



(10) **DE 10 2012 224 355 B4** 2016.06.23

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 224 355.0**
(22) Anmeldetag: **21.12.2012**
(43) Offenlegungstag: **17.10.2013**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **23.06.2016**

(51) Int Cl.: **H01L 23/488** (2006.01)
H01L 23/28 (2006.01)
H01L 23/36 (2006.01)
H01L 25/07 (2006.01)
H01L 23/14 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
2012-090004 **11.04.2012** **JP**

(73) Patentinhaber:
Mitsubishi Electric Corporation, Tokyo, JP

(74) Vertreter:
Prüfer & Partner mbB Patentanwälte
Rechtsanwalt, 81479 München, DE

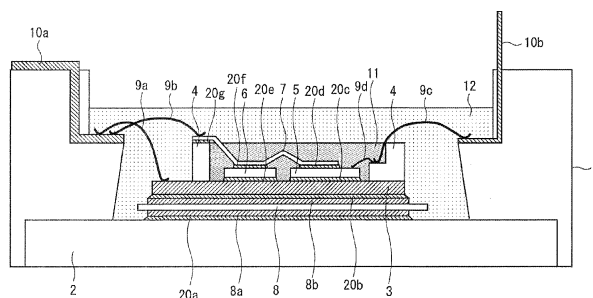
(72) Erfinder:
Ota, Tatsuo, Tokyo, JP; Shinohara, Toshiaki,
Tokyo, JP; Terai, Mamoru, Tokyo, JP; Ikuta,
Hiroya, Tokyo, JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	199 14 741	A1
DE	10 2012 210 440	A1
US	2008 / 0 017 882	A1
JP	H02- 260 551	A

(54) Bezeichnung: **Leistungsmodul**

(57) Hauptanspruch: Leistungsmodul, das so aufgebaut ist, dass ein Leistungsvorrichtungschip (5) innerhalb eines äußeren Gehäuses (1) angeordnet ist und eine Elektrode des Leistungsvorrichtungschips (5) mit einer externen Elektrode (10a) verbunden ist, die in dem äußeren Gehäuse (1) integriert ist, wobei das Leistungsmodul enthält: einen Wärmeverteiler (3), der in dem äußeren Gehäuse (1) befestigt ist, den Leistungsvorrichtungschip (5), der mit Lot auf den Wärmeverteiler (3) gebondet ist, einen isolierenden Damm (4), der auf dem Wärmeverteiler (3) so gebildet ist, dass er den Leistungsvorrichtungschip (5) umgibt, und eine interne Hauptelektrode (7), deren eines Ende mit Lot auf die Elektrode des Leistungsvorrichtungschips (5) gebondet ist und deren anderes Ende an einer oberen Oberfläche des Damms befestigt ist, wobei die externe Elektrode (10a) und das andere Ende der internen Hauptelektrode (7) durch Drahtbonden elektrisch miteinander verbunden sind.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Leistungsmodul, und insbesondere auf ein Leistungsmodul, das so aufgebaut ist, dass ein Leistungsvorrichtungschip innerhalb eines äußeren Gehäuses angeordnet ist und eine Elektrode des Leistungshalbleiterchips mit einer externen Elektrode verbunden ist, die mit dem äußeren Gehäuse integriert ist.

[0002] DE 199 14 741 A1 offenbart ein Leistungshalbleitermodul, das einen mit Leiterbahnen strukturierten Rahmen aufweist, der mit der Innenwand des Gehäuses verbunden ist. Mehrere externe Steueranschlüsselemente sind über Bonddrähte mit Steueranschlüssen von Halbleiterbauelementen verbunden.

[0003] US 2008/0017 882 A1 offenbart eine Leistungshalbleitervorrichtung mit einem Leistungshalbleiterbauelement und einem Steuerhalbleiterbauelement. Das Leistungs- und das Steuerhalbleiterbauelement sind auf einer Leiterplatte montiert und mit Gießharz versiegelt. Die Leistungshalbleitervorrichtung weist ferner ein Gehäuse auf, das so aufgebaut ist, dass es vom Harzgehäuse trennbar ist und das Harzgehäuse umgibt.

[0004] Die nachveröffentlichte Druckschrift DE 10 2012 210 440 A1 offenbart ein Halbleitermodul mit einem Leistungshalbleiterchip auf einer mit Metallmustern versehenen isolierenden Platte. Das Halbleitermodul weist ferner einen Leitungsrahmen und eine externe Hauptelektrode auf, die durch Drahtverbindung miteinander verbunden sind.

[0005] Bei einem herkömmlichen Leistungsmodul ist eine Elektrode eines Leistungsvorrichtungschips, der auf einem isolierenden Substrat angeordnet ist, das innerhalb eines Modulgehäuses angeordnet ist, mit einer externen Elektrode des Modulgehäuses durch Drahtbonden unter Verwendung eines Aluminiumdrahts oder dergleichen verbunden (s. z. B. JP H02-260 551 A).

[0006] Es gibt ein Leistungsmodul mit einer hohen Zuverlässigkeit, bei dem eine Elektrode eines Leistungsvorrichtungschips und eine externe Elektrode eines Modulgehäuses anstelle des Drahtbondens durch DLB (Direct Lead Bonding, direkte Anschlussverbindung) miteinander verbunden sind und der Leistungshalbleiterchip unter Verwendung einer Spritzpresstechnik versiegelt wird.

[0007] Das oben genannte Drahtbondverfahren ist ein erprobtes Verfahren, das seit den 1980ern durchgeführt wird. Der Aluminiumdraht wird jedoch direkt auf einen Wärmeerzeuger des Leistungshalbleiterchips gebondet. Daher wird eine thermische Spannung, die durch Wiederholen des Einschaltens und Ausschaltens des Leistungshalbleiterchips erzeugt

wird, auf den Aluminiumdraht aufgebracht, und diese thermische Spannung beeinflusst direkt eine Ermüdungslebensdauer. Wenn die Priorität auf einer erhöhten Lebensdauer liegt, ist ein Entwurf erforderlich, bei dem eine maximale Temperatur eines Bondabschnitts niedrig eingestellt ist, aber ein solcher Entwurf bringt ein Problem einer erhöhten Größe und erhöhter Kosten des Leistungsmoduls mit sich.

[0008] Die oben genannte Spritzpresstechnik hat eine ausgezeichnete Zuverlässigkeit und Serienfertigungseigenschaften, aber sie erfordert eine große anfängliche Investition, weil eine Form oder dergleichen vorbereitet werden muss. Außerdem schränkt das Bonden mit DLB den Freiheitsgrad einer Anschlussform und der Größe einer externen Elektrode ein. Somit gibt es ein Problem, dass die Kosten beträchtlich steigen, wenn Produkte mit verschiedenen Entwurfsgrößen in einem kleinen Los hergestellt werden.

[0009] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Leistungsmodul bereitzustellen, das sowohl eine erhöhte Lebensdauer als auch einen hohen Freiheitsgrad im Entwurf mit niedrigen Kosten erzielt.

[0010] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Leistungsmodul gemäß Anspruch 1. Weiterbildungen der Erfindung sind jeweils in den Unteransprüchen angegeben.

[0011] Das Leistungsmodul ist so aufgebaut, dass ein Leistungsvorrichtungschip innerhalb eines äußeren Gehäuses angeordnet ist und eine Elektrode des Leistungsvorrichtungschips mit einer externen Elektrode verbunden ist, die in dem äußeren Gehäuse integriert ist. Das Leistungsmodul enthält einen Wärmeverteiler, der in dem äußeren Gehäuse befestigt ist, und den Leistungsvorrichtungschip, der mit Lot auf den Wärmeverteiler gebondet ist. Das Leistungsmodul enthält weiter einen isolierenden Damm, der auf dem Wärmeverteiler so gebildet ist, dass er den Leistungsvorrichtungschip umgibt, und eine interne Hauptelektrode, deren eines Ende mit Lot auf die Elektrode des Leistungsvorrichtungschips gebondet ist und deren anderes Ende an einer oberen Oberfläche des Damms befestigt ist. Die externe Elektrode und das andere Ende der internen Hauptelektrode sind durch Drahtbonden elektrisch miteinander verbunden.

[0012] Das andere Ende der internen Hauptelektrode, das mit der oberen Oberfläche einer Wand des Damms verbunden ist, hat eine niedrigere Temperatur als ein Abschnitt, der auf den Leistungsvorrichtungschip gebondet ist. Ein Draht für die Verbindung mit der externen Elektrode ist auf diesen Abschnitt gebondet, der eine relativ niedrige Temperatur hat. Somit kann eine thermische Spannung,

die von dem Draht aufgenommen wird, relativ niedrig gemacht werden. Das kann die Lebensdauer des Drahts erhöhen, und so wird eine Wirkung einer erhöhten Lebensdauer des Leistungsmoduls erzielt.

[0013] Da das Bonden zwischen der internen Hauptelektrode und der Elektrode des Leistungsvorrichtungschips durch Lötbonden durchgeführt wird, wird eine breite Bondfläche sichergestellt, was es ermöglicht, Wärme von dem Leistungsvorrichtungschip wirkungsvoll abzuführen. Demzufolge wird eine Wirkung einer weiter erhöhten Lebensdauer des Leistungsmoduls erzielt.

[0014] Außerdem ist die Verbindung zwischen der internen Hauptelektrode und der externen Elektrode des äußeren Gehäuses durch Drahtbonden verwirklicht. Daher entfallen Einschränkungen des Freiheitsgrads einer Anschlussform und der Größe der externen Elektrode. Somit wird auch dann, wenn diese Erfindung auf ein kleines Los verschiedener Arten von Produkten angewendet wird, ein Ansteigen der Herstellungskosten unterdrückt.

[0015] Weitere Merkmale und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der beigefügten Zeichnungen.

[0016] Fig. 1 zeigt eine Schnittansicht eines Leistungsmoduls gemäß einer ersten Ausführungsform.

[0017] Fig. 2 zeigt eine Beziehung zwischen der Dicke eines Wärmeverteilers und der Degradationsrate eines Lots.

[0018] Fig. 3 zeigt eine Beziehung zwischen der Dicke einer Basisplatte und der Degradationsrate des Lots.

[0019] Fig. 4 zeigt eine Schnittansicht eines Leistungsmoduls gemäß einer zweiten Ausführungsform.

[0020] Fig. 5 zeigt ein isolierendes Substrat gemäß einer dritten Ausführungsform.

[0021] Fig. 6 zeigt Fotografien des isolierenden Substrats gemäß der dritten Ausführungsform.

[0022] Fig. 1 zeigt eine Schnittansicht eines Leistungsmoduls gemäß einer ersten Ausführungsform. Das Leistungsmodul dieser Ausführungsform ist so aufgebaut, dass jede Elektrode eines Leistungsvorrichtungschips **5**, die auf einem Wärmeverteiler **3**, der innerhalb eines äußeren Gehäuses **1** angeordnet ist, angeordnet und mit diesem elektrisch verbunden ist, mit einer externen Elektrode **10a**, einer (nicht gezeigten) externen Elektrode, die hinter der externen Elektrode **10a** liegt, und einer externen Signalelektrode **10b** verbunden ist. Die externe Elektrode **10a**, die

(nicht gezeigte) externe Elektrode, die hinter der externen Elektrode **10a** liegt, und die externe Signalelektrode **10b** sind in dem Leistungsmodul integriert.

[0023] Ein Strom, der an die externe Signalelektrode **10b** angelegt wird, wird eingestellt, und dadurch wird der Leistungsvorrichtungschip **5** ein- und ausgeschaltet, und ein Hauptstrom, der zwischen der externen Elektrode **10a** und der hinter der externen Elektrode **10a** liegenden externen Elektrode fließt, wird gesteuert.

[0024] Als Leistungsvorrichtungschip wird z. B. eine spannungsgesteuerte Leistungsvorrichtung wie z. B. ein IGBT oder ein MOSFET verwendet. Eine Freilaufdiode **6**, im Folgenden als FWD (Free Wheeling Diode) abgekürzt, ist parallel zu dem Leistungsvorrichtungschip **5** geschaltet. Das dient zum Sicherstellen eines Erholungsstrompfads und zum Schützen des Leistungsvorrichtungschips **5**.

[0025] Im Folgenden wird ein Aufbau des Leistungsmoduls dieser Ausführungsform im Detail beschrieben. Das äußere Gehäuse **1** weist eine Basisplatte **2** auf, die als untere Oberfläche des äußeren Gehäuses **1** dient. Ein isolierendes Substrat ist auf der Basisplatte **2** angeordnet, wobei ein Lötbondabschnitt **20a** dazwischen liegt. Das isolierende Substrat ist eine isolierende Keramikplatte **8**, die auf ihren beiden Oberflächen mit Metallmustern **8a** und **8b** versehen ist. Ein Material der isolierenden Keramikplatte **8** ist Siliziumnitrid (Si_3N_4), und ihre Dicke beträgt 0,32 mm. Ein Material des Metallmusters ist Kupfer, und seine Dicke beträgt 0,4 mm.

[0026] Für die Basisplatte **2** kann ein Metallmaterial wie z. B. Kupfer oder Aluminium oder ein Verbundmaterial wie z. B. AlSiC verwendet werden. In dieser Ausführungsform wird Kupfer mit einer Dicke von 3, 5 mm verwendet.

[0027] Der Wärmeverteiler **3** ist auf dem isolierenden Substrat angeordnet, wobei ein Lötbondabschnitt **20b** dazwischen liegt. Ein Material des Wärmeverteilers **3** ist Kupfer mit einer Dicke von 1 mm oder mehr und 2 mm oder weniger.

[0028] Der Leistungsvorrichtungschip **5** ist auf den Wärmeverteiler **3** gebondet, wobei ein Lötbondabschnitt **20c** dazwischen liegt. Auch die FWD **6** ist auf den Wärmeverteiler gebondet, wobei ein Lötbondabschnitt **20e** dazwischen liegt.

[0029] Ein Damm **4** ist auf dem Wärmeverteiler **3** so gebildet, dass er den Leistungsvorrichtungschip **5** und die FWD **6** umgibt. Der Damm ist aus einem Stapel von Glas-Epoxid-Substraten gebildet. Der Damm **4** ist so gebildet, dass seine Wand höher ist als ein Lötbondabschnitt **20d**, der den Leistungsvorrich-

tungschip **5** mit einer internen Hauptelektrode **7** verbindet.

[0030] Über die interne Hauptelektrode **7**, die zum Führen des Hauptstroms dient, sind der Leistungsvorrichtungschip **5** und die FWD **6** parallel zueinander geschaltet, wobei Lötbondabschnitte **20d** und **20f** dazwischen liegen. Das andere Ende der internen Hauptelektrode **7** wird auf eine obere Oberfläche der Wand des Damms **4** hinaus gezogen und mit diesem verbunden, wobei ein Lötbondabschnitt **20g** dazwischen liegt. Vorzugsweise ist ein Material der internen Hauptelektrode **7** Kupfer, das ausgezeichnete Wärmefestigkeitseigenschaften hat.

[0031] Ein dicker Aluminiumdraht **9b** verbindet die externe Elektrode **10a** mit dem anderen Ende der internen Hauptelektrode **7**, das mit Lot auf die obere Oberfläche der Wand des Damms **4** gebondet ist. Ein dicker Aluminiumdraht **9a** verbindet die hinter der externen Elektrode **10a** liegende externe Elektrode mit einem Abschnitt des Wärmeverteilers **3**, der außerhalb des Damms **4** liegt.

[0032] Ein dünner Aluminiumdraht **9d** verbindet eine Steuerelektrode des Leistungsvorrichtungschips **5** mit einem Metallmuster, das auf einer oberen Oberfläche des Damms **4** angeordnet ist. Ein dünner Aluminiumdraht **9c** verbindet das Metallmuster, das auf der oberen Oberfläche des Damms **4** angeordnet ist, mit der externen Signalelektrode **10b**. Dadurch sind die Steuerelektrode des Leistungsvorrichtungschips **5** und die externe Signalelektrode **10b** des äußeren Gehäuses **1** miteinander verbunden.

[0033] Das Innere des Damms **4** wird mit einem Epoxidharz **11** gefüllt, so dass der Leistungsvorrichtungschip **5**, die FWD **6** und die Bondabschnitte **20d** und **20f** versiegelt sind. Zusätzlich wird das Innere des äußeren Gehäuses **1** mit einem Dichtungsmittel mit niedriger Elastizität gefüllt wie z. B. einem Silikongel **12**.

[0034] Als nächstes wird ein Verfahren zum Herstellen eines Leistungsmoduls gemäß der vorliegenden Ausführungsform beschrieben.

[0035] Die externe Elektrode **10a**, die hinter der externen Elektrode **10a** liegende externe Elektrode und die externe Signalelektrode **10b** werden in dem äußeren Gehäuse **1** durch Insert Molding oder Outsert Molding gebildet. Die Basisplatte **2** wird an der unteren Oberfläche des äußeren Gehäuses **1** angebracht.

[0036] Die vorbestimmten Metallmuster **8a** und **8b** werden auf beiden Oberflächen der isolierenden Keramikplatte **8** beispielsweise durch Elektroplattierung oder Ätzen gebildet. Eine daraus resultierende Platte dient als isolierendes Substrat.

[0037] Dann wird das isolierende Substrat mit Lötbonden auf der Basisplatte **2** befestigt. Weiter wird der Wärmeverteiler **3** mit Lötbonden auf dem isolierenden Substrat befestigt.

[0038] Dann werden der Leistungsvorrichtungschip **5** und die FWD **6** durch Lötbonden auf dem Wärmeverteiler **3** angeordnet. Außerdem werden Epoxidsubstrate (bedruckte Substrate) auf dem Wärmeverteiler **3** so gestapelt, dass sie den Leistungsvorrichtungschip **5** und die FWD **6** umgeben und somit den Damm **4** bilden. Dabei werden die Epoxidsubstrate zumindest so weit gestapelt, bis die Höhe der Wand des Damms **4** die Höhe des Lötbondabschnitts **20d** übersteigt, der den Leistungsvorrichtungschips **5** mit der internen Hauptelektrode **7** verbindet.

[0039] Das Bilden des Damms **4** wird als letztes durchgeführt, bevor die interne Hauptelektrode **7** mit dem Leistungsvorrichtungschip **5** und der FWD **6** verbunden wird.

[0040] Dann wird die interne Hauptelektrode **7** durch Lötbonden mit dem Leistungsvorrichtungschip **5**, der FWD **6** und der oberen Oberfläche der Wand des Damms **4** verbunden. Das Metallmuster wurde im Voraus auf der oberen Oberfläche der Wand des Damms **4** bereitgestellt. Die interne Hauptelektrode **7** wird mit Lot auf dieses Metallmuster gebondet.

[0041] Dann wird die Verbindung zwischen der internen Hauptelektrode **7** und der externen Elektrode **10a** durchgeführt. Durch Drahtbonden werden die externe Elektrode **10a** und ein Ende der internen Hauptelektrode **7**, das mit der oberen Oberfläche der Wand des Damms **4** verbunden ist, über den dicken Aluminiumdraht **9b** miteinander verbunden. In ähnlicher Weise werden die hinter der externen Elektrode **10a** liegende externe Elektrode und der Abschnitt des Wärmeverteilers **3**, der außerhalb des Damms **4** liegt, über den dicken Aluminiumdraht **9a** miteinander verbunden.

[0042] Durch Drahtbonden werden die Steuerelektrode des Leistungsvorrichtungschips **5** und die externe Signalelektrode **10b** über die dünnen Aluminiumdrähte **9c** und **9d** hintereinander über den Damm **4** miteinander verbunden.

[0043] Dann wird das Innere des Damms **4** durch Gießen mit dem Epoxidharz **11** gefüllt. Dieses Gießen wird zumindest bis zu der Höhe durchgeführt, bei der der Lötbondabschnitt **20d**, der den Leistungsvorrichtungschip **5** mit der internen Hauptelektrode **7** verbindet, versiegelt ist.

[0044] Zum Schluss wird ein Dichtungsmittel mit niedriger Elastizität wie z. B. das Silikongel **12** in das äußere Gehäuse **1** gegossen, um andere Abschnitte als das Epoxidharz **11** zu versiegeln. Das Versie-

geln des Inneren des äußeren Gehäuses **1** mit dem Silikongel **12** oder dergleichen wird durchgeführt, um die Isolation der Aluminiumdrähte und dergleichen zu schützen.

[0045] Das Bonden der Lötbondabschnitte **20a**, **20b**, **20c**, **20d**, **20e**, **20f** und **20g** wird beispielsweise unter Verwendung einer Lotplatte oder eines Lotpellets durchgeführt.

[0046] In dieser Ausführungsform ist das Material des Wärmeverteilers **3** Kupfer mit einer Dicke von 1 mm oder mehr und 2 mm oder weniger. Dieses Einstellen des Materials und der Größe des Wärmeverteilers **3** ist am vorteilhaftesten im Hinblick einer Abwägung zwischen einer Wärmeabfuhrleistungsfähigkeit und einer thermischen Spannung, die auf den Lötbondabschnitt **20b** ausgeübt wird. Das wurde durch Experimente verifiziert, die durch die Erfinder durchgeführt wurden. Daten, die als Ergebnis der Experimente gewonnen wurden, sind in **Fig. 2** gezeigt.

[0047] **Fig. 2** zeigt Ergebnisse, die gewonnen wurden durch Wiederholen eines thermischen Zyklus von -40°C bis 150°C bis zu 300 mal an Wärmeverteilern **3** mit unterschiedlicher Dicke und anschließendes Untersuchen der Degradationsrate des Lötbondabschnitts **20b**. Im Hinblick auf die Degradationsrate, die erzielt wurde, wenn die Anzahl der Zyklen **300** betrug, hatte die Degradationsrate in dem Fall, in dem die Dicke 3 mm betrug, einen hohen Wert von 20% oder mehr. Dagegen hatte die Degradationsrate in den Fällen, in denen die Dicke 1,5 mm und 2 mm betrug, einen niedrigen Wert von 10% oder weniger. Wenn die Dicke sinkt, sinkt die Degradationsrate. Dementsprechend kann abgeschätzt werden, dass in einem Fall, in dem die Dicke des Wärmeverteilers **3** auf 1,0 mm eingestellt wird, ähnlich wie in den Fällen, in denen die Dicke 1,5 mm und 2,0 mm ist, eine niedrige Degradationsrate erhalten wird. Im Hinblick auf die Wärmeableitungsleistungsfähigkeit benötigt der Wärmeverteiler **3** eine Dicke von zumindest 1 mm. Es wird daher angenommen, dass eine optimale Dicke des Wärmeverteilers **3** 1 mm oder mehr und 2 mm oder weniger ist.

[0048] Von den Erfindern durchgeführte Experimente haben verifiziert, dass es unter dem Gesichtspunkt einer Ermüdungslebensdauer des Lötbondabschnitts **20a** vorteilhaft ist, die Basisplatte **2** und das isolierende Substrat unter Bedingungen zu entwerfen, dass das Material der Basisplatte **2** Kupfer und seine Dicke 3,5 mm oder weniger ist, das Material der isolierenden Keramikplatte Siliziumnitrid und seine Dicke 0,3 mm oder mehr und 0,35 mm oder weniger ist, und dass das Material der Metallmuster **8a** und **8b** Kupfer und ihre Dicke 0,3 mm oder mehr und 0,5 mm oder weniger ist. Die durch die Experimente erzielten Ergebnisse sind in **Fig. 3** gezeigt.

[0049] **Fig. 3** zeigt Ergebnisse, die erzielt werden durch Ändern der Dicke der Basisplatte **2** in einem herkömmlichen isolierenden Substrat und dem isolierenden Substrat gemäß dieser Ausführungsform und anschließendes Messen der Degradationsrate des Lötbondabschnitts **20a**. Die Degradationsrate wurde gemessen, nachdem ein thermischer Zyklus von -40°C bis 150°C bis zu 300 mal wiederholt wurde. Bei dem isolierenden Substrat gemäß dieser Ausführungsform wurde Siliziumnitrid mit einer Dicke von 0,32 mm für die isolierende Keramikplatte verwendet, und Kupfer mit einer Dicke von 0,4 mm wurde für die Metallmuster verwendet, die auf beiden Seiten der isolierenden Keramikplatte angeordnet sind. Bei dem herkömmlichen isolierenden Substrat wurde Aluminiumnitrid mit einer Dicke von 0,635 mm für die isolierende keramische Platte verwendet, und Kupfer mit einer Dicke von 0,25 mm wurde für die Metallmuster verwendet, die auf beiden Oberflächen der isolierenden Keramikplatte angeordnet sind.

[0050] Mit Bezug auf **Fig. 3** ist aus den Daten, die gewonnen wurden, wenn die Anzahl der thermischen Zyklen **300** war, ersichtlich, dass die Degradationsrate des isolierenden Substrats gemäß dieser Ausführungsform unabhängig von der Dicke der Basisplatte **2** niedriger ist als diejenige des herkömmlichen isolierenden Substrats. Es ist auch ersichtlich, dass bei dem isolierenden Substrat gemäß dieser Ausführungsform die Degradationsrate sinkt, wenn die Dicke der Basisplatte **2** sinkt. Basierend auf diesen experimentellen Daten haben die Erfinder festgestellt, dass die Degradationsrate hinreichend verringert werden kann durch Einstellen der Dicke der Basisplatte **2** auf 3,5 mm oder weniger. Dementsprechend ist das Entfernen der Basisplatte **2** und des isolierenden Substrats unter Verwendung der Größe und des Materials, die oben genannt wurden, unter dem Gesichtspunkt der Ermüdungslebensdauer des Lötbondabschnitts **20a** vorteilhaft.

[0051] Das Leistungsmodul gemäß dieser Ausführungsform ist ein Leistungsmodul, das so aufgebaut ist, dass der Leistungsvorrichtungschip **5** innerhalb des Gehäuses **1** angeordnet ist und die Elektrode des Leistungsvorrichtungschips **5** mit der externen Elektrode **10a** verbunden ist, die in dem äußeren Gehäuse integriert ist. Das Leistungsmodul enthält: den Wärmeverteiler **3**, der in dem äußeren Gehäuse **1** befestigt ist, den Leistungsvorrichtungschip **5**, der mit Lot auf den Wärmeverteiler **3** gebondet ist, den isolierenden Damm **4**, der auf dem Wärmeverteiler **3** so gebildet ist, dass er den Leistungsvorrichtungschip **5** umgibt, und die interne Hauptelektrode **7**, deren eines Ende mit Lot auf die Elektrode des Leistungsvorrichtungschips **5** gebondet ist und deren anderes Ende an einer oberen Oberfläche des Damms befestigt ist. Die externe Elektrode **10a** und das andere Ende der internen Hauptelektrode **7** sind durch Drahtbonden elektrisch miteinander verbunden.

[0052] Das andere Ende der internen Hauptelektrode **7**, das durch Lötbonden an der oberen Oberfläche der Wand des Damms **4** befestigt ist, hat eine niedrigere Temperatur als ein Abschnitt, der auf den Leistungsvorrichtungschip **5** gebondet ist. Der dicke Aluminiumdraht **9b** ist mit diesem Abschnitt verbunden, der eine relativ niedrige Temperatur hat, und daher kann eine thermische Spannung, die von dem dicken Aluminiumdraht **9b** aufgenommen wird, relativ niedrig gemacht werden. Das kann die Lebensdauer des dicken Aluminiumdrahts **9b** erhöhen, und so wird eine Wirkung einer erhöhten Lebensdauer des Leistungsmoduls erzielt.

[0053] Da das Bonden zwischen der internen Hauptelektrode **7** und dem Leistungsvorrichtungschip **5** durch Lötbonden verwirklicht ist, ist eine breite Bondfläche sichergestellt, was es ermöglicht, Wärme wirkungsvoll von dem Leistungsvorrichtungschip **5** abzuführen. Dementsprechend wird eine Wirkung einer weiter erhöhten Lebensdauer des Leistungsmoduls erzielt. Aufgrund der wirkungsvollen Wärmeableitung wird weiter ein Anstieg des Widerstands des Leistungsversorgungschips **5** im eingeschalteten Zustand unterdrückt. Somit wird eine Wirkung eines verringerten Leistungsverlusts erwartet.

[0054] Bei der herkömmlichen Technik, bei der eine Elektrode eines Leistungsvorrichtungschips und eine externe Elektrode eines äußeren Gehäuses durch DLB-Bonden miteinander verbunden sind, gibt es Beschränkungen einer Anschlussform und der Größe der externen Elektrode. In dieser Ausführungsform dagegen wird die Verbindung mit jeder externen Elektrode (genauer gesagt mit der externen Elektrode **10a**, der hinter der externen Elektrode **10a** liegenden externen Elektrode und der externen Signalelektrode **10b**) durch Drahtbonden verwirklicht. Daher entfallen die Beschränkungen des Freiheitsgrads der Anschlussform und der Größe der externen Elektrode. Somit wird auch dann, wenn diese Ausführungsform auf ein kleines Los oder verschiedene Arten von Produkten angewendet wird, ein Ansteigen der Herstellungskosten verringert.

[0055] In dem Leistungsmodul gemäß dieser Ausführungsform ist der Damm **4** höher gebildet als der Leistungsvorrichtungschip **5** und der Lötabschnitt, der die Elektrode des Leistungsvorrichtungschips **5** mit der internen Hauptelektrode **7** verbindet, und das Innere des Damms **4** ist mit dem Epoxidharz gefüllt zum Versiegeln des Leistungsversorgungschips **5** und des Lötabschnitts **20d**, der die Elektrode des Leistungsvorrichtungschips **5** mit der internen Hauptelektrode **7** verbindet.

[0056] Durch Füllen des Inneren des Damms **4** mit dem Epoxidharz **11** werden der Leistungsvorrichtungschip **5**, die FWD **6** und die Lötbondabschnitte **20d** und **20f** versiegelt. Das ermöglicht es, den Leis-

tungsvorrichtungschip **5** und den Lötbondabschnitt **20d** vor einer thermischen Spannung zu schützen, die durch das Ein- und Ausschalten des Leistungsvorrichtungschips **5** erzeugt wird, und somit wird eine erhöhte Lebensdauer des Leistungsmoduls erwartet. Außerdem wird ein Vergießen durchgeführt zum Durchführen des Versiegelns unter Verwendung des Damms **4**. Das hat die Wirkung verringerter Herstellungskosten verglichen mit dem Verwenden der Spritzpresstechnik zum Durchführen des Versiegelns.

[0057] Bei dem Leistungsmodul gemäß dieser Ausführungsform ist der Wärmeverteiler **3** auf dem isolierenden Substrat befestigt, das auf der Basisplatte befestigt ist, die als untere Oberfläche des äußeren Gehäuses dient, das isolierende Substrat ist eine isolierende Keramikplatte **8**, die auf ihren beiden Oberflächen mit Metallmustern **8a** und **8b** versehen ist, das Material des Wärmeverteilers **3** ist Kupfer und seine Dicke ist 1 mm oder mehr und 2 mm oder weniger, das Material der Basisplatte **2** ist Kupfer und seine Dicke ist 3,5 mm oder weniger, das Material der isolierenden Keramikplatte **8** ist Siliziumnitrid und seine Dicke ist 0,3 mm oder mehr und 0,35 mm oder weniger, und das Material der Metallmuster **8a** und **8b** ist Kupfer und ihre Dicke ist 0,3 mm oder mehr und 0,5 mm oder weniger.

[0058] Das Entwerfen des Wärmeverteilers **3**, des isolierenden Substrats und der Basisplatte **2** auf die oben genannte Weise kann die Ermüdungslebensdauer der Lötbondabschnitte **20a** und **20b** maximieren. Somit ist die Wirkung einer erhöhten Lebensdauer des Leistungsmoduls erzielt.

[0059] Fig. 4 zeigt eine Schnittansicht eines Leistungsmoduls gemäß einer zweiten Ausführungsform. In dieser Ausführungsform ist anstelle des Bondens des dicken Aluminiumdrahts **9a** direkt auf den Wärmeverteiler **3** wie in der ersten Ausführungsform (Fig. 1) der dicke Aluminiumdraht **9a** auf eine obere Oberfläche eines leitenden Elektrodenblocks **3a** gebondet, der mit Lot auf den Wärmeverteiler **3** gebondet ist. Andere Teile des Aufbaus sind dieselben wie bei der ersten Ausführungsform, und daher unterbleibt deren Beschreibung.

[0060] Der Elektrodenblock **3a** ist auf einen Abschnitt des Wärmeverteilers **3** gebondet, der außerhalb des Damms **4** liegt, wobei ein Lötbondabschnitt **20h** dazwischen liegt. Die Höhe des Elektrodenblocks **3a** ist dieselbe wie die Höhe des anderen Endes der internen Hauptelektrode **7**. Unter dem Gesichtspunkt des Drahtbondens ist es vorteilhaft, dass ein Fehler in der Höhe etwa $\pm 0,3$ mm beträgt. Es ist vorzuziehen, dass das Material des Elektrodenblocks **3a** Kupfer ist, das eine hervorragende Wärmeleitfähigkeit aufweist.

[0061] Bei dem Leistungsmodul gemäß dieser Ausführungsform ist der leitende Elektrodenblock **3a**, der dieselbe Höhe hat wie das andere Ende der internen Hauptelektrode **7**, elektrisch auf den Abschnitt des Wärmeverteilers **3** gebondet, der außerhalb des Damms **4** liegt, und die obere Oberfläche des Elektrodenblocks **3a** und die hinter der externen Elektrode **10a** liegende externe Elektrode, die mit dem äußeren Gehäuse **1** integriert ist, sind durch Drahtbonden elektrisch miteinander verbunden.

[0062] Demzufolge sind die Höhen der Drahtbondoberflächen, auf die die dicken Aluminiumdrähte **9a** und **9b** gebondet werden, gleich. Das beseitigt die Beschränkung in einem Bewegungsbereich eines Drahtbonders, die durch einen Höhenunterschied zwischen den Bondflächen bewirkt wurde. Somit kann verglichen mit der ersten Ausführungsform, die einen Höhenunterschied zwischen den Drahtbondflächen bewirkt, der Abstand zwischen den Drahtbondpositionen, an denen die dicken Aluminiumdrähte **9a** und **9b** gebondet werden, in der Horizontalrichtung verkleinert sein. Somit kann die Breite des Wärmeverteilers **3** verringert sein, was es ermöglicht, das Leistungsmodul zu verkleinern.

[0063] Eine dritte Ausführungsform unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform darin, dass auf einer in **Fig. 1** gezeigten Bondfläche zwischen dem isolierenden Substrat und dem Wärmeverteiler **3**, d. h. einer Bondfläche zwischen dem Metallmuster **8b** und dem Wärmeverteiler **3**, ein Lötresist **21** im Voraus auf einen äußeren Umfangsabschnitt des Metallmusters **8b** aufgebracht wird und dann Lötbonden durchgeführt wird. Die anderen Teile sind dieselben wie die der ersten Ausführungsform, und daher unterbleibt ihre Beschreibung.

[0064] **Fig. 5** zeigt die Bondfläche zwischen dem isolierenden Substrat und dem Wärmeverteiler **3**. Das Metallmuster **8b** ist auf der isolierenden Keramikplatte **8** gebildet. Wie in **Fig. 1** gezeigt sind das Metallmuster **8b** und der Wärmeverteiler **3** aufeinander gebondet, wobei der Lötbondabschnitt **20b** dazwischen liegt.

[0065] Bevor das Metallmuster **8b** und der Wärmeverteiler **3** mit Lot gebondet werden, wird im Voraus der Lötresist **21** auf den äußeren Umfangsabschnitt des Metallmusters **8b** aufgebracht. Dann wird das Metallmuster **8b** auf den Wärmeverteiler **3** gebondet. Das verringert eine Lötbondfläche des Lötbondabschnitts **20b** verglichen damit, dass der Lötresist **21** nicht aufgebracht wird.

[0066] Wenn das isolierende Substrat einer Wärme ausgesetzt wird, die durch Ein- und Ausschalten des Leistungshalbleiterchips **5** bewirkt wird, konzentriert sich eine Spannung in einem Grenzabschnitt zwischen der isolierenden Keramikplatte **8** und je-

dem der Metallmuster **8a** und **8b** aufgrund eines Unterschieds in dem Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen der isolierenden Keramikplatte **8** und den Metallmustern **8a** und **8b**. Das kann eine Rissbildung in der isolierenden Keramikplatte **8** bewirken.

[0067] Das Verringern der Lötbondfläche in dem Lötbondabschnitt **20b** wie in dieser Ausführungsform kann die Spannungskonzentration in dem Grenzabschnitt zwischen der isolierenden Keramikplatte **8** und jedem der Metallmuster **8a** und **8b** verringern.

[0068] In dieser Ausführungsform ist eine Breite **21a** des äußeren Umfangsabschnitts des Metallmusters **8b**, auf den der Lötresist **21** aufgebracht wird, auf 1 mm oder mehr und 2 mm oder weniger eingestellt. Von den Erfindern durchgeführte Experimente haben verifiziert, dass dann, wenn die Breite **21a** des äußeren Umfangsabschnitts in diesem Bereich eingestellt ist, eine Rissbildung der isolierenden Keramikplatte **8** verhindert werden kann, ohne die Wärmeleitung des Lötbondabschnitts **20b** zu beeinträchtigen.

[0069] Teil (a) von **Fig. 6** zeigt eine Fotografie des isolierenden Substrats, bei dem der Lötresist **21** nicht auf den äußeren Umfangsabschnitt des Metallmusters **8b** aufgetragen ist. Teil (c) von **Fig. 6** zeigt eine Fotografie des isolierenden Substrats, bei dem der Lötresist **21** auf den äußeren Umfangsabschnitt des Metallmusters **8b** aufgetragen ist und die Breite **21a** des äußeren Umfangsabschnitts auf 1 mm oder mehr oder 2 mm oder weniger eingestellt ist. Teil (b) von **Fig. 6** zeigt ein Makrobild eines Querschnitts der in Teil (a) von **Fig. 6** gezeigten isolierenden Keramikplatte **8**. In einem Fall, in dem der Lötresist **21** nicht auf den äußeren Umfangsabschnitt des Metallmusters **8b** aufgetragen ist, tritt, wie in Teil (b) von **Fig. 6** gezeigt, gelegentlich eine Rissbildung in dem isolierenden Keramiksubstrat **8** auf. Andererseits ist verifiziert, dass in einem Fall, in dem der Lötresist **21** auf den äußeren Umfangsabschnitt des Metallmusters **8b** aufgetragen ist und die Breite **21a** des äußeren Umfangsabschnitts auf 1 mm oder mehr und 2 mm oder weniger eingestellt ist, die Rissbildung unterdrückt ist, ohne dass die Wärmeleitung des Lötbondabschnitts **20b** beeinträchtigt ist.

[0070] Bei dem Leistungsmodul gemäß dieser Ausführungsform ist der Lötresist **21** im Voraus auf den äußeren Umfangsabschnitt der Bondfläche des isolierenden Substrats aufgebracht, die mit dem Wärmeverteiler **3** verbunden wird. Die Breite **21a** des äußeren Umfangsabschnitts ist 1 mm oder mehr und 2 mm oder weniger, und das isolierende Substrat und der Wärmeverteiler **3** werden durch Lötbonden miteinander verbunden.

[0071] Da das isolierende Substrat und der Wärmeverteiler **3** mit Lot gebondet werden, nachdem der Lötresist **21** auf den äußeren Umfangsabschnitt des

Metallmustern **8b** aufgebracht wurde, ist die Lötbondfläche in dem Lötbondabschnitt **20b** verringert. Das kann die Spannungskonzentration in dem Grenzabschnitt zwischen der isolierenden Keramikplatte **8** und den Metallmustern **8a** und **8b** verringern. Dementsprechend kann eine Rissbildung der isolierenden Keramikplatte **8** aufgrund der Spannungskonzentration verhindert werden. Da weiter die Breite **21a** des äußeren Umfangsabschnitts, auf den der Lötresist **21** aufgebracht wird, auf 1 mm oder mehr und 2 mm oder weniger eingestellt ist, kann eine Rissbildung der isolierenden Keramikplatte **8** verhindert werden, ohne die Wärmeleitung des Lötbondabschnitts **20b** zu beeinträchtigen.

[0072] Die Ausführungsformen der vorliegenden Erfindungen können auf beliebige Weise miteinander kombiniert werden oder sie können in geeigneter Weise abgewandelt oder weggelassen werden, solange dies innerhalb des Umfangs der Erfindung liegt.

Patentansprüche

1. Leistungsmodul, das so aufgebaut ist, dass ein Leistungsvorrichtungschip (**5**) innerhalb eines äußeren Gehäuses (**1**) angeordnet ist und eine Elektrode des Leistungsvorrichtungschips (**5**) mit einer externen Elektrode (**10a**) verbunden ist, die in dem äußeren Gehäuse (**1**) integriert ist, wobei das Leistungsmodul enthält:

einen Wärmeverteiler (**3**), der in dem äußeren Gehäuse (**1**) befestigt ist, den Leistungsvorrichtungschip (**5**), der mit Lot auf den Wärmeverteiler (**3**) gebondet ist, einen isolierenden Damm (**4**), der auf dem Wärmeverteiler (**3**) so gebildet ist, dass er den Leistungsvorrichtungschip (**5**) umgibt, und eine interne Hauptelektrode (**7**), deren eines Ende mit Lot auf die Elektrode des Leistungsvorrichtungschips (**5**) gebondet ist und deren anderes Ende an einer oberen Oberfläche des Damms befestigt ist, wobei die externe Elektrode (**10a**) und das andere Ende der internen Hauptelektrode (**7**) durch Drahtbonden elektrisch miteinander verbunden sind.

2. Leistungsmodul gemäß Anspruch 1, bei dem der Damm (**4**) höher gebildet ist als der Leistungsvorrichtungschip (**5**) und ein Lötabschnitt (**20d**), der die Elektrode des Leistungsvorrichtungschips (**5**) mit der internen Hauptelektrode (**7**) verbindet, und das Innere des Damms (**4**) mit einem Epoxidharz gefüllt ist zum Versiegeln des Leistungsvorrichtungschips (**5**) und des Lötabschnitts (**20d**), der die Elektrode des Leistungsvorrichtungschips (**5**) mit der internen Hauptelektrode (**7**) verbindet.

3. Leistungsmodul gemäß Anspruch 1 oder 2, bei dem der Wärmeverteiler (**3**) auf einem isolierenden Substrat befestigt ist, das auf einer Basisplatte (**2**) befestigt ist, die als untere Oberfläche des äußeren Gehäuses (**1**) dient,

das isolierende Substrat eine isolierende Keramikplatte (**8**) ist, die auf ihren beiden Oberflächen mit Metallmustern (**8a**, **8b**) versehen ist, ein Material des Wärmeverteilers (**3**) Kupfer ist und seine Dicke 1 mm oder mehr und 2 mm oder weniger ist, ein Material der Basisplatte (**2**) Kupfer ist und seine Dicke 3,5 mm oder weniger ist, ein Material der isolierenden Keramikplatte (**8**) Siliziumnitrid ist und ihre Dicke 0,30 mm oder mehr und 0,35 mm oder weniger ist, und ein Material der Metallmuster (**8a**, **8b**) Kupfer ist und ihre Dicke 0,3 mm oder mehr und 0,5 mm oder weniger ist.

4. Leistungsmodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem

ein leitender Elektrodenblock (**3a**) elektrisch auf einen Abschnitt des Wärmeverteilers (**3**) gebondet ist, der außerhalb des Damms (**4**) liegt, wobei der leitende Elektrodenblock (**3a**) dieselbe Höhe hat wie das andere Ende der internen Hauptelektrode (**7**), und eine obere Oberfläche des Elektrodenblocks (**3a**) und eine weitere externe Elektrode, die mit dem äußeren Gehäuse (**1**) integriert ist, durch Drahtbonden elektrisch miteinander verbunden sind.

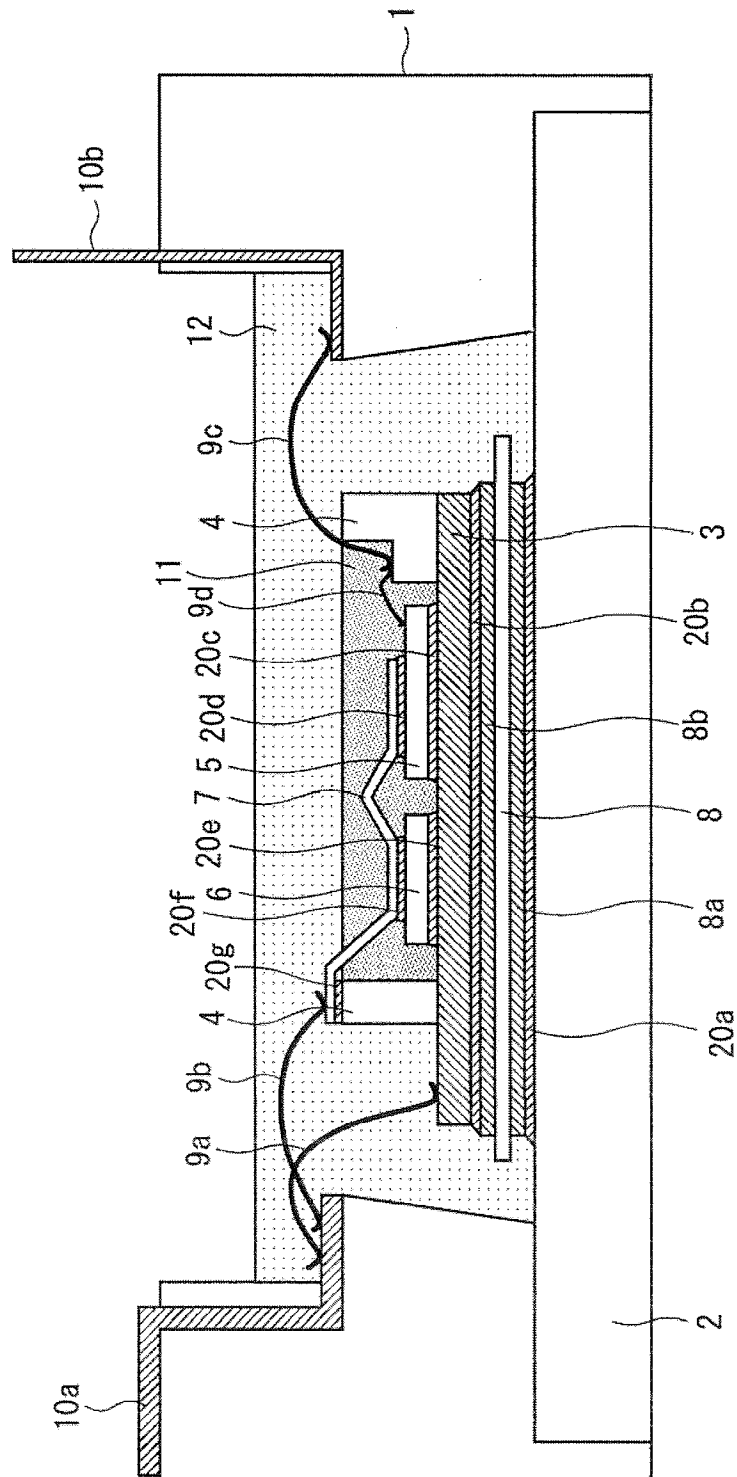
5. Leistungsmodul gemäß Anspruch 3 oder 4, bei dem

ein Lötresist (**21**) im Voraus auf einen äußeren Umfangsabschnitt einer Bondfläche des isolierenden Substrats aufgebracht wird, die mit dem Wärmeverteiler (**3**) verbunden wird, eine Breite (**21a**) des äußeren Umfangsabschnitts, auf den der Lötresist (**21**) aufgebracht wird, 1 mm oder mehr und 2 mm oder weniger ist, und der Wärmeverteiler (**3**) durch Lötbonden an dem isolierenden Substrat befestigt wird.

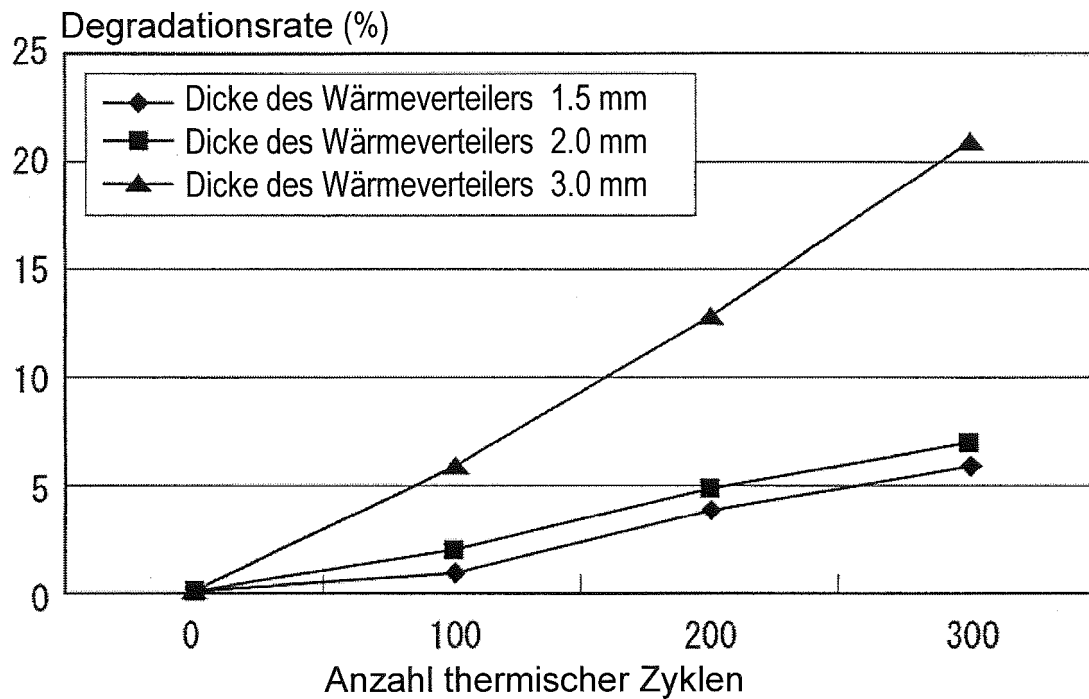
Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Г
Г
Г
Г



F I G . 2



F I G . 3

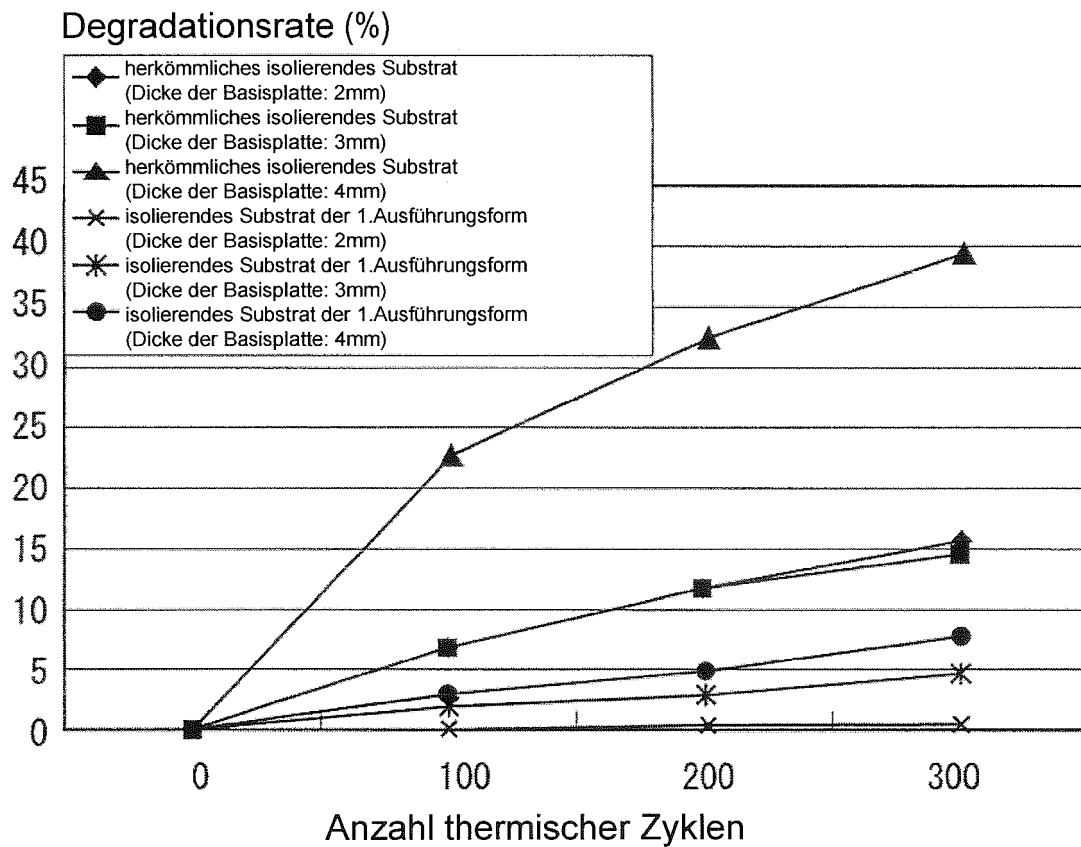
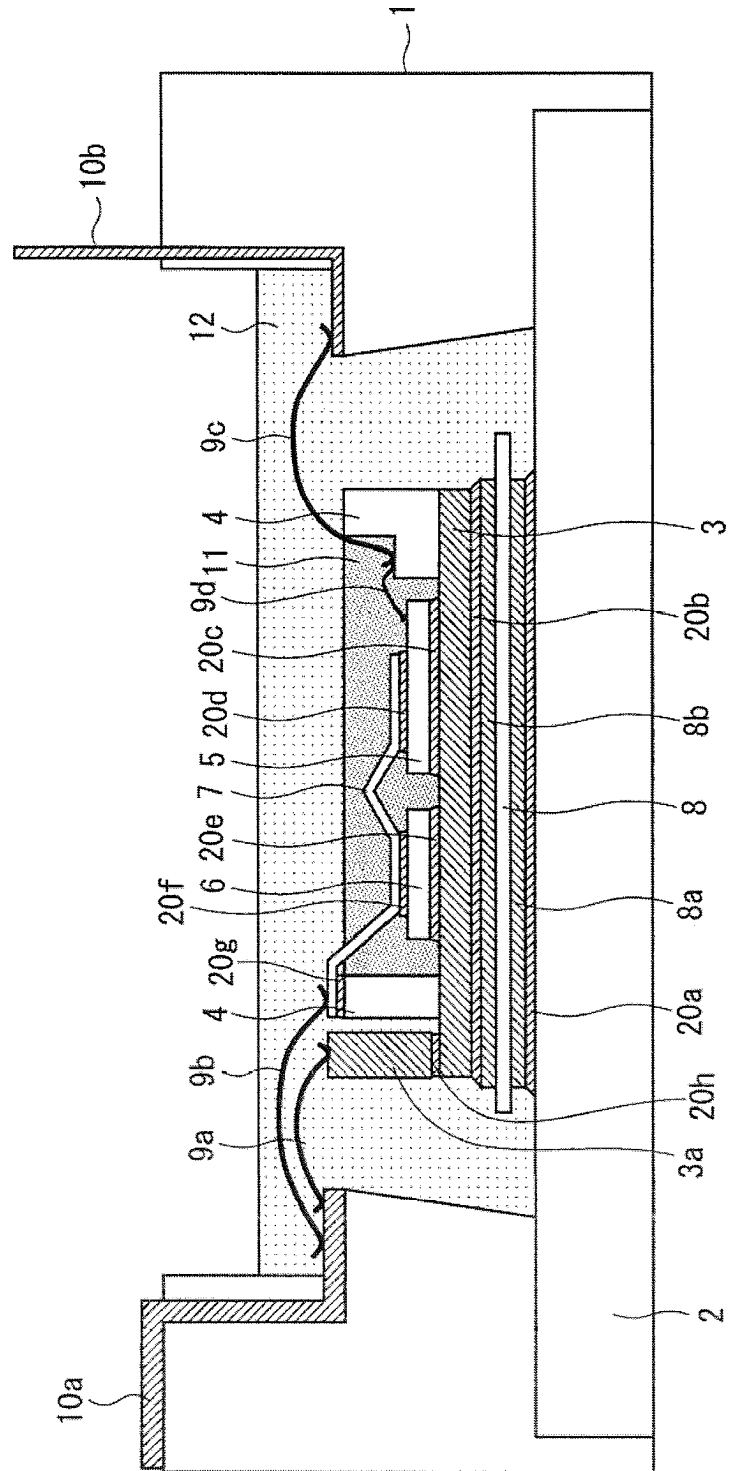
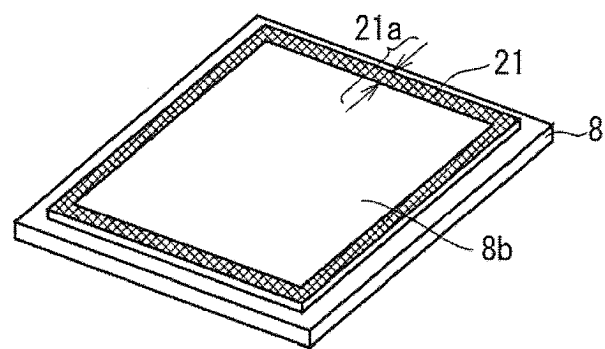


FIG. 4



F I G . 5



F I G . 6

