



REPUBLIK  
ÖSTERREICH  
Patentamt

(10) Nummer: **AT 411 116 B**

(12)

# PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: A 1699/99  
(22) Anmeldetag: 05.10.1999  
(42) Beginn der Patentdauer: 15.02.2003  
(45) Ausgabetag: 25.09.2003

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: **H01L 23/473**  
H05K 7/20, 3/34, B23K 35/26

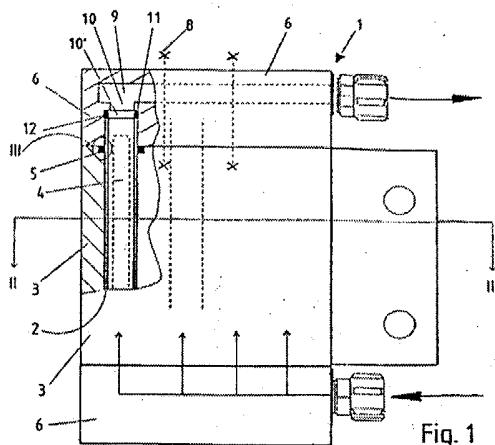
(56) Entgegenhaltungen:  
US 5636684A  
JP 6-182580A + WPI ABSTRACT  
EP 307638A JP 8-008330A US 5098656A  
US 4654275A

(73) Patentinhaber:  
SIEMENS AG ÖSTERREICH  
A-1210 WIEN (AT).

(72) Erfinder:  
LACHMANN WERNER ING.  
WIEN (AT).  
PICHORNER HEINZ  
WIEN (AT).  
REISCHER WILHELM ING.  
WIEN (AT).  
FASCHING MARTIN DIPLO.ING. DR.  
ALTLENGBACH, NIEDERÖSTERREICH (AT).

(54) KÜHLDOSE ZUR FLÜSSIGKEITSKÜHLUNG VON ELEKTRISCHEN BAUELEMENTEN

**B** (57) Die Erfindung betrifft eine Kühldose (1) zur Flüssigkeitskühlung von elektrischen Bauelementen, insbesondere von Halbleitern in Scheibenform, bei der eine Kühlflüssigkeit in Keramikröhren (2), vorzugsweise aus Aluminiumnitrid, gefüllt wird, die im wesentlichen über ihre gesamte Länge einen mit Bohrungen (16) zum Aufnehmen der Keramikröhren (2) versehenen gut wärme- und stromleitenden Metallblock (3) durchsetzen, wobei in die äußeren Oberflächen der Keramikröhren (2), zumindest in jene Bereiche, die innerhalb des Metallblocks (3) liegen, eine silberhältige Siebdruckpaste (13) eingebracht ist und die Keramikröhren (2) mit dem Metallblock (3) mittels eines Lotes aus Reinindium (15) verlötet sind.



Die Erfindung betrifft eine Kühdose zur Flüssigkeitskühlung von elektrischen Bauelementen insbesondere von Halbleitern in Scheibenform, bei der eine Kühlflüssigkeit in Keramikröhren, vorzugsweise aus Aluminiumnitrid, geführt wird, die im wesentlichen über ihre ganze Länge einen gut wärme- und stromleitenden Metallblock durchsetzen, der mit Bohrungen zum Aufnehmen der 5 Keramikröhren versehen ist.

Flüssigkeitskühlungen von elektrischen Bauelementen sind in einigen Ausführungen bekannt. Häufig wird als Kühlflüssigkeit Wasser, gegebenenfalls mit einem Zusatz von Frostschutzmittel, verwendet. Dies schließt die Verwendung anderer Flüssigkeiten wie z.B. Silikonöl etc. nicht aus. Die Kühlflüssigkeit wird dabei in Rohren durch ein Kühlelement geführt, dessen Oberfläche bei 10 einigen bekannten Ausführungsformen auch als Stromanschluss für die zu kühlenden, elektrischen Bauelemente dient, wobei der Flüssigkeitskreislauf von dem potentialbehafteten Stromanschluss getrennt ist.

