



(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2015 213 495.4

(51) Int Cl.: H01L 23/40 (2006.01)

(22) Anmelddatag: 17.07.2015

H01L 23/31 (2006.01)

(43) Offenlegungstag: 10.03.2016

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 26.06.2025

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:  
2014-183972

10.09.2014 JP

(72) Erfinder:

Otsubo, Yoshitaka, Tokyo, JP; Yoshida, Hiroshi, Tokyo, JP; Fujino, Junji, Tokyo, JP; Kikuchi, Masao, Tokyo, JP; Murai, Junichi, Tokyo, JP

(73) Patentinhaber:

Mitsubishi Electric Corporation, Tokyo, JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:  
siehe Folgeseiten

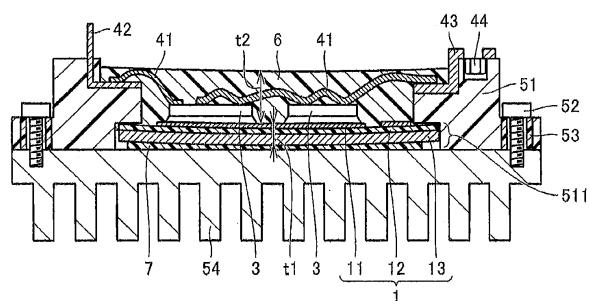
(74) Vertreter:

Prüfer & Partner mbB Patentanwälte  
Rechtsanwalt, 81479 München, DE

(54) Bezeichnung: Halbleitervorrichtung und Herstellungsverfahren dafür

(57) Hauptanspruch: Halbleitervorrichtung, die Folgendes umfasst:  
ein Isolationssubstrat (1);  
ein Halbleiterelement (3), das auf einer ersten Oberfläche des Isolationssubstrats (1) angeordnet ist;  
ein Gehäuse (51), das mit dem Isolationssubstrat (1) verbunden ist und dazu konfiguriert ist, das Halbleiterelement (3) darin aufzunehmen; und  
ein Harz (6), das in das Gehäuse (51) gefüllt ist, um das Halbleiterelement (3) zu vergraben,  
wobei, unter der Annahme, dass die Dicke des Isolationssubstrats (1) mit t1 bezeichnet ist, die Dicke des Harzes (6) mit t2 bezeichnet ist, der Längenausdehnungskoeffizient des Isolationssubstrats (1) mit  $\alpha_1$  bezeichnet ist und der Längenausdehnungskoeffizient des Harzes (6) mit  $\alpha_2$  bezeichnet ist, die Beziehung dazwischen  $t_2 \geq t_1$  und  $\alpha_2 \geq \alpha_1$  erfüllt,  
das Gehäuse (51) mit einem überlappenden Abschnitt, der mit einer Außenkante des Isolationssubstrats (1) in der Draufsicht überlappt, und einem Verlängerungsabschnitt (53), der sich vom überlappenden Abschnitt weiter nach außen als die Außenkante des Isolationssubstrats (1) erstreckt, versehen ist,  
die Halbleitervorrichtung ferner ein Befestigungselement (52) umfasst, das dazu konfiguriert ist, den Verlängerungsabschnitt (53) des Gehäuses (51) an einem externen Element (54) zu befestigen, das außerhalb der Halbleitervorrichtung angeordnet ist,  
ein Wärmestrahlungsfett (7) zwischen dem Isolationssubstrat (1) und dem externen Element (54) angeordnet ist und  
der überlappende Abschnitt mit einem abgestuften

Abschnitt (511) versehen ist, um die Außenkante des Isolationssubstrats (1) aufzunehmen, und die Tiefe des abgestuften Abschnitts (511) größer ist als die Summe der Dicke (t1) des Isolationssubstrats (1) und einer Dicke des Wärmestrahlungsfetts (7) in einem Zustand, in dem der Verlängerungsabschnitt (53) des Gehäuses (51) durch das Befestigungselement (52) an dem externen Element (54) befestigt ist, und die Tiefe des abgestuften Abschnitts (511) kleiner ist als die Summe der Dicke (t1) des Isolationssubstrats (1) und eines Ausmaßes der Verzerrung des Isolationssubstrats (1) in einem Zustand, in dem die Außenkante des Isolationssubstrats (1) noch nicht durch den abgestuften Abschnitt (511) des Gehäuses (51) gepresst wurde, und wobei in dem Zustand, in dem der Verlängerungsabschnitt (53) des Gehäuses (51) durch das Befestigungselement (52) an dem externen Element (54) befestigt ist, eine zweite Oberfläche des Isolationssubstrats (1) entgegengesetzt zur ersten Oberfläche davon in eine konvexe Form verzerrt ist.



(19)



Deutsches  
Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2015 213 495 B4** 2025.06.26

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	39 15 707	A1
DE	10 2008 023 711	A1
US	2003 / 0 094 682	A1
US	4 887 149	A
JP	2011- 187 711	A

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Halbleitervorrichtung und ein Herstellungsverfahren dafür und bezieht sich insbesondere auf eine Halbleitervorrichtung mit einem Isolationssubstrat, auf dem ein Halbleiterelement angeordnet ist, das mit einem externen Element verbunden ist, und ein Herstellungsverfahren dafür.

