



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 699 18 644 T2 2005.07.21

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 005 083 B1

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: H01L 23/473

(21) Deutsches Aktenzeichen: 699 18 644.7

(96) Europäisches Aktenzeichen: 99 402 890.0

(96) Europäischer Anmeldetag: 22.11.1999

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 31.05.2000

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 14.07.2004

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 21.07.2005

(30) Unionspriorität:  
**9815155** 27.11.1998 FR

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE

(73) Patentinhaber:  
**ALSTOM Holdings, Paris, FR**

(72) Erfinder:  
**Mermet-Guyennet, Michel, 65 390 Aurensan, FR;**  
**Schaeffer, Christian, 38 730 Le Pin, FR**

(74) Vertreter:  
**Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker, 70188  
Stuttgart**

(54) Bezeichnung: **Elektronisches Leistungselement mit Kühlvorrichtung**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein elektronisches Leistungselement.

**[0002]** Für gewöhnlich umfassen elektronische Leistungselemente, die insbesondere verwendet werden, um Wechselrichter zu realisieren, die für den Eisenbahnantrieb bestimmt sind, eine Platte zum Beispiel aus Kupfer. Eine Vielfalt von Verbundstrukturen der Art Leiter-Isolator-Leiter, welche gleichzeitig eine Funktion der Wärmeübertragung und der elektrischen Isolierung übernehmen, sind auf dieser Platte angebracht. Sie werden beispielsweise verwirklicht in Form eines Stapels Kupfer-Keramik-Kupfer, was auch Direct Bonded Copper (DBC) genannt wird. Diese Verbundstrukturen können gleichermaßen ausgeführt sein in Form von isolierten metallischen Trägersubstanzen SMI (= substrat métallique isolé), welche eine untere Schicht aus Aluminium oder aus Kupfer, eine Zwischenschicht aus Epoxid und eine obere Schicht aus Kupfer, eventuell in mehreren Teilen ausgeführt, umfassen.

**[0003]** In der Patentanmeldung DE-A-4311839 werden Strukturen aus Silizium für die Wärmeübertragung erwähnt, welche Durchlassvorrichtungen für ein Kühlmittel umfassen, und in der Patentanmeldung EP-A-0871352 wird eine Struktur zur Wärmeübertragung für elektronische Elemente offenbart.

**[0004]** Auf jeder Verbundstruktur sind mehrere halbleitende Leistungskreise angeordnet, welche beispielsweise Bipolartransistoren mit isolierter Steuerelektrode, genannt IGBT, oder auch Dioden sind. Diese halbleitenden Kreise sind des weiteren auf einer ihrer Seiten mit Verbindungs-Kontaktstellen bedeckt und sind auf ihre Seite ohne Kontaktstellen mit einer freien Metallschicht der Verbundstruktur verbunden. Die Schaltkreise werden beispielsweise durch Weichlöten mit Zinn-Blei oder auch Zinn-Blei-Silber darauf befestigt.

**[0005]** Danach werden auf jede Verbindungs-Kontaktstelle mehrere Aluminiumfasern gelötet, welche üblicherweise einen Durchmesser von 380 bis 500 Mikrometern aufweisen. Jede dieser Fasern ist gleichermaßen auf die obere Metallschicht der Verbundstruktur gelötet. Diese aus der Platte, den Verbundstrukturen und den halbleitenden Leistungskreisen gebildete Einheit wird dann in einem Gehäuse angeordnet, welches mit Silikon-Gel gefüllt ist und mit einer Haube aus Epoxidharz abgedeckt ist, um so ein elektronisches Leistungselement zu bilden.

**[0006]** Das letztgenannte ist für gewöhnlich auf einem Kühlelement angeordnet, welches eine wassergekühlte Platte, ein Luftwärmetauscher oder weiter eine Verdampferbasis "Wärmeleitrohr" sein kann. Ein solches Element ist dazu bestimmt, die Temperatur

aufrecht zu erhalten, bei welcher das elektronische Leistungselement einem Wert von unter 125°C ausgesetzt ist, um seine Unversehrtheit zu bewahren.

**[0007]** Im allgemeinen ist das Problem der Kühlung ganz besonders entscheidend im Bereich der elektronischen Leistungselemente, insofern es dieser Temperaturgrenzwert der Umgebung von ungefähr 125°C ist, der den Wert der Strombelastbarkeit des Elements bestimmt.