In der US 5,636,684 A ist eine Kühdose der eingangs genannten Art beschrieben, in der in einem Kupferblock, der auch gleichzeitig als Stromkontakteierungsschiene für den zu kühlenden Halbleiter im Scheibengehäuse dient, Keramikröhren zum Transport der Kühlflüssigkeit und zur 15 Trennung der unterschiedlichen Potentiale von Kühlflüssigkeit und Kupferblock, eingegossen sind. Um bei Erwärmung der Vorrichtung einen Bruch der Keramikröhren aufgrund der unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Metallblockes und der Keramikröhren zu vermeiden, müssen die dabei auftretenden Wärmespannungen von dem Füllmaterial zwischen Keramikröhren 20 und Metallblock aufgenommen werden. Dies soll in der bekannten Ausführung durch die Wahl einer Blei-Zinn - Wismutlegierung als Füllmaterial erreicht werden. Die Keramikröhren können sich dadurch wie auf einem Gleitlager in Längsrichtung der Metallbohrungen in dem Kupferblock bewegen.

Ein Nachteil des bekannten Aufbaus besteht darin, dass der Wärmekontakt zwischen dem Kupferblock und den Keramikröhren relativ schlecht ist. Darüber hinaus haben die üblicherweise eingesetzten Wismutlegierungen schlechte Wärmeleiteigenschaften, was den gesamten thermischen Widerstand der Kühlvorrichtung zusätzlich vergrößern kann.

Aus anderen Gebieten der Elektro- und Halbleitertechnik ist die Verwendung von Indiumlegierungen zum Verlöten von Metall- und Keramikbauteilen bekannt geworden. Derartige Legierungen 30 werden in der US 5,098,656 A, der US 4,654,275 A der EP 0 307 638 A sowie in der JP 08-008330 A und der JP 06-182580 A beschrieben. Nachteilig an den bekannten Legierungen ist jedoch, dass sie als Lote zur Verbindung von Keramikröhren und einem sie umgebenden Metallblock bei einer Kühdose der eingangs genannten Art schlecht geeignet sind, da sie hinsichtlich der Duktilität und der Wärmeleitfähigkeit nicht die geforderten Eigenschaften aufweisen können.

Um die Oberfläche der Kühdose auf einer gleichmäßigen Temperatur zu halten, sind die Kühlflüssigkeit führenden Keramikröhren parallel zueinander angeordnet, wobei alle Röhren über eine normal zu den Röhrenenden verlaufende Leitung mit der Kühlflüssigkeit versorgt werden. Diese Anordnung bringt das Problem mit sich, dass der Druckabfall in den einzelnen Röhren von der ersten bis zur letzten Röhre unterschiedlich ist, was unterschiedliche Durchflussgeschwindigkeiten 35 zur Folge hat. Die Unterschiede in der Durchströmung der einzelnen Röhren verursachen eine Verschlechterung des gesamten thermischen Widerstandes. Um diesen unerwünschten Effekt zu vermeiden verwendet man in den Röhren Verwirbelungseinsätze, die einen konstanten und gleichen Druckabfall in allen Röhren bewirken sollen. Auch vermag eine turbulente Strömung Wärme 40 von einer Oberfläche, mit der sie in Kontakt steht, leichter abzutransportieren als eine laminare Strömung. Die üblicherweise dafür verwendeten spiralförmigen Einsätze aus Metall oder Kunststoff haben den Nachteil, dass sie sehr genau gearbeitet sein müssen und schwer herzustellen und dadurch sehr teuer sind.

Eine der Aufgaben der vorliegenden Erfindung ist es, einen möglichst guten Wärmeübergang zwischen den Keramikröhren und dem sie umgebenden Metallblock herzustellen sowie die mechanische Belastung der Keramikröhren, die aufgrund unterschiedlicher thermischer Ausdehnungskoeffizienten von Metall und Keramik entsteht, zu minimieren.

Diese Aufgabe wird mit einer Vorrichtung der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass in die äußeren Oberflächen der Keramikröhren, zumindest in jene Bereiche, die innerhalb des Metallblockes liegen, eine silberhaltige Siebdruckpaste eingebrannt ist und die Keramikröhren mit dem Metallblock mittels eines Lotes aus Reinindium verlötet sind.