**[0002]** Es ist bekannt, dass eine Halbleitervorrichtung üblicherweise unter vielseitigen Aspekten wie z. B. Leistungserzeugung, Leistungsübertragung und effiziente Nutzung und/oder Reproduktion von Energie verwendet wurde. Als solche ist eine Halbleitervorrichtung so konfiguriert, dass sie ein Isolationssubstrat aufweist, auf dem ein Halbleiterelement angeordnet ist, das mit einem Kühlelement verbunden ist. Ferner ist in einer solchen Halbleitervorrichtung ein Gehäuse angeordnet, um darin das Halbleiterelement aufzunehmen, wobei das Innere des Gehäuses mit Harz gefüllt sein kann.

**[0003]** Um die Produktivität und Zuverlässigkeit einer solchen Halbleitervorrichtung zu verbessern, erlangt beispielsweise eine Direktvergussversiegelungstechnik, durch die ein Epoxidversiegelungsharz mit einem darin dispergierten Füllstoff in das Gehäuse eingespritzt wird, Popularität. In einer solchen Halbleitervorrichtung ist jedoch die Tatsache, wie ein enger Kontakt zwischen dem Isolationssubstrat und dem Kühlelement sicherzustellen ist, ein Problem.

**[0004]** Beispielsweise offenbart JP 2000- 200 865 A ein Verfahren, das in der Weise durchgeführt wird, dass ein Isolationssubstrat vorläufig in eine konvexe Form nach unten verzerrt wird, die Halbleiterelemente auf dem Isolationssubstrat installiert werden, um ein Modul zu bilden, und das Modul durch Schrauben am Kühlelement mit einer Art von Wärmestrahlungsfett befestigt wird, das gleichmäßig zwischen dem Isolationssubstrat und dem Kühlelement verteilt wird, um den engen Kontakt sicherzustellen.

**[0005]** Überdies offenbart JP H08- 236 667 A ein Verfahren, das in der Weise durchgeführt wird, dass ein innerer Abschnitt des Isolationssubstrats, wo die Halbleiterelemente installiert sind, die von einer Innen- zu einer Außenkante hiervon angeordnet sind, nach unten gepresst wird, um es in eine konvexe Form zu verzerren, und das verzerrte Isolationssubstrat gegen das Kühlelement gepresst wird, um den engen Kontakt zwischen dem Isolationssubstrat und dem Kühlelement zu verbessern.

**[0006]** Für eine Halbleitervorrichtung, wie z. B. jene, die mit einem Leistungshalbleiterelement versehen ist, das unter einer hohen Spannung und/oder einem großen Strom arbeitet, ist es erforderlich,

dass sie die Funktionen aufweist, um die Joule-Wärme, die aufgrund des Widerstandes eines Übergangs erzeugt wird, und/oder die Wärme, die aufgrund eines Umwandlungsverlusts erzeugt wird, effizient zur Außenseite abzustrahlen. In einer mit Gehäuse versehenen Halbleitervorrichtung (eine Art von Halbleitervorrichtung, die so konfiguriert ist, dass deren Halbleiterelemente innerhalb eines Gehäuses untergebracht sind), die üblicherweise in industriellen Anwendungen wie z. B. Transportausrüstungen und/oder Fabrikautomatisierungseinrichtungen verwendet wird, wird üblicherweise, um Wärme von einer unteren Oberfläche des Isolationssubstrats zum Kühlelement zu übertragen, eine Art von Wärmestrahlungsfett verwendet. Wie das Wärmestrahlungsfett ausreichend zu verteilen ist oder wie das Auftreten von Luftblasen (Leerstellen) zu vermeiden ist, die durch die Luft verursacht werden, die im Wärmestrahlungsfett eingeschlossen wird, ist folglich für eine langfristige effiziente Wärmestrahlung wichtig. Dazu ist es wichtig, die Verzerrung des Isolationssubstrats oder eines Kühlkörpers zu steuern, der von der unteren Oberfläche der Halbleitervorrichtung freiliegt, und es ist auch erforderlich, die Verformung des Gehäuses oder dergleichen, die auftritt, wenn das Kühlelement durch Schrauben befestigt wird, zu berücksichtigen.

**[0007]** Um die Leistungshalbleiterelemente und Drähte innerhalb des Gehäuses für den Zweck der Verbesserung der Zuverlässigkeit zu versiegeln und zu isolieren, wurde überdies das Versiegelungsharz vom Direktvergusstyp in der vorstehend beschriebenen Weise aufgebracht. Das Versiegelungsharz vom Direktvergusstyp ist ein flüssiges Harz, das durch Dispergieren eines Füllstoffs wie z. B. Siliziumoxid in einem Epoxidharz erhalten wird, und das flüssige Harz wird zum Härteln erhitzt, nachdem es in das Gehäuse eingespritzt wurde. Die Verwendung eines solchen Versiegelungsharzes vom Direktvergusstyp kann beispielsweise von der Notwendigkeit einer Transferform befreien. Da jedoch das Versiegelungsharz vom Direktvergusstyp einen höheren Elastizitätsmodul im Vergleich zu Gel aufweist, verursacht es eine größere Verformung in der Halbleitervorrichtung aufgrund der Härtungsschrumpfung und folglich ist es erforderlich, ein neues Konzept anzuwenden, um das Ausmaß der Verzerrung des vorstehend beschriebenen Isolationssubstrats zu steuern.