**[0008]** Insbesondere, wenn gewünscht wird, die nominale Stromkapazität dieser Elemente zu steigern, ist es notwendig, die Quantität des verwendeten halbleitenden Materials zu steigern, was natürlich eine Steigerung der Herstellungskosten einschließt.

**[0009]** Die Erfindung hat dementsprechend zur Aufgabe, die Kühlung der elektronischen Leistungselemente zu verbessern, entweder um die Stromführung dieser Elemente für ein Volumen zu steigern und dementsprechend einen gegebenen Herstellungspreis, oder aber um für einen gegebenen nominalen Strom das Volumen und dementsprechend den Herstellungspreis zu mindern.

**[0010]** Die Erfindung hat insbesondere zur Aufgabe, ein elektronisches Leistungselement zu realisieren, dessen allgemeine Struktur sich von den Elementen gemäß dem Stand der Technik unterscheidet und es aufgrund dieser Tatsache ermöglicht, die Kühlung zu verbessern.

**[0011]** Zu diesem Zweck ist Gegenstand der Erfindung ein elektronisches Leistungselement, welches eine erste Verbundstruktur zur Wärmeübertragung und zur elektrischen Isolierung umfasst, wobei es wenigstens einen halbleitenden Leistungskreis unterstützt, dessen der ersten Verbundstruktur gegenüber liegenden Seite mit Verbindungs-Kontaktstellen ausgestattet ist, wobei die erste Verbundstruktur zwei leitende oder halbleitende Schichten aufweist, jeweils angrenzend und gegenüber des halbleitenden Kreises, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungs-Kontaktstellen mit ihrer der ersten Verbundstruktur gegenüber liegenden Seite verbunden sind mit einem ebenen Netz von voneinander isolierten leitenden Elementen, wobei das Netz integriert ist in wenigstens eine zweite Verbundstruktur zur Wärmeübertragung und zur elektrischen Isolierung, welche eine dem halbleitenden Kreis gegenüber liegende leitende oder halbleitende Schicht aufweist, und dadurch, dass die gegenüber liegende Schicht von wenigstens einer der ersten oder zweiten Verbundstruktur Durchlassvorrichtungen für ein Kühlmittel aufweist.

**[0012]** Gemäß anderen charakteristischen Merkmalen der Erfindung:

- ist die Schicht gegenüber dem halbleitenden

Kreis aus halbleitendem Material, insbesondere aus Silizium;

- umfasst die halbleitende Schicht gegenüber dem halbleitenden Kreis erste und zweite miteinander verbundene Plättchen, wobei wenigstens eines der Plättchen mit Rillen ausgestattet ist, und die Durchlassvorrichtungen für das Kühlmittel durchgehende Kanäle umfassen, die in der dem halbleitenden Kreis gegenüber liegenden Schicht eingerichtet sind, wobei die Kanäle durch Zusammenwirken der Formen zwischen den Plättchen realisiert sind;
- sind die Plättchen jeweils mit einer Reihe von Rillen ausgestattet und sind die Kanäle realisiert auf beiden Seiten der Verbindungsfläche der zwei Plättchen durch Zusammenwirken der Form zwischen den betreffenden Rillen;
- haben die Kanäle einen hexagonalen Querschnitt;
- ist die Schicht gegenüber dem halbleitenden Kreis aus einem metallischen Werkstoff;
- führen die Durchlassvorrichtungen für das Kühlmittel zu dem fernen Ende der dem halbleitenden Leistungskreis gegenüber liegenden Metallschicht;
- umfassen die Durchlassvorrichtungen wenigstens einen Kanal, der sich auf wenigstens einem Teil wenigstens einer Dimension der dem halbleitenden Kreis gegenüber liegenden leitenden Schicht erstreckt;
- sind Kontaktstellen mit dem angrenzenden ebenen Netz der zweiten Verbundstruktur durch Löten wenigstens eines Buckels aus Zinn-Blei-Silber verbunden und
- sind die Kontaktstellen getrennt von dem oder von jedem Buckel durch einen an dem oder an jedem Buckel anhaftenden Überzug, insbesondere einer Abscheidung aus Titan-Nickel-Gold.