Um einen gleichförmigen Druckabfall in den parallel angeordneten Keramikröhren, die von einer gemeinsamen Zuleitung mit Kühlflüssigkeit versorgt werden, zu erreichen, besteht eine vorteilhafte Ausführungsform darin, dass in jede Keramikröhre ein an sich bekannter Verwirbelungseinsatz eingesetzt ist, der aus wendelförmigen Abschnitten zur Strömungsführung besteht, wobei sich in aufeinanderfolgenden Elementen der Drehsinn ändert.

Es erweist sich als vorteilhaft für den Wärmeübergang zwischen Keramikröhren und Kühlflüssigkeit Turbulenzen in der Strömung der Kühlflüssigkeit zu erzeugen, wobei der Druckabfall möglichst gering sein soll, was dadurch erreicht wird, dass der Verwirbelungseinsatz für die Keramikröhren aus üblichem Kunststoff besteht und die Form einer Doppelhelix hat, die periodisch in ihrer halben Ganghöhe den Drehsinn um ihre Längsachse um 90° ändert.

Um den Wärmewiderstand der Keramikröhren zu senken, besteht eine vorteilhafte Ausführungsform darin, dass die Keramikröhren in an sich bekannter Weise aus Aluminiumnitrid bestehen.

Um das Verlöten von Keramikröhren mit einem Kupferblock zu erleichtern, besteht eine vorteilhafte Ausführungsform darin, dass auf die versilberten Bereiche der Keramikröhren Kupfer aufgalvanisiert ist.

Ein inniger Wärmekontakt zwischen dem Metallblock und den Keramikröhren kann nur durch Verlöten hergestellt werden. Das führt aber dazu, dass die Lötstellen mechanische Spannungen, die von der Wärmeausdehnung des Metallblockes herrühren, auf die Keramikröhren übertragen. Diese Spannungen können zum Zerreissen der Keramikröhren führen. Ein Zerreissen der Keramikröhren kann vermieden werden, wenn die entstehenden Spannungen vom Lot aufgenommen werden, was man dadurch erreicht, dass das Lot zwischen den Keramikröhren und dem Metallblock Reinindium ist.

Eine vorteilhafte Ausführungsform, um Funkenentladungen im Austrittsbereich der Keramikröhren aus dem Metallblock zu vermeiden, besteht darin, dass um die Enden der Bohrungen im Metallblock, in welche die Keramikröhren eingesetzt sind, ringförmige Ausnehmungen vorgesehen sind, die mit einem elektrisch isolierenden Material ausgegossen sind.

Die Erfindung samt weiteren Vorteilen wird im folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert, das in der Zeichnung veranschaulicht ist. In dieser zeigen

30

- Fig. 1 eine Kühdose mit teilweise aufgeschnittener Oberfläche;
- Fig. 2 einen Schnitt durch die Kühdose entlang der Linie II-II in Fig. 1;
- Fig. 3 eine Detailansicht des Bereiches in aus Fig. 1;
- Fig. 4 einen Verwirbelungseinsatz.

35

Gemäß Fig. 1 besteht eine Kühdose 1 aus einem Kupferblock 3, der vier parallel und in Abstand zueinander verlaufende zylindrische Bohrungen aufweist. In die Bohrungen sind vier Keramikröhren 2 aus Aluminiumnitrid eingelötet. Der Kühlflüssigkeitsanschluss der Keramikröhren erfolgt über zwei Sammlerblöcke 6 aus Kunststoff, die in ihrem Inneren je über eine normal zu den Keramikröhren 2 verlaufende Längsbohrung 9 verfügen. Von der Längsbohrung 9 zweigen Querbohrungen 10 ab, die normal auf die Längsbohrung 9 stehen und mit den Keramikröhren koaxial verlaufen. Jene Teile der Querbohrungen 10, die unmittelbar von den Längsbohrungen 9 abzweigen weisen einen Durchmesser auf, der hier kleiner als der Durchmesser der Keramikröhren ist. Die Enden 10' der Querbohrungen 10 besitzen einen Durchmesser der größer als der Durchmesser der Keramikröhren 2 ist, wobei durch die unterschiedlichen Durchmesser in den Querbohrungen 10 eine Schulter 11 gebildet ist, bis zu welcher die Keramikröhren 2 im wesentlichen ragen. Genauer gesagt liegen zwischen den Schultern 11 und den Stirnflächen der Keramikröhren O-Ringe 12 zum Abdichten des Flüssigkeitskreislaufes. Die beiden Sammlerblöcke 6 sind mit Hilfe von Bolzen 8 mit dem Kupferblock 3 verschraubt.