**[0008]** In der Technologie, die in JP 2000- 200 865 A beschrieben ist, ist es erforderlich, Drahtbunden für den Zweck von Chipbunden oder Verdrahten von Halbleiterelementen wie z. B. eines Leistungshalbleiterelements an das verzerrte Isolationssubstrat durchzuführen. Da es in diesem Fall schwierig ist, die Positionierungs- und/oder die Verbindungsbedingungen zu stabilisieren, wird angenommen, dass die Ausführbarkeit eines solchen Vorgangs geringer ist als die Ausführbarkeit, wenn ein flaches Isolations-

substrat verwendet wird, und dadurch wird es als Hauptfaktor betrachtet, der die Ausbeute und Produktivität und/oder die Zuverlässigkeit von Produkten verringert. Beim Befestigen des Isolationssubstrats am Kühlelement durch Schrauben, wenn das Isolationssubstrat am Kühlelement durch Schrauben am Befestigungsabschnitt zu straff befestigt wird, ist es überdies möglich, dass das Isolationssubstrat sich umgekehrt verzerrt und dadurch Luft darin einschließt.

**[0009]** In der Technologie, die in JP H08- 236 667 A offenbart ist, wurde, obwohl die Aufhebung der Längenausdehnungsdifferenz zwischen dem Isolationssubstrat und einem metallischen Wärmestrahlungselement, das als Basis dient, in Erwägung gezogen wurde, der Einfluss vom Isolationsversiegelungsharz insbesondere nicht betrachtet. Daher ist es schwierig, das Isolationssubstrat in eine konvexe Form zu verzerren und die Form stabil zu halten. Mit anderen Worten, es ist schwierig, den engen Kontakt des Isolationssubstrats mit dem Kühlelement zuverlässig zu erhöhen, und außerdem kann die Produktivität und/oder Ausbeute im Herstellungsprozess einer Halbleitervorrichtung nachteilig beeinflusst werden.

**[0010]** DE 10 2008 023 711 A1 beschreibt ein Halbleitermodul, bei dem eine erste Metallfolie mit der unteren Fläche einer Isolierplatte verbunden ist, eine zweite Metallfolie mit der oberen Fläche der Isolierplatte verbunden ist und Halbleitervorrichtungen sind mit der zweiten Metallfolie verbunden sind. Ein Harzgehäuse umgibt die erste Metallfolie, die Isolierplatte, die zweite Metallfolie und Halbleitervorrichtungen auf der Seite oberhalb der unteren Fläche der ersten Metallfolie, und Epoxidharz ist in den Raum zwischen der Innenfläche des Harzgehäuses und der äußeren Umfangsrandfläche der ersten Metallfolie und den Außenflächen der Isolierplatte, der zweiten Metallfolie und der Halbleitervorrichtungen gepackt. Mittels der unteren Fläche der Metallfolie und des von dem Harzgehäuse freiliegenden Epoxidharzes wird eine ebene Fläche gebildet, die in engen Kontakt mit einem Kühlelement gebracht werden kann. Das Isoliersubstrat ist aus  $\text{Al}_2\text{O}_3$  gebildet. Die Dicke des Epoxidharzes ist größer als die des Substrats, und sein Längenausdehnungskoeffizient ist mit annähernd 15 ppm/K größer als der von  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

**[0011]** Ein ähnliches Halbleitermodul ist in DE 39 15 707 A1 offenbart.

**[0012]** US 2003 / 0 094 682 A1 zeigt ein Halbleitermodul, bei dem ein isolierendes Substrat in einem Stufenabschnitt zwischen einem Kühlkörper und einem auf diesem angebrachten Flansch gehalten wird. In einer Ausführungsform ist das isolierende Substrat so verbogen, dass es an seinem Rand von dem Kühlkörper weg steht.

**[0013]** JP 2011 - 187 711 A beschreibt ebenfalls ein Halbleitermodul, bei dem isolierendes Substrat in einem Stufenabschnitt zwischen einem Kühlkörper und einem auf diesem angebrachten Flansch gehalten wird. Die Tiefe des Stufenabschnitts ist kleiner als die Dicke des isolierenden Substrats.

**[0014]** Daher besteht eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, eine Halbleitervorrichtung, die durch stabiles Verzerren eines Isolationssubstrats in eine konvexe Form mit hoher Zuverlässigkeit erhalten werden kann, während ein enger Kontakt zwischen einem Kühlelement und dem Isolationssubstrat sichergestellt wird, und ein Herstellungsverfahren dafür zu schaffen.

**[0015]** Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch eine Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1 bzw. durch ein Herstellungsverfahren nach Anspruch 4 gelöst.