**[0013]** Die Erfindung wird nachfolgend beschrieben unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungsfiguren, welche nur zu nicht begrenzenden Beispielzwecken gegeben werden und in welchen:

**[0014]** [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) schematische Ansichten sind, welche die Realisierung einer Schicht, die zu einer Verbundstruktur gehört, wie sie in einem elektronischen Leistungselement gemäß der Erfindung enthalten ist, darstellen;

**[0015]** [Fig. 4](#) eine schematische Ansicht ist, welche die Verbundstruktur darstellt, die aus der in [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) dargestellten Schicht gebildet ist, Struktur, auf welcher ein halbleitender Leistungskreis angeordnet ist;

**[0016]** [Fig. 5](#) eine schematische Ansicht des halbleitenden Kreises aus [Fig. 4](#) in einem größeren Maßstab ist;

**[0017]** [Fig. 6](#) eine schematische Ansicht ist, welche ein Element gemäß der Erfindung darstellt, das zwei Verbundstrukturen wie in [Fig. 4](#) dargestellt umfasst;

**[0018]** [Fig. 7](#) bis [Fig. 9](#) schematische Ansichten sind, welche eine Variante der Ausführung einer Verbundstruktur eines elektronischen Leistungselements gemäß der Erfindung darstellen; und

**[0019]** [Fig. 10](#) eine schematische Ansicht ist, welche ein Element gemäß der Erfindung darstellt, einschließlich zwei Strukturen wie in [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) dargestellt.

**[0020]** [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) zeigen die Herstellung einer halbleitenden Schicht, die dazu bestimmt ist, in ein elektronisches Leistungselement gemäß der Erfindung integriert zu werden. Die Herstellung erfordert zunächst zwei Plättchen, dargestellt in [Fig. 1](#) und nachfolgend erstes Plättchen **2** und zweites Plättchen **4** genannt, welche aus monokristallinem Silizium hergestellt sind. Sie weisen zueinander analoge Abmessungen auf, besitzen nämlich eine Dicke *e* von ungefähr 1 mm und Hauptabmessungen von ungefähr 50 mal 50 mm.

**[0021]** Wie [Fig. 2](#) zeigt, werden anschließend die Rillen **6** innerhalb des ersten Plättchens **2** hergestellt. Diese Rillen werden auf bekannte Art hergestellt mittels einem Verfahren der Feuchtgravur durch chemische Einwirkung. Aufgrund der Beschaffenheit von monokristallinem Silizium wird dieser Vorgang insbesondere erleichtert und führt zur Bildung von Rillen, welche ein U-Profil mit geneigten Flügeln aufweisen, wobei die Gravur durch das Folgen der kristallinen Ebenen bewirkt wird. Der Winkel  $\alpha$ , welcher die Neigung der Flügel **6A** der Rillen definiert, beträgt ungefähr  $57^\circ$ . Die Rillen werden parallel zu einer der Hauptrichtungen des Plättchens zwischen zwei gegenüber liegenden Rändern hergestellt.

**[0022]** Der Vorgang der Gravur wird gestoppt, wenn die Tiefe *p* der Rille **6** ungefähr gleich der Hälfte ihrer Breite *L* ist. Im Beispiel der Ausführungsform werden auf dem Plättchen **2** ungefähr 50 Rillen angefertigt, was einer Dichte von 10 Rillen pro cm entspricht. Die Rillen **6** können gleichermaßen die Form eines V aufweisen.

**[0023]** [Fig. 2](#) zeigt ausschließlich die Herstellung der Rillen **6** auf der Fläche des Plättchens **2**, wobei es sich von selbst versteht, dass bei der beschriebenen Ausführungsform auf der Fläche des zweiten Plättchens **4** entsprechende Rillen angefertigt sind, welche nachfolgend durch die Bezugsziffer **8** gekennzeichnet sind.

**[0024]** Danach müssen die zwei Plättchen **2** und **4** zusammengefügt werden. Zu diesem Zweck werden jeweils die Reihen von Rillen **6**, **8** in Bezug zueinan-

der angeordnet, woraufhin die zwei Plättchen durch Löten auf bekannte Weise miteinander verbunden werden. Dieser Vorgang wird bei einer Temperatur von ungefähr 600°C ausgeführt.

