollständig aus
wenigstens einem Material bestehen, das hinsichtlich Atom-, Gewichts- und/ oder Volumenanteilen
überwiegend Tantal und/oder Niob enthält.
- 20 3. Kühlvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass der
Kernbereich der Kühlrippen vollständig aus Tantal und/ oder Niob besteht.
4. Kühlvorrichtung nach Anspruch 3 dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlrippen vollständig aus
Tantal und/ oder Niob bestehen
25
5. Kühlvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die
Kühlrippenbreite kleiner ist als 200 μm und/ oder die Kühlrippenhöhe zwischen 100 μm und 600 μm
liegt.
- 30 6. Kühlvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass die
Kühlrippen Bestandteile eines Kühlrippenkörpers sind.

7. Kühlvorrichtung nach Anspruch 6 dadurch gekennzeichnet, dass der Kühlrippenkörper vollständig aus Tantal und/ oder Niob besteht.
8. Kühlvorrichtung nach Anspruch 6 oder 7 dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmeleitbereich
5 zumindest abschnittsweise Teil des Kühlrippenkörpers ist.
9. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7 dadurch gekennzeichnet, dass der Kühlrippenkörper über an eine Anbindungsfläche stoffschlüssig an den Wärmeleitbereich angebunden ist.
- 10
10. Kühlvorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Kühlrippenkörper wenigstens eine parallel und/ oder senkrecht zur Anbindungsfläche gerichtete Kühlrippenverbindungsplatte aufweist, über die die Kühlrippen miteinander verbunden sind.
- 15 11. Kühlvorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlrippen eine Kühlrippenhöhe von der Ausdehnung der Kühlrippen senkrecht zur Anbindungsfläche aufweisen, die mindestens drei mal so groß ist wie die Kühlrippenbreite der kleineren Ausdehnung einzelner Kühlrippen parallel zur Anbindungsfläche.
- 20 12. Kühlvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlrippen zumindest abschnittsweise in Projektion der Montagefläche senkrecht zur Montagefläche liegen und eine Kühlrippenhöhe von der Ausdehnung der Kühlrippen senkrecht zur Montagefläche aufweisen, die mindestens drei mal so groß ist wie die Kühlrippenbreite der kleineren Ausdehnung einzelner Kühlrippen parallel zur Montagefläche.
- 25
13. Kühlvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der zwischen der Montagefläche und der Kühlkanalstruktur liegende Wärmeleitbereich überwiegend aus einem Werkstoff besteht, dessen thermische Leitfähigkeit größer ist als die der Kernbereiche der Kühlrippen.
- 30
14. Kühlvorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlrippen zumindest abschnittsweise in Projektion der Montagefläche senkrecht zur Montagefläche liegen und der

Abstand der Montagefläche von den Kühlrippen mindestens drei mal so groß ist wie die Kühlrippenhöhe von der Ausdehnung der Kühlrippen senkrecht zur Montagefläche.

15. Kühlvorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass der zwischen der Montagefläche und der Kühlkanalstruktur liegende Wärmeleitbereich überwiegend aus einem Verbundwerkstoff besteht, dessen mittlerer thermischer Ausdehnungskoeffizient annähernd dem des Halbleiterbauelementes entspricht.
16. Kühlvorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass ein erstes Material des Verbundwerkstoffes wenigstens ein Metall der Gruppe Kupfer, Silber und Aluminium enthält und wenigstens ein zweites Material des Verbundwerkstoffes wenigstens einen Werkstoff der Gruppe Wolfram, Molybdän, Bornitrid, Aluminiumnitrid, Siliziumkarbid und Kohlenstoff.
17. Kühlvorrichtung nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Verbundwerkstoff wenigstens zwei der Materialien Silizium, Siliziumkarbid und Kohlenstoff enthält.
18. Kühlvorrichtung nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass Kohlenstoff wenigstens in einer der Modifikationen Diamant, Graphit, Graphen, Kohlenstofffaser und Kohlenstoffnanoröhrchen vorliegt.
19. Kühlvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlrippen an ihrer Oberfläche zumindest abschnittsweise eine elektrisch isolierende Schicht tragen.
20. Kühlvorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrisch isolierende Schicht Tantaloxid und/ oder Nioboxid aufweist oder aus Tantal und/ oder Nioboxid besteht.
21. Kühlvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Montagefläche und den Kühlrippen wenigstens eine elektrisch isolierende Schicht angeordnet ist, die das Halbleiterbauelement und die Kühlrippen elektrisch voneinander isoliert.
22. Kühlvorrichtung nach der Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlrippen Bestandteile eines Kühlrippenkörpers mit Kühlrippenverbindungsplatte sind, über die die Kühlrippen miteinander