**[0016]** Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

**[0017]** Weitere Merkmale und Zweckmäßigkeitkeiten der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung von Ausführungsformen der Erfindung anhand der Figuren. Von den Figuren zeigen:

**Fig. 1** eine schematische Querschnittsansicht, die eine Halbleitervorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt,

**Fig. 2** eine Draufsicht der in **Fig. 1** dargestellten Halbleitervorrichtung,

**Fig. 3** einen Ablaufplan, der ein Herstellungsverfahren der in **Fig. 1** dargestellten Halbleitervorrichtung darstellt,

**Fig. 4** eine schematische Schnittansicht zum Erläutern eines Herstellungsverfahrens der in **Fig. 3** dargestellten Halbleitervorrichtung,

**Fig. 5** eine schematische Schnittansicht zum Erläutern eines Herstellungsverfahrens der in **Fig. 3** dargestellten Halbleitervorrichtung,

**Fig. 6** eine schematische Schnittansicht zum Erläutern eines Herstellungsverfahrens der in **Fig. 3** dargestellten Halbleitervorrichtung,

**Fig. 7** eine schematische Schnittansicht, die ein modifiziertes Beispiel der in **Fig. 1** dargestellten Halbleitervorrichtung darstellt,

**Fig. 8** eine schematische Schnittansicht, die ein modifiziertes Beispiel der in **Fig. 1** dargestellten Halbleitervorrichtung darstellt,

**Fig. 9** eine schematische Querschnittsansicht, die eine Halbleitervorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt, und

**Fig. 10** eine schematische Querschnittsansicht, die ein modifiziertes Beispiel der in **Fig. 9** dargestellten Halbleitervorrichtung darstellt.

**[0018]** Nachstehend werden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben. Es ist zu beachten, dass in den nachstehenden Zeichnungen denselben oder entsprechenden Teilen dieselben Bezugszeichen zugewiesen werden und deren Beschreibung nicht wiederholt wird.

(Erste Ausführungsform)

**[0019]** **Fig. 1** ist eine schematische Querschnittsansicht, die eine Halbleitervorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt. **Fig. 2** ist eine Draufsicht der in **Fig. 1** dargestellten Halbleitervorrichtung. Der Deutlichkeit halber ist das Versiegelungsharz vom Direktvergusstyp (eine Art von Versiegelungsharz, das durch direktes Vergießen ausgebildet wird, kann einfach nachstehend als Versiegelungsharz bezeichnet werden, wenn geeignet) in den Zeichnungen nicht dargestellt.

(Struktur der Halbleitervorrichtung)

**[0020]** Mit Bezug auf **Fig. 1** und **2** umfasst eine Harzhalbleitervorrichtung hauptsächlich ein Isolationssubstrat 1 (nachstehend als Substrat 1 bezeichnet, wenn geeignet), ein Leistungshalbleiterelement 3, das als Halbleiterelement dient, ein Gehäuse 51, ein Versiegelungsharz 6 vom Direktvergusstyp (nachstehend als Versiegelungsharz 6 bezeichnet, wenn geeignet), das als in das Gehäuse 51 gefülltes Harz dient. Die Halbleitervorrichtung umfasst ferner eine Schraube 52, die als Befestigungselement zum Befestigen des Gehäuses 51 an einer Kühlvorrichtung 54 dient, die als Kühelement dient, das ein Beispiel eines externen Elements ist, das außerhalb der Halbleitervorrichtung angeordnet ist. Unter der Annahme, dass die Dicke des Isolationssubstrats 1 mit  $t_1$  bezeichnet ist, die Dicke des Harzes 6 mit  $t_2$  bezeichnet ist, der Längenausdehnungskoeffizient des Isolationssubstrats 1 mit  $\alpha_1$  bezeichnet ist und der Längenausdehnungskoeffizient des Harzes 6 mit  $\alpha_2$  bezeichnet ist, erfüllt die Beziehung zwischen  $t_2 \geq t_1$  und  $\alpha_2 \geq \alpha_1$ . Eine zweite Oberfläche des Isolationssubstrats 1 entgegengesetzt zu einer ersten Oberfläche davon, auf der das Leistungshalbleiterelement 3 angeordnet ist, ist in eine konvexe Form verzerrt.

**[0021]** Die Abmessungen des Isolationssubstrats 1 sind beispielsweise 70 mm in der vertikalen Richtung  $\times$  70 mm in der horizontalen Richtung  $\times$  3 mm in der Dicke. Das Isolationssubstrat 1 weist eine mehrlagige Struktur auf, in der eine Epoxid-Isolationschicht 12 und eine Kupferverdrahtung 11 auf einer

Kupferbasis 13 ausgebildet sind. Der Längenausdehnungskoeffizient des Isolationssubstrats 1 einer solchen mehrlagigen Struktur kann durch Zuteilen der Längenausdehnungskoeffizienten von Materialien jeder Schicht gemäß den Volumenverhältnissen bestimmt werden oder kann tatsächlich durch Experimente bestimmt werden. Das Leistungshalbleiterelement 3 ist auf einer Oberfläche angeordnet, nämlich einer ersten Oberfläche des Isolationssubstrats 1. Als Beispiel des Leistungshalbleiterelements 3 kann ein IGBT, der mit 15 mm in der vertikalen Richtung  $\times$  15 mm in der horizontalen Richtung  $\times$  0,3 mm in der Dicke bemessen ist, oder eine Diode, die mit 12 mm in der vertikalen Richtung  $\times$  15 mm in der horizontalen Richtung  $\times$  0,3 mm in der Dicke bemessen ist, gegeben sein.