**[0025]** Die durch das Verbinden der zwei Plättchen **2** und **4** gebildete Schicht wird nachfolgend in ihrer Gesamtheit durch die Bezugsziffer **10** gekennzeichnet. Sie ist mit einer Vielzahl von Kanälen **12** ausgestattet, welche durch Zusammenwirken der gegenüber liegenden Rillen **6** und **8** entstehen, die in den jeweiligen Plättchen **2** und **4** eingerichtet sind. Die Kanäle **12** erstrecken sich auf beiden Seiten der Verbindungsebene P zwischen den zwei Plättchen **2**, **4**, wobei sie eine im wesentlichen hexagonale Form darstellen und eine Breite L aufweisen, die im wesentlichen gleich zu ihrer Höhe H ist. Die Kanäle sind mündend oder durchgehend, sie erstrecken sich nämlich zwischen zwei gegenüber liegenden Kanten der Schicht **10**.

**[0026]** In dem vorliegenden Beispiel werden die Rillen innerhalb der zwei Plättchen **2** und **4** hergestellt. Es kann gleichermaßen vorgesehen werden, solche Rillen auf einem einzelnen Plättchen herzustellen, wobei die Kanäle durch diese Rillen und die ebene Oberfläche des anderen Plättchens gebildet werden.

**[0027]** Wie in [Fig. 4](#) dargestellt ist, wird dann oberhalb der Schicht **10** eine isolierende Schicht **16** aus Kieselerde aufgetragen, auf welcher eine zusätzliche Schicht **18** aus monokristallinem Silizium angeordnet ist, um eine Verbundstruktur **19** zu bilden. Die Ausführung der Struktur **19**, welche die Schichten **10**, **16** und **18** einschließt, wird auf herkömmliche Weise bewerkstelligt durch Verfahren der Abscheidung von dünnen und elektrolytischen Schichten, verwendet auf in der Elektronik herkömmliche Weise.

**[0028]** Ein halbleitender Leistungskreis **20**, wie zum Beispiel ein IGBT oder eine Diode, wird auf herkömmliche Weise mit der freien Seite der Schicht **18** mittels einer Lötsschicht **22** aus Zinn-Blei verbunden. Es wird darauf hingewiesen, dass im Gegensatz zu herkömmlichen elektronischen Leistungselementen die Kontaktstellen **23** des Kreises **20** nicht mit der Schicht **18** mittels Aluminiumfasern verbunden sind.

**[0029]** [Fig. 5](#) zeigt eine nachfolgende Phase der Herstellung eines elektronischen Leistungselementes gemäß der Erfindung, welche zunächst daraus besteht, die freie Seite der Kontaktstellen **23** mittels einer Multischicht **24** aus Titan-Nickel-Gold zu überziehen, deren Dicke ungefähr 0,8 Mikrometer ist und die beispielsweise mittels einem Pulverisierungsverfahren abgeschieden wird.

**[0030]** Auf dieser Multischicht **24** wird ein Buckel **26** aus Zinn- Blei- Silber angeordnet, dessen Größe jener der Kontaktstelle **12** entspricht. In diesem Bei-

spiel hat der Buckel eine Zusammensetzung aus ungefähr 2% Zinn, 95,5% Blei und 2,5 % Silber. Es wird darauf hingewiesen, dass die Anwesenheit der Multischicht **24** dem Buckel **26** einen hervorragenden mechanischen Halt auf der Kontaktstelle **23** verleiht.

**[0031]** Danach wird eine zweite Verbundstruktur hergestellt, in ihrer Gesamtheit durch die Bezugsziffer **119** gekennzeichnet wird, welche dazu bestimmt ist, eine Funktion der Wärmeübertragung und der elektrischen Isolierung anzunehmen.

**[0032]** Diese Struktur **119** umfasst Schichten **110** und **116**, welche mit den Schichten **10** und **16** der Struktur **19** identisch sind. Die Schicht **116** ist bedeckt durch ein ebenes Netz **118** aus voneinander isolierten leitenden Elementen, deren Zusammensetzung angepasst ist an jene des halbleitenden Kreises **20**, den das ebene Netz **118** bedecken muss.

**[0033]** Danach wird die zweite Struktur **119** umgedreht und es wird das ebene Netz **118** der letztgenannten mit jedem Buckel **26**, angeordnet auf den Kontaktstellen **23** des halbleitenden Leistungskreises **20**, in Kontakt gebracht. Danach wird ein Verschmelzen jedes Buckels **26** durchgeführt, indem er beispielsweise auf ungefähr 330 °C für 10 Sekunden erhitzt wird. Die Kontaktstellen **23** sind dann mit dem ebenen Netz **118** der Verbundstruktur **119** verbunden, Netz **118**, welches angrenzend genannt wird im Gegensatz zu der Schicht **110**, die gegenüber liegend genannt wird.