verbunden sind, und die Kühlrippenverbindungsplatte die elektrisch isolierende Schicht auf einer der dem Montagefläche und/ oder dem Wärmeleitbereich zugewandten Seite trägt.

23. Halbleiter-Kühlordnung mit einer Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 22 und
5 wenigstens einem stoffschlüssig über die Montagefläche mit der Kühlvorrichtung verbundenen Halbleiterbauelement.
24. Halbleiter-Kühlordnung nach Anspruch 23 dadurch gekennzeichnet, dass die stoffschlüssige
10 Verbindung von Halbleiterbauelement und Kühlvorrichtung nur eine Fügezone zwischen dem Halbleiterbauelement und der Kühlvorrichtung aufweist.
25. Halbleiter-Kühlordnung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Fügezone die
Elemente Gold und Zinn enthält.
- 15 26. Verfahren zur Herstellung einer Kühlvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 22,
gekennzeichnet durch folgende Schritte:
- Herstellung eines Anschlussbauteils,
 - Herstellung eines Kühlrippenkörpers mit einer Kühlrippenstruktur, die Kühlrippen aufweist, die
jeweils wenigstens in einem Kernbereich hinsichtlich Atom-, Gewichts- und/ oder Volumenanteilen
20 überwiegend aus Tantal und/ oder Niob bestehen,
 - wobei der Kühlrippenkörper und das Anschlussbauteil gemeinsam wenigstens zwei Öffnungen
aufweisen,
 - Herstellung einer Mikrokanalwärmesenke durch stoffschlüssiges Verbinden des
Kühlrippenkörpers mit dem Anschlussbauteil, wobei die Kühlrippenstruktur durch das
25 Anschlussbauteil verdeckt und zu einer Kühlkanalstruktur ausgebildet wird, die in
strömungstechnischer Verbindung mit beiden Öffnungen steht, von denen eine erste als
Kühlmitteleinlass und eine zweite als Kühlmittelauslass wirkt.
- 30 27. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlrippenstruktur dadurch erzeugt
wird, dass eine Vielzahl von Mikronuten durch Laserschneiden oder reaktives Ionenätzen in eine
Platte, die im überwiegend aus Tantal und/oder Niob besteht, eingebracht werden.