50

Um den Wärmeübergang zwischen dem Metallblock 3 und den Keramikröhren 2 zu verbessern, ist gemäß Fig. 3 eine silberhältige Siebdruckpaste 13 zumindest in jene Teile der äußeren Oberflächen der Keramikröhren 2 eingebrannt, die sich im Inneren des Kupferblocks 3 befinden. Damit die teilversilberten Keramikröhren 2 mit dem Metallblock 3 besser verlötet werden können, ist, wie in Fig. 3 gezeigt, über der silberhaltigen Siebdruckpaste 13 durch Galvanisieren eine Kupferschicht 14 angebracht.

Bei dem Zusammenbau werden die verkupferten Keramikröhren 2 in dem Metallblock 3 koaxial zu den Bohrungen 16 positioniert, wie es in Fig. 2 dargestellt ist. Der Spalt zwischen den äußereren Oberflächen der Keramikröhren 2 und den Innenseiten der Bohrungen im Metallblock 3 wird so dann mit Reinindium 15 aufgefüllt, wobei sich eine Spaltbreite von 0.4 mm in der Praxis als vorteilhaft herausgestellt hat. Durch Erhitzen der Anordnung wird das Reinindium 15 geschmolzen und eine Lötverbindung über die ganze Länge der Bohrungen zwischen den Keramikröhren 2 und dem Metallblock 3 hergestellt. Mit dem innigen Kontakt zwischen dem Metallblock 3 und den Keramikröhren 2 entsteht aber auch ein mechanischer Kraftschluss zwischen den beiden Komponenten. Aufgrund der verschiedenen Wärmeausdehnungskoeffizienten von Keramik und Metallblock wird das Lot bei Erwärmung der Kühldose mechanisch stark beansprucht. Kann das Lot diese Spannungen nicht aufnehmen, und werden die Ausdehnungskräfte auf die Keramik übertragen, so kommt es zum Bruch der Keramikröhren 2 und damit zum Verlust der elektrischen Isolierfähigkeit der Keramikröhren 2. Um dies zu vermeiden, wurde Reinindium, das bekanntermaßen eine hohe Duktilität und gute Wärmeleitungs-eigenschaften hat, als Lot gewählt.

Neben dem Wärmekontakt zwischen dem Metallblock 3 und den Keramikröhren 2 ist für den Gesamtwärmeübergangswiderstand auch die Wärmeleitfähigkeit der Keramikröhren 2 ausschlaggebend. Um den thermischen Widerstand der Keramikröhren 2 zu senken, werden die Keramikröhren 2 aus Aluminiumnitrid (vergl. Sp. 2, Z. 61 der US 5 636 684 A) hergestellt, das etwa ein Viertel des Wärmewiderstandes des häufig für diesen Zweck eingesetzten Aluminiumoxid aufweist.

Die aus Fig. 2 ersichtliche parallele Anordnung der flüssigkeitsführenden Keramikröhren 2 macht es notwendig, in den Röhren Verwirbelungseinsätze 4 vorzusehen, die für einen konstanten Druckabfall und somit für eine gleichmäßige Durchströmung in allen Keramikröhren 2 sorgen. Verwirbelungseinsätze sind beispielsweise auch aus der US 5 636 684 A bekannt geworden. Ein konstanter und geringer Druckabfall wird durch Verwirbelung der Kühlflüssigkeit mittels eines Verwirbelungseinsatzes, wie er in Fig. 4 dargestellt ist, erreicht. Ein weiterer Vorteil der Verwirbelung besteht darin, dass eine turbulente Strömung Wärme von einer Oberfläche leichter abzutransportieren vermag als eine laminare Strömung.

Da zwischen dem Metallblock 3 und dem Kühlwasser eine hohe elektrische Spannung liegt, müssen Vorkehrungen getroffen werden, damit es an den Kanten der Austrittsbereiche der Keramikröhren 2 aus dem Metallblock 3 zu keinen Spannungsentladungen kommt. Zu diesem Zweck sind kreisförmige Vertiefungen 5 an den Enden der Bohrungen im Metallblock vorgesehen, die nach dem Einlöten der Keramikröhren 2 mit einem elektrisch isolierenden Kunststoff 7 ausgegossen werden.

Fig. 4 zeigt einen Verwirbelungseinsatz 4 für die Keramikröhren 2 im näheren Detail. Der Verwirbelungseinsatz 4 hat die Form einer Doppelhelix, die periodisch in ihrer halben Ganghöhe den Drehsinn um ihre Längsachse um 90° ändert. Der Vorteil dieses Verwirbelungseinsatzes besteht darin, dass kleine Änderungen im Durchmesser der Keramikröhren 2, wie sie produktionsbedingt auftreten können, keine Auswirkungen auf den Druckabfall in den Röhren haben. Bei anderen Formen der Verwirbelungseinsätze 4, z.B. in Form von Spiralen, können schon minimalste Abweichungen in den Durchmessern der einzelnen Keramikröhren 2 zu großen Unterschieden der Druckabfälle in ihnen führen. Das bewirkt eine unterschiedliche Durchströmung der Keramikröhren 2 und führt dazu, dass die Temperatur der Kühldose 1 entlang ihre Oberfläche nicht konstant ist. Die Formgebung des dargestellten Einsatzes wird dadurch erleichtert, dass er aus Kunststoff hergestellt ist.

In einer gebräuchlichen Anwendungsform sind die zu kühlenden Halbleiter zwischen zwei Kühl-dosen 1 befestigt, die zugleich als Stromanschlüsse für die Halbleiter dienen können.

Dienen die Oberflächen der Kühl-dosen 1 nicht als Stromanschlüsse, so sind auch andere Anordnungen möglich, z.B. kann dann auch nur eine Kühl-dose 1 zur Kühlung der elektrischen Bau-elemente verwendet werden.

50

#### PATENTANSPRÜCHE:

1. Kühldose (1) zur Flüssigkeitskühlung von elektrischen Bauelementen, insbesondere von Halbleitern in Scheibenform, bei der eine Kühlflüssigkeit in Keramikröhren (2), vorzugs-

- weise aus Aluminiumnitrid, geführt wird, die im wesentlichen über ihre gesamte Länge einen mit Bohrungen (16) zum Aufnehmen der Keramikröhren (2) versehenen gut wärme- und stromleitenden Metallblock (3) durchsetzen, **dadurch gekennzeichnet, dass** in die äußereren Oberflächen der Keramikröhren (2), zumindest in jene Bereiche, die innerhalb des Metallblockes (3) liegen, eine silberhältige Siebdruckpaste (13) eingebrannt ist und die Keramikröhren (2) mit dem Metallblock (3) mittels eines Lotes aus Reinindium (15) verlötet sind.
- 5           2. Kühldose nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in jede Keramikröhre (2) ein an sich bekannter Verwirbelungseinsatz (4) eingesetzt ist, der aus wendelförmigen Abschnitten zur Strömungsführung besteht, wobei aufeinanderfolgende Abschnitte gegenläufige Drehrichtungen aufweisen.
- 10          3. Kühldose nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verwirbelungseinsatz (4) ausüblichem Kunststoff besteht und die Form einer Doppelhelix aufweist, die periodisch in ihrer halben Ganghöhe den Drehsinn um ihre Längsachse um 90° ändert.
- 15          4. Kühldose nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Keramikröhren (2) in an sich bekannter Weise aus Aluminiumnitrid bestehen.
- 20          5. Kühldose nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf die versilberten Bereiche der Keramikröhren (2) Kupfer (14) aufgalvanisiert ist.
- 25          6. Kühldose nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** um die Enden der Bohrungen im Metallblock (3), in welche die Keramikröhren (2) eingesetzt sind, ringförmige Ausnehmungen (5) vorgesehen sind, die mit einem elektrisch isolierenden Material (7) ausgegossen sind.

25

HIEZU 1 BLATT ZEICHNUNGEN

30

35

40

45

50

55

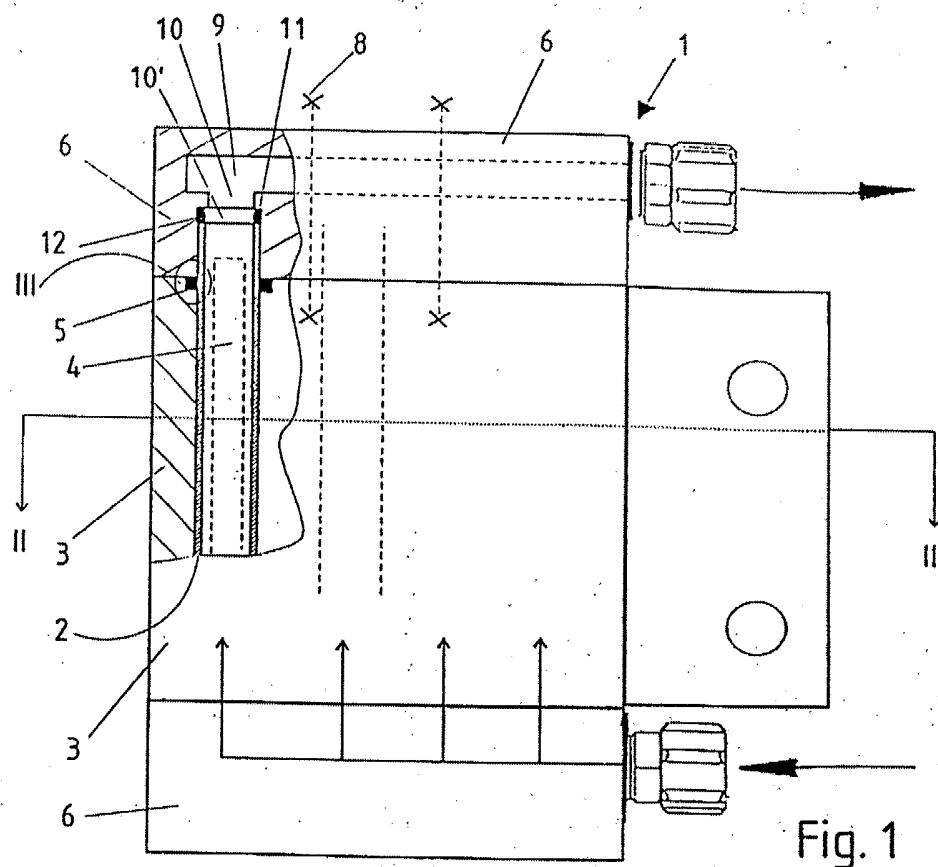


Fig. 1

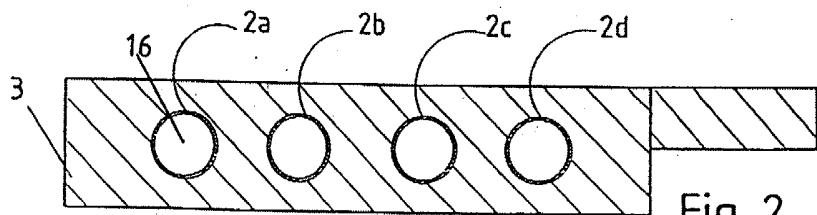


Fig. 2

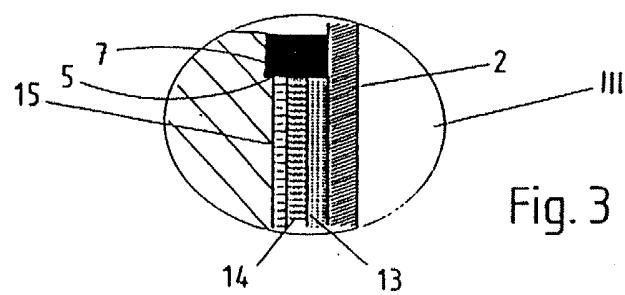


Fig. 3



Fig. 4