**[0034]** Das so gebildete und nachfolgend in seiner Gesamtheit durch Bezugsziffer **28** gekennzeichnete elektronische Leistungselement ist dann in der Lage, mittels der Schichten **10** und **110** gleichzeitig gekühlt zu werden. Tatsächlich sind die Kanäle **12** und **112**, die jeweils vorgesehen sind, zum Durchfluss eines gasförmigen oder flüssigen Kühlmittels bestimmt und werden zu diesem Zweck mit einer Quelle eines solchen Mittels in Verbindung gebracht.

**[0035]** Die Formgebung des elektronischen Leistungselementes **28** der Erfindung ermöglicht zusätzlich die Befreiung von Aluminiumfasern, mit denen für gewöhnlich die Elemente gemäß dem Stand der Technik ausgestattet sind. Bei dieser Art übernimmt das ebene Netz **118** der zweiten Verbundstruktur **119** die Rolle, die für gewöhnlich diesen Aluminiumfasern zugewiesen ist.

**[0036]** Die [Fig. 7](#) bis [Fig. 9](#) stellen die Ausführung einer anderen Verbundstruktur dar, die dazu bestimmt ist, in ein elektronisches Leistungselement gemäß der Erfindung integriert zu werden.

**[0037]** Die Herstellung erfordert zunächst eine Verbundstruktur der Art Leiter-Isolator-Leiter in herkömmlicher Gestaltung, dargestellt in [Fig. 7](#). Die

Struktur umfasst eine erste Schicht **202** oder untere Schicht, beispielsweise aus Kupfer und bedeckt von einer isolierenden Zwischenschicht **204**, welche eine zweite Metallschicht **206** trägt, oder obere Schicht, gleichermaßen aus Kupfer hergestellt. Die leitenden Schichten **202** und **206** haben zum Beispiel eine Dicke von 3 bis 4 mm und Hauptabmessungen von 48 × 48 mm, und die isolierende Schicht **204** weist eine Dicke von 0,635 nun und Hauptabmessungen von 50 × 50 mm auf.

**[0038]** Die [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) stellen eine Verbundstruktur dar, die dazu bestimmt ist, in ein Element gemäß der Erfindung eingebaut zu werden, Struktur, welche in ihrer Gesamtheit durch die Bezugsziffer **208** gekennzeichnet wird und aus der in [Fig. 7](#) dargestellten Struktur hergestellt wird. Die untere Schicht **202** dieser Struktur **208** ist mit einer Vielzahl von Kanälen oder Leitungen **210** ausgestattet, die dazu bestimmt sind, Durchlassvorrichtungen für ein Kühlmittel zu bilden. Diese Kanäle werden parallel zu einer der Hauptabmessungen der unteren Schicht **202** ausgeführt, ausgehend von der unteren Seite der letztgenannten, wie insbesondere in [Fig. 8](#) dargestellt ist. Jeder dieser Kanäle erstreckt sich über einen wesentlichen Teil der Dicke dieser unteren Schicht **2**, das heißtbeispielsweise über eine Höhe von zwischen 2 und 3 mm. Es kann gleichermaßen vorgesehen werden, dass sich die Kanäle **210** über die gesamte Dicke der unteren Schicht **202** erstrecken. Die Breite der Kanäle ist beispielsweise 200 Mikrometer und ihre Länge beträgt zwischen 40 und 50 mm. Im Beispiel der beschriebenen Ausführungsform sind ungefähr 50 Kanäle **210** vorgesehen, so dass die benachbarten Kanäle mit einem Abstand von zwischen 200 und 300 Mikrometern beabstandet sind.

**[0039]** Danach werden, wie in [Fig. 8](#) dargestellt, auf der oberen Seite der Schicht **206** zwei halbleitende Leistungskreise **220** angeordnet, welche mit den Bezugsziffern **20** der [Fig. 4](#) bis [Fig. 6](#) identisch sind. Danach wird ein Buckel aus Zinn-Blei-Silber **226** auf jeder Kontaktstelle **223** dieser halbleitenden Kreise angeordnet, auf gleiche Weise, wie bereits unter Bezugnahme auf [Fig. 5](#) beschrieben.