28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass ein die Nuten umgebender, unstrukturierter Randbereich der Platte bestehen bleibt.
29. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Herstellung des
5 Kühlrippenkörpers die Verbindung der Kühlrippenstruktur mit einem Wärmeleitkörper beinhaltet, der die Montagefläche umfasst.
30. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiter-Kühlordnung nach einem der Ansprüche 23 bis 25, gekennzeichnet durch ein Verfahren zur Herstellung einer Kühlvorrichtung nach einem der
10 Ansprüche 26 bis 28 und die stoffschlüssige Verbindung des Halbleiterbauelementes mit der Kühlvorrichtung
31. Verfahren nach Anspruch 30 gekennzeichnet durch und folgende zusätzliche Schritte:
- Herstellen eines Wärmeleitkörpers,
 - 15 - stoffschlüssiges Verbinden des Halbleiterbauelementes mit dem Wärmeleitkörper,
 - stoffschlüssiges Verbinden des Wärmeleitkörpers mit der Mikrokanalwärmesenke.
32. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet dass die Reihenfolge der beiden
20 Verbindungsschritte beliebig ist.
33. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiter-Kühlordnung nach einem der Ansprüche 23 bis 25, gekennzeichnet durch ein Verfahren zur Herstellung einer Kühlvorrichtung nach Anspruch 29 und die stoffschlüssige Verbindung des Halbleiterbauelementes mit der Kühlvorrichtung, wobei der
25 Verbindung des Kühlrippenkörpers mit dem Anschlussbauteil die stoffschlüssigen Verbindung des Halbleiterbauelementes mit dem Kühlrippenkörper vorangeht.
34. Verfahren nach Anspruch 33 dadurch gekennzeichnet, dass der Verbindung der Kühlrippenstruktur mit dem Wärmeleitkörper die stoffschlüssige Befestigung des Halbleiterbauelementes an der
30 Montagefläche des Wärmeleitkörpers vorangeht.

35. Verfahren nach Anspruch 30 oder 33, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Herstellung der Mikrokanalwärmesenke die stoffschlüssige Befestigung des Halbleiterbauelementes auf der Montagefläche anschließt.