**[0022]** Das Leistungshalbleiterelement 3 wird an eine Kupferverdrahtung 11 auf dem Isolationssubstrat 1 unter Verwendung eines Lötmittels (beispielsweise Sn-Ag-Cu-Lötmittel mit einem Schmelzpunkt von 217 °C) chipgebondet. Das Leistungshalbleiterelement 3 bildet eine elektrische Schaltung zwischen einem externen Signalanschluss 42 und einem externen Hauptanschluss 43 des Gehäuses 51 durch eine Verdrahtung 41 (beispielsweise einen Aluminiumdraht mit  $\varphi$  0,4 mm auf der Seite der Hauptschaltung), die durch Drahtboden ausgebildet wird. Eine Öffnung ist im externen Hauptanschluss 43 ausgebildet und eine Mutter 44 ist an der Unterseite der Öffnung angeordnet. In der vorliegenden Ausführungsform kann das Gehäuse 51 irgendein Gehäuse sein, das aus Harz beispielsweise in einer rechteckigen Form in der Draufsicht ausgebildet ist, und insbesondere aus Polyphenylensulfid (PPS) zu einem Rahmenkörper mit einer rechteckigen Form ausgebildet ist, der mit 120 mm in der vertikalen Richtung  $\times$  80 mm in der horizontalen Richtung  $\times$  20 mm in der Höhe bemessen ist. Das Gehäuse 51 ist so angeordnet, dass es den äußeren Umfang des Isolationssubstrats 1 umgibt. Ein Hülsenabschnitt 53 ist am äußeren Umfang des Gehäuses 51 ausgebildet, der nach außen vorsteht.

**[0023]** Das Versiegelungsharz 6 vom Direktvergusstyp zum Versiegeln und Isolieren des Leistungshalbleiterelements 3 und der Verdrahtung 41 wird in einen Bereich eingespritzt, der vom Gehäuse 51 und Isolationssubstrat 1 umgeben ist (ein Bereich innerhalb des Gehäuses 51). Das Versiegelungsharz 6 vom Direktvergusstyp kann durch Dispergieren eines Siliziumdioxid-Füllstoffs im Epoxidharz erhalten werden. Der Hülsenabschnitt 53 des Gehäuses 51 ist mit einem Durchgangsloch zum Einsetzen einer Schraube 52 in dieses versehen. Das Gehäuse 51 ist an der Kühlvorrichtung 54 durch eine Schraube 52 befestigt. Die Kühlvorrichtung 54 kann irgendeine Kühlvorrichtung sein, die beispielsweise mit 120 mm in der vertikalen Richtung  $\times$  80 mm in der horizontalen Richtung  $\times$  20 mm in der Höhe bemessen ist und

so konfiguriert ist, dass sie eine flache obere Oberfläche in Kontakt mit dem Isolationssubstrat 1 und mehrere Rippen umfasst, die von einer unteren Oberfläche in einer Richtung von der flachen oberen Oberfläche in Kontakt mit dem Isolationssubstrat 1 weg vorstehen. Als Material für die Kühlvorrichtung 54 können beliebige Materialien verwendet werden und darunter ist Aluminium bevorzugt (insbesondere wird sie aus Aluminium gegossen). Wärmestrahlungsfett 7 wird zwischen dem Isolationssubstrat 1 und der Kühlvorrichtung 54 zugeführt. Das Wärmestrahlungsfett 7 kann beispielsweise durch Dispergieren eines Siliziumdioxid-Füllstoffs in Silikonharz erhalten werden.

**[0024]** Die zweite Oberfläche des Isolationssubstrats 1, die der Kühlvorrichtung 54 zugewandt ist, ist in eine konvexe Form verzerrt. Ein abgestufter Abschnitt 511 zum Abstützen der Außenkante des Isolationssubstrats 1 ist an einem Basisteil des inneren Umfangs des Gehäuses 51 ausgebildet. Während die Außenkante gegen die Kühlvorrichtung 54 durch den abgestuften Abschnitt 511 gepresst wird, wird die zweite Oberfläche des Isolationssubstrats 1 in eine konvexe Form verzerrt, was einen engen Kontakt zwischen dem Isolationssubstrat 1 und der Kühlvorrichtung 54 ermöglicht.

(Herstellungsverfahren der Halbleitervorrichtung)

**[0025]** **Fig. 3** ist ein Ablaufplan, der ein Herstellungsverfahren der in **Fig. 1** und **2** dargestellten Halbleitervorrichtung darstellt. **Fig. 4** bis **6** sind schematische Querschnittsansichten zum Erläutern des in **Fig. 3** dargestellten Herstellungsverfahrens. Nachstehend wird das Herstellungsverfahren der Halbleitervorrichtung mit Bezug auf **Fig. 3** bis **6** beschrieben.

**[0026]** Zuerst wird ein Vorbereitungsschritt (S10), der in **Fig. 3** dargestellt ist, durchgeführt. Insbesondere, wie in **Fig. 4** dargestellt, wird zuerst ein Leistungshalbleiterelement 3 auf einer Kupferverdrahtung 11 des Isolationssubstrats 1 angeordnet, wobei ein Lötmittel 31 dazwischen eingefügt wird, und sie werden erhitzt, um das Chipboden durchzuführen. Danach, nachdem das Gehäuse 51 so angeordnet ist, dass es den äußeren Umfang des Isolationssubstrats 1 umgibt, werden eine Hauptschaltung und eine Signalschaltung jeweils durch Chipboden eines Aluminiumdrahts, der als Verdrahtung 41 dient, ausgebildet. Das Isolationssubstrat ist in der vorliegenden Stufe im Wesentlichen flach.

**[0027]** Als nächstes wird ein Harzversiegelungsschritt (S20), der in **Fig. 3** dargestellt ist, durchgeführt. Insbesondere, wie in **Fig. 5** dargestellt, wird das Versiegelungsharz 6 vom Direktvergusstyp bei Raumtemperatur in das Gehäuse 51 eingespritzt. Dann wird eine Heizbehandlung in einem Ofen, der

als Heizelement dient, bei 150 °C für drei Stunden durchgeführt, um das Versiegelungsharz 6 vom Direktvergusstyp zu härten. Während der Heizbehandlung verzerrt sich aufgrund der Härtungsschrumpfung des Versiegelungsharzes 6 vom Direktvergusstyp (beispielsweise Schrumpfung um etwa 5 Volumen-%) und einer Differenz zwischen dem Wärmeausdehnungskoeffizienten (Linearausdehnungskoeffizienten) des Versiegelungsharzes 6 vom Direktvergusstyp und dem Wärmeausdehnungskoeffizienten (Längenausdehnungskoeffizienten) des Isolationssubstrats 1 das Isolationssubstrat 1 konkav nach unten (beispielsweise in einem Verzerrungsausmaß von etwa 0,1 mm). In der vorliegenden Ausführungsform kann der Längenausdehnungskoeffizient des Isolationssubstrats 1 beispielsweise 16 ppm/K sein und der Längenausdehnungskoeffizient des Versiegelungsharzes 6 vom Direktvergusstyp kann beispielsweise 18 ppm/K sein.

**[0028]** Schließlich wird ein Montageschritt (S30), der in **Fig. 3** dargestellt ist, durchgeführt. Insbesondere, wie in **Fig. 6** dargestellt, wird ein Wärmestrahlungsfett 7 auf einen mittleren Teil der flachen oberen Oberfläche der Kühlvorrichtung 54 aufgebracht und, wie durch einen Pfeil angegeben, eine Schraube 52 wird in das Durchgangsloch im Hülsenabschnitt 53 des Gehäuses 51 eingesetzt, um das Gehäuse zu befestigen. In der vorliegenden Ausführungsform wird die Tiefe des abgestuften Abschnitts 511 zum Aufnehmen eines Teils (der Außenkante) des Isolationssubstrats 1 im Gehäuse 51 so festgelegt, dass sie kleiner ist als die Summe (beispielsweise 3,1 mm) der Dicke t1 des Isolationssubstrats 1 (beispielsweise 3 mm) und des Verzerrungsausmaßes des Isolationssubstrats (beispielsweise 0,1 mm). Als Beispiel gegeben kann die Tiefe des abgestuften Abschnitts 511 auf 3,0 mm festgelegt werden.

**[0029]** Da der Hülsenabschnitt 53 weiter außen als der äußere Umfang des Isolationssubstrats 1 angeordnet ist, kann der äußere Umfang des Isolationssubstrats 1 durch Festziehen der Schraube 52 gegen die Kühlseite 54 gepresst werden. Daher ist es möglich, das Ausmaß der Verzerrung des Isolationssubstrats 1 von 0,1 mm auf nahezu flach einzustellen, während das Isolationssubstrat 1 so gehalten wird, dass es konkav nach unten verzerrt ist (zur Seite der Kühlvorrichtung 54). In dieser Weise ist es möglich, die in **Fig. 1** und **2** dargestellte Halbleitervorrichtung zu erhalten.

**[0030]** **Fig. 7** ist eine schematische Schnittansicht, die ein modifiziertes Beispiel der in **Fig. 1** dargestellten Halbleitervorrichtung darstellt. Wie in **Fig. 7** dargestellt, kann, um zu verhindern, dass das Versiegelungsharz 6 vom Direktvergusstyp ausläuft, das Aufbringen eines Klebemittels 17 auf einen Kontaktabschnitt zwischen dem Isolationssubstrat 1 und dem Gehäuse 51 ebenso wirksam sein. Mit Bezug

auf **Fig. 7** ist die Halbleitervorrichtung grundsätzlich mit derselben Struktur wie die in **Fig. 1** dargestellte Halbleitervorrichtung versehen, unterscheidet sich jedoch darin, dass das Klebemittel 17 auf den Kontaktabschnitt zwischen dem Gehäuse 51 und dem Isolationssubstrat 1 aufgebracht wird. Das Klebemittel 17 wird ringförmig entlang der Außenkante des Isolationssubstrats 1 aufgebracht. Das Aufbringen des Klebemittels 17 stellt sicher, dass das Gehäuse 51 und die Außenkante des Isolationssubstrats 1 fest miteinander verbunden sind, während die Wahrscheinlichkeit verringert wird, dass Versiegelungsharz 6 aus den Verbindungsabschnitten zwischen dem Gehäuse 51 und dem Isolationssubstrat 1 im vorstehend beschriebenen Harzversiegelungsschritt (S20) ausläuft.

**[0031]** Das Versiegelungsharz 6 vom Direktverguss-typ, das in der vorliegenden Ausführungsform verwendet wird, weist einen Wärmeausdehnungskoeffizienten (Längenausdehnungskoeffizienten) auf, der größer ist als jener des Isolationssubstrats 1, in dem Fall, in dem die Härtungsschrumpfung ausreichend groß ist, ist das Versiegelungsharz 6 vom Direktvergusstyp mit einem Wärmeausdehnungskoeffizienten (Längenausdehnungskoeffizienten) gleich oder viel größer als jener des Isolationssubstrats 1 ebenso wirksam.

**[0032]** **Fig. 8** ist eine schematische Schnittansicht, die ein modifiziertes Beispiel der in **Fig. 1** dargestellten Halbleitervorrichtung darstellt. Mit Bezug auf **Fig. 8** ist die Halbleitervorrichtung grundsätzlich mit derselben Struktur wie die in **Fig. 1** dargestellte Halbleitervorrichtung versehen, unterscheidet sich jedoch von der in **Fig. 1** dargestellten Halbleitervorrichtung darin, dass der abgestufte Abschnitt 511 des Gehäuses 51 eine andere Tiefe aufweist und in diesem Gehäuse 51 in der vorliegenden Ausführungsform elastisch verformt ist. Insbesondere ist der abgestufte Abschnitt 511 des Gehäuses 51 in der in **Fig. 8** dargestellten Halbleitervorrichtung so konfiguriert, dass er eine Tiefe von 3,0 mm aufweist. Im Montageschritt (S30) ist es daher möglich, das Isolationssubstrat 1 unter Verwendung der elastischen Verformung des Gehäuses 51 einzuschränken, die durch Festziehen der Schraube 52 verursacht wird. In dieser Weise ist es möglich, dieselben Effekte wie die in **Fig. 1** dargestellte Halbleitervorrichtung zu erhalten, und selbst wenn das Ausmaß der Verzerrung des Isolationssubstrats 1 geringfügig variiert, ist es dennoch möglich, das Isolationssubstrat 1 unter Verwendung der elastischen Verformung stabil zu befestigen.

(Zweite Ausführungsform)

**[0033]** **Fig. 9** ist eine schematische Querschnittsansicht, die eine Halbleitervorrichtung gemäß einer

zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

(Struktur der Halbleitervorrichtung)

**[0034]** Die Halbleitervorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform ist grundsätzlich mit derselben Struktur wie die in **Fig. 1** dargestellte Halbleitervorrichtung versehen, unterscheidet sich jedoch von der in **Fig. 1** dargestellten Halbleitervorrichtung darin, dass der Abschnitt zum Befestigen des Gehäuses 51 und des Isolationssubstrats 1 über die Schraube 52 hinsichtlich der Konfiguration unterschiedlich ist. Mit anderen Worten, das Gehäuse 51 umfasst einen Hülsenabschnitt 53, der als überlappender Abschnitt dient, der mit der Außenkante des Isolationssubstrats 1 in der Draufsicht überlappt. Die Außenkante des Isolationssubstrats 1 erstreckt sich unter dem Hülsenabschnitt 53. Um es in einer anderen Weise zu beschreiben, während der abgestufte Abschnitt 511 in der Halbleitervorrichtung von **Fig. 1** innerhalb des inneren Umfangs des Hülsenabschnitts 53 ausgebildet ist, ist der abgestufte Abschnitt 511 in der Halbleitervorrichtung, die in **Fig. 9** dargestellt ist, als Teil des Hülsenabschnitts 53 ausgebildet. Ein Durchgangsloch ist so ausgebildet, dass es den Hülsenabschnitt 53 und die Außenkante des Isolationssubstrats 1 durchdringt. Die Schraube 52, die als Befestigungselement dient, wird in das Durchgangsloch eingesetzt und festgezogen, um den Hülsenabschnitt 53 und die Außenkante des Isolationssubstrats 1 an der Kühlvorrichtung 54 zu befestigen.

**[0035]** Das Isolationssubstrat 1 kann beispielsweise mit 110 mm in der vertikalen Richtung × 70 mm in der horizontalen Richtung × 3 mm in der Dicke bemessen sein. Ähnlich zum Isolationssubstrat 1, das in **Fig. 1** dargestellt ist, weist das Isolationssubstrat 1 gemäß der zweiten Ausführungsform eine mehrlagige Struktur auf, in der eine Epoxid-Isolations-schicht 12 und eine Kupferverdrahtung 11 auf einer Kupferbasis 13 ausgebildet sind. Das Leistungshalbleiterelement 3 ist auf einer Oberfläche angeordnet, nämlich einer ersten Oberfläche des Isolationssubstrats 1. Als Beispiel des Leistungshalbleiterelements 3 ist es möglich, dieselbe Vorrichtung wie das Leistungshalbleiterelement 3 in der ersten Ausführungsform zu verwenden.

**[0036]** Ähnlich zur in **Fig. 1** dargestellten Halbleitervorrichtung ist das Leistungshalbleiterelement 3 an die Kupferverdrahtung 11 des Isolationssubstrats 1 durch Löten chipgebondet. Das Leistungshalbleiterelement 3 bildet eine elektrische Schaltung zwischen dem externen Signalanschluss 42 und dem externen Hauptanschluss 43 des Gehäuses 51 durch die Verdrahtung 41, die durch Drahtbonden ausgebildet wird.

**[0037]** Ähnlich zu der in **Fig. 1** dargestellten Halbleitervorrichtung wird das Versiegelungsharz 6 vom Direktvergussstyp zum Versiegeln und Isolieren des Leistungshalbleiterelements 3 und der Verdrahtung 41 in einen Bereich eingespritzt, der vom Gehäuse 51 und Isolationssubstrat 1 umgeben ist (ein Bereich innerhalb des Gehäuses 51). Der Hülsenabschnitt 53 des Gehäuses 51 ist mit einem Durchgangsloch zum Einsetzen der Schraube 52 in dieses versehen. In einer Position, die dem Durchgangsloch entspricht, ist ein Durchgangsloch 14 im Isolationssubstrat 1 ausgebildet. Das Gehäuse 51 und das Isolationssubstrat 1 sind an der Kühlvorrichtung 54 durch die Schraube 52 befestigt. Die Form und das Material der Kühlvorrichtung 54 können dieselben wie jene der in **Fig. 1** dargestellten Kühlvorrichtung 54 sein. Wärmestrahlungsfett 7 wird zwischen dem Isolationssubstrat 1 und der Kühlvorrichtung 54 zugeführt. Ähnlich zu jenem in der in **Fig. 1** dargestellten Halbleitervorrichtung kann das Wärmestrahlungsfett 7 beispielsweise durch Dispergieren eines Siliziumdioxid-Füllstoffs in Silikonharz erhalten werden.

**[0038]** Die zweite Oberfläche des Isolationssubstrats 1, die der Kühlvorrichtung 54 zugewandt ist, ist in eine konvexe Form verzerrt. Der abgestufte Abschnitt 511 zum Abstützen der Außenkante des Isolationssubstrats 1 ist an einem Basisteil des Hülsenabschnitts 53 ausgebildet, der am inneren Umfang des Gehäuses 51 angeordnet ist. Während die Außenkante durch den abgestuften Abschnitt 511 gegen die Kühlvorrichtung 54 gepresst wird, wird die zweite Oberfläche des Isolationssubstrats 1 in eine konvexe Form verzerrt, was einen engen Kontakt zwischen dem Isolationssubstrat 1 und der Kühlvorrichtung 54 ermöglicht.

**[0039]** Die Tiefe des abgestuften Abschnitts 511 zum Aufnehmen der Außenkante des Isolationssubstrats 1 im Gehäuse 51 ist so festgelegt, dass sie kleiner ist als die Summe (beispielsweise 3,1 mm) der Dicke t1 des Isolationssubstrats 1 (beispielsweise 3 mm) und des Ausmaßes der Verzerrung des Isolationssubstrats 1 (beispielsweise 0,1 mm). Als Beispiel gegeben kann in der vorliegenden Ausführungsform die Tiefe des abgestuften Abschnitts 511 auf 3,0 mm festgelegt werden. In dieser Weise ist es möglich, das Ausmaß der Verzerrung des Isolationssubstrats 1 von 0,1 mm im Wesentlichen auf null (nahezu flach) einzustellen, während das Isolationssubstrat 1 so gehalten wird, dass es konvex nach unten verzerrt ist (zur Seite der Kühlvorrichtung 54).

**[0040]** Die in **Fig. 9** dargestellte Halbleitervorrichtung kann dieselben Effekte wie die in **Fig. 1** dargestellte Halbleitervorrichtung erhalten und durch Befestigen des ganzen Gehäuses 51 über eine Schraube, die in das Durchgangsloch 14 des Isolationssubstrats 1 eingesetzt wird, ist es möglich, das

Isolationssubstrat 1 nicht nur in der Dickenrichtung, sondern auch in der vertikalen und horizontalen Richtung stabil zu befestigen.

**[0041]** Außerdem ist ein Vorsprung 15 (beispielsweise 0,1 mm in der Höhe) auf der Oberfläche des Isolationssubstrats 1 in Kontakt mit der Kühlvorrichtung 54 in einer Position außerhalb des Durchgangslochs 14 ausgebildet. Die Ausbildung des Vorsprungs 15 verhindert, dass der Abschnitt des Isolationssubstrats 1 um die Schraube aufgrund des engen Kontakts mit der Kühlvorrichtung 54 umgekehrt verzerrt wird (d. h. entgegengesetzt zu der Richtung verzerrt wird, in der der zentrale Abschnitt des Isolationssubstrats 1 in eine konvexe Form in Richtung des Leistungshalbleiterelements 3 verzerrt wird).

(Herstellungsverfahren der Halbleitervorrichtung)

**[0042]** Obwohl die Größe und/oder die Form des Isolationssubstrats 1 und des Gehäuses 51, die herzustellen sind, von jenen verschieden sind, die für die in **Fig. 1** dargestellte Halbleitervorrichtung hergestellt werden, ist das Herstellungsverfahren der in **Fig. 9** dargestellten Halbleitervorrichtung grundsätzlich dasselbe wie das Herstellungsverfahren der in **Fig. 1** dargestellten Halbleitervorrichtung.

**[0043]** Obwohl das Isolationssubstrat 1 in jeder der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen eine Kupferbasis 13 umfasst