**[0040]** Danach wird eine zweite Verbundstruktur hergestellt, in ihrer Gesamtheit durch Bezugsziffer **308** gekennzeichnet, die die Schichten **302** und **304**, identisch zu Schichten **202** und **204**, umfasst.

**[0041]** Die Schicht **304** ist des weiteren bedeckt mit einem ebenen Netz **306** aus voneinander isolierten leitenden Elementen, deren Zusammensetzung angepasst ist an die des halbleitenden Kreises **220**, den dieses ebene Netz bedeckt.

**[0042]** Dann wird die Struktur **308** umgedreht, und das ebene Netz **306** der letztgenannten wird mit dem Buckel **326** in Kontakt gebracht. Danach wird ein Ver-

schmelzen des letztgenannten durchgeführt, auf gleiche Weise wie bereits unter Bezugnahme auf [Fig. 6](#) beschrieben.

**[0043]** Die Kontaktstellen **223** werden dann mit dem ebenen Netz **306** der zweiten Verbundstruktur **308** verbunden, Netz **306**, welches angrenzend genannt wird im Gegensatz zu der Schicht **302**, welche gegenüber liegend genannt wird.

**[0044]** Das so gebildete elektronische Leistungselement, in seiner Gesamtheit durch Bezugsziffer **228** gekennzeichnet, ist dann in der Lage, gleichzeitig mittels der dem halbleitenden Kreis **220** gegenüber liegenden Schichten **202**, **302** gekühlt zu werden. Tatsächlich sind die Kanäle **210**, **310**, welche in dem letztgenannten eingerichtet sind, geeignet für den Durchfluss eines gasförmigen oder flüssigen Kühlmittels und sind zu diesem Zweck mit einer Quelle eines solchen Mittels verbunden.

**[0045]** In diesem Beispiel führen die Kanäle zu der den Schichten **202** und **302** fernen Seite, nämlich ihrer am weitesten von dem halbleitenden Kreis **220** entfernten Seite.

**[0046]** Das elektronische Leistungselement gemäß der Erfindung ermöglicht es, die vorgenannten Ziele zu erreichen. Tatsächlich ermöglicht es, die Aluminiumfasern loszuwerden, mit denen die Elemente gemäß dem Stand der Technik ausgestattet sind. Weiter bilden diese Fasern einen begrenzenden Faktor für die Aufgabe der Kühlung, in dem Maße, wie sie sich proportional zum Quadrat des Stroms, der sie durchquert, erhitzten und es sich als schwierig erweist, sie zu kühlen, da sie in Silikon-Gel eingelassen sind. Des weiteren können die Aluminiumfasern die Ursache von gravierenden Funktionsmängeln des elektronischen Leistungselementes sein. Tatsächlich unterliegen sie im Betrieb Temperaturschwankungen, so dass es möglich ist, dass sie abbrechen.

**[0047]** Das Element der Erfindung, abgesehen davon, dass es ohne solche Aluminiumfasern auskommt, stellt eine doppelte gleichzeitige Kühlung der halbleitenden Leistungskreise, die diesen bilden, sicher, gleichzeitig von ihrer oberen und unteren Seite.

**[0048]** Des weiteren übernehmen die Verbundstrukturen, die das Element gemäß der Erfindung bilden, abgesehen von ihren herkömmlichen Funktionen der Wärmeübertragung und elektrischen Isolierung eine zusätzliche Funktion der Kühlung. Dies ermöglicht demgemäß, die Anzahl der Schnittstellen zwischen den verschiedenen Schichten, die das Element der Erfindung bilden, zu begrenzen, da das Kühlungselement in jeder Verbundstruktur integriert ist. Dies hat gleichermaßen den Effekt, den Koeffizienten des konvektiven Wechsels mit dem Kühlmittel, welches in integrierten Kanälen der gegenüber liegenden

Schicht jeder Verbundstruktur fließt, zu steigern.

**[0049]** Dies ermöglicht es für einen gegebenen nominalen Strom, ein Siliziumvolumen zu verwenden, welches wesentlich kleiner ist als das, welches für die Herstellung von elektronischen Leistungselementen gemäß dem Stand der Technik benötigt wird. Des weiteren besitzt, für ein Siliziumvolumen vergleichbar mit jenem wie in einem Element gemäß dem Stand der Technik verwendet, das Element gemäß der Erfindung einen Stromgehalt, der wesentlich erhöht ist.