1 / 2

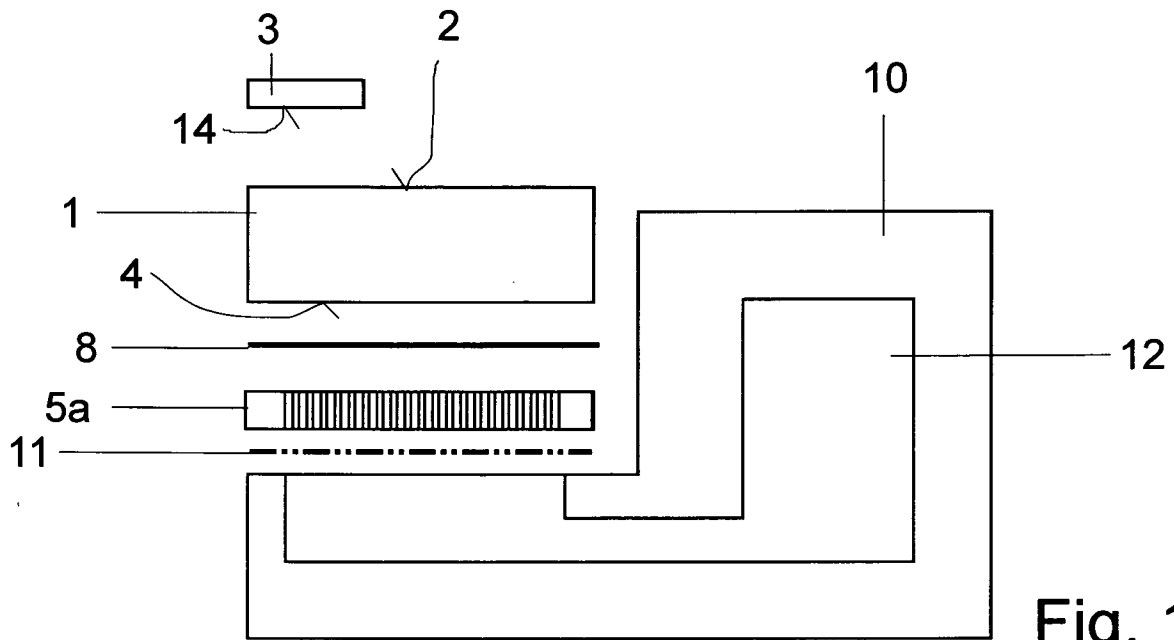


Fig. 1

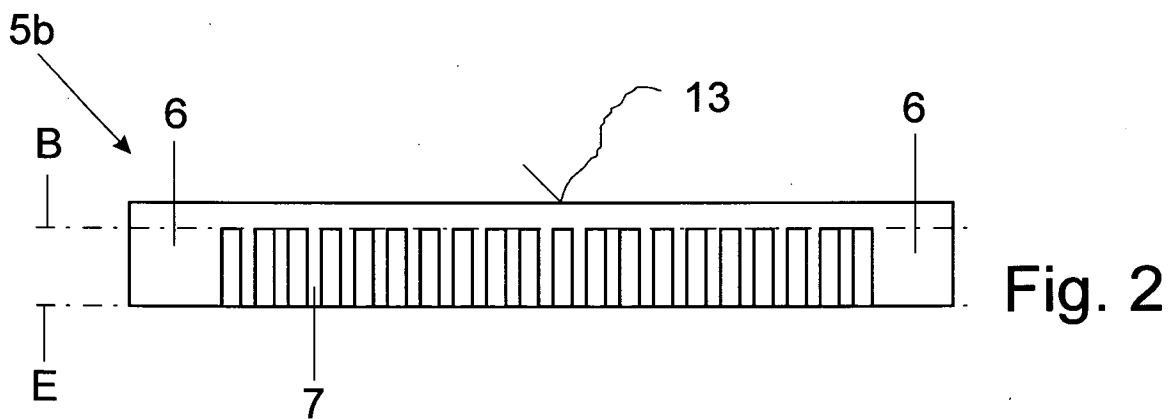


Fig. 2

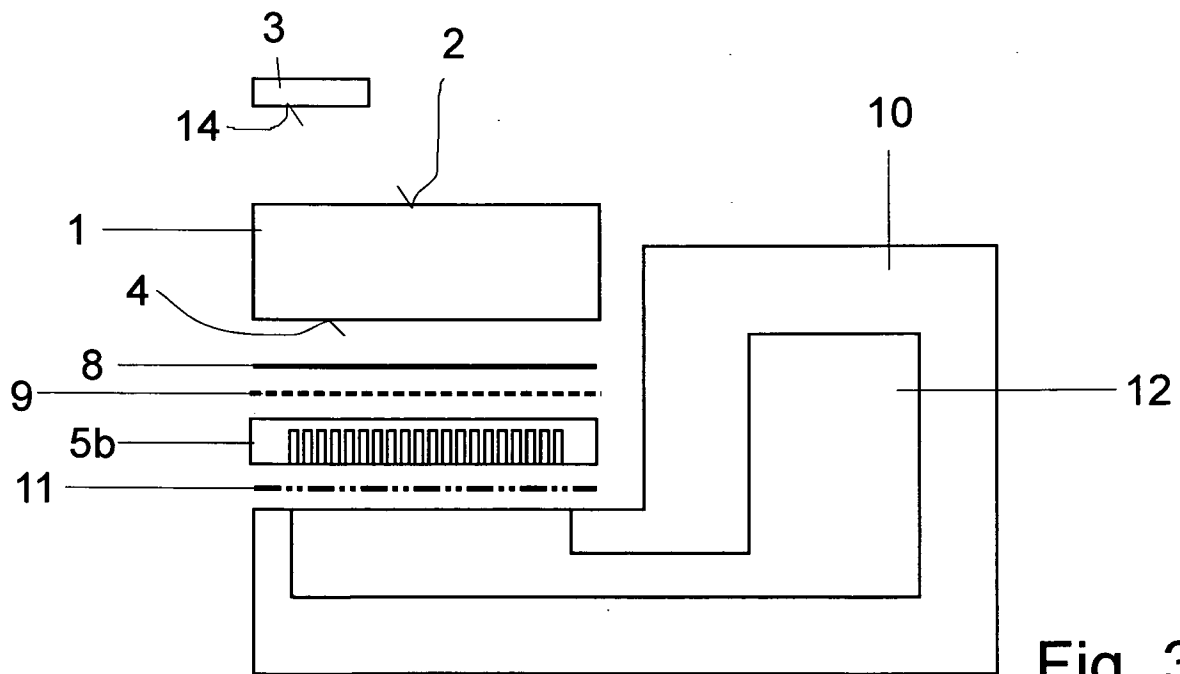


Fig. 3

Kühlmedium: Wasser

Kühlrippenbreite in mm: — 0,02 × 0,05 • 0,1 ◊ 0,2 - 0,5

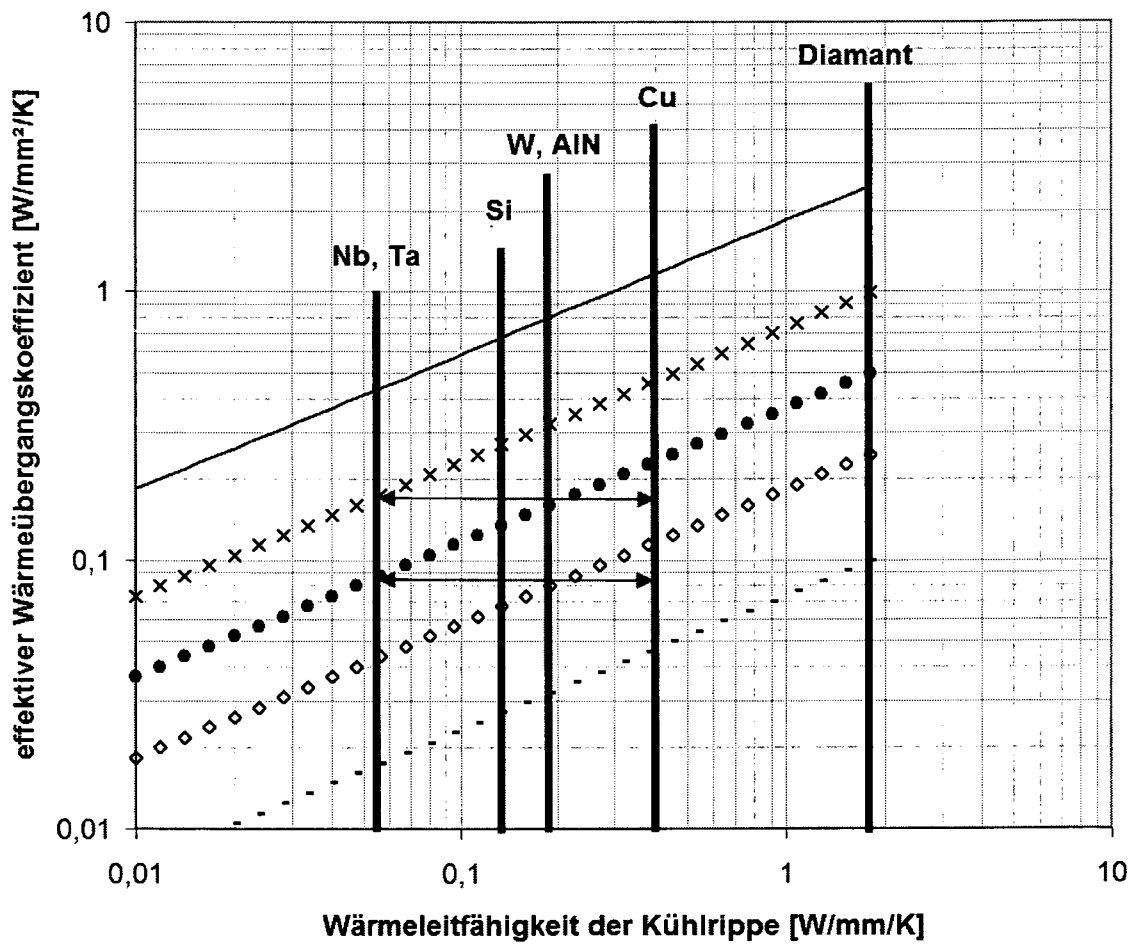


Fig. 4