### Patentansprüche

1. Elektronisches Leistungselement (**28, 228**), welches eine erste Verbundstruktur (**19; 208**) zur Wärmeübertragung und zur elektrischen Isolierung umfasst, wobei es wenigstens einen halbleitenden Leistungskreis (**20; 220**) unterstützt, dessen der ersten Verbundstruktur gegenüber liegende Seite mit Verbindungs-Kontaktstellen (**23; 223**) ausgestattet ist, wobei die erste Verbundstruktur (**19; 208**) zwei leitende oder halbleitende Schichten aufweist, jeweils angrenzend (**18; 206**) und gegenüber (**10; 202**) des halbleitenden Kreises (**20; 220**), bei welchem die Verbindungs-Kontaktstellen (**23; 223**) mit ihrer der ersten Verbundstruktur (**19; 208**) gegenüber liegenden Seite verbunden sind mit einem ebenen Netz (**118; 306**) von voneinander isolierten leitenden Elementen, wobei das Netz integriert ist in wenigstens eine zweite Verbundstruktur (**119; 308**) zur Wärmeübertragung und zur elektrischen Isolierung, welche eine dem halbleitenden Kreis gegenüber liegende leitende oder halbleitende Schicht (**110; 302**) aufweist, und bei welchem die gegenüber liegende Schicht (**10, 110; 202, 302**) von wenigstens einer der ersten (**19; 208**) oder zweiten (**119; 308**) Verbundstruktur Durchlassvorrichtungen (**12, 112; 210, 310**) für ein Kühlmittel aufweist.

2. Element (**28**) gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ist die gegenüber liegende Schicht (**10, 110**) von wenigstens einer der ersten oder zweiten Verbundstruktur aus halbleitendem Material ist, insbesondere aus Silizium.

3. Element gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die gegenüber liegende halbleitende Schicht (**10, 110**) von wenigstens einer der ersten oder zweiten Verbundstruktur erste und zweite miteinander verbundene Plättchen (**2, 4, 102, 104**) umfasst, wobei wenigstens eines der Plättchen mit Rillen (**6, 8, 106, 108**) ausgestattet ist, und dadurch, dass die Durchlassvorrichtungen für das Kühlmittel durchgehende Kanäle (**12, 112**) umfassen, die in der gegenüber liegenden Schicht (**10, 110**) von wenigstens einer der ersten oder zweiten Verbundstruktur eingerichtet sind, wobei die Kanäle durch Zusammenwirken der Formen zwischen den Plättchen (**2, 4, 102, 104**) realisiert sind.

4. Element gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Plättchen jeweils mit einer Reihe von Rillen (**6, 8**) ausgestattet sind und die Kanäle (**12, 112**) realisiert sind auf beiden Seiten der Verbindungsfläche (P) der zwei Plättchen (**2, 4, 102, 104**) durch Zusammenwirken der Formen zwischen den betreffenden Rillen (**6, 8, 106, 108**).

5. Element gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kanäle (**12, 112**) einen hexagonalen Querschnitt haben.

6. Element (**228**) gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die gegenüber liegende Schicht (**202, 302**) von wenigstens einer der ersten oder zweiten Verbundstruktur aus einem metallischen Werkstoff ist.

7. Element gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Durchlassvorrichtungen (**210, 310**) für das Kühlmittel zu dem fernen Ende der dem halbleitenden Leistungskreis (**220**) gegenüber liegenden Metallschicht (**202, 302**) führen.

8. Element gemäß Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Durchlassvorrichtungen wenigstens einen Kanal (**210, 310**) umfassen, der sich auf wenigstens einem Teil wenigstens einer Dimension der gegenüber liegenden metallischen Schicht (**202, 302**) von wenigstens einer der ersten oder zweiten Verbundstruktur erstreckt.

9. Element (**28; 228**) gemäß irgend einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktstellen (**23; 223**) mit dem ebenen Netz (**118; 306**) der zweiten Verbundstruktur (**119; 308**) durch Löten wenigstens eines Buckels aus Zinn-Blei-Silber (**26; 226**) verbunden sind.

10. Element gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktstellen (**23; 223**) getrennt sind von dem oder von jedem Buckel (**26; 226**) durch einen an dem oder an jedem Buckel anhaftenden Überzug, insbesondere einer Abscheidung aus Titan-Nickel-Gold (**24**).

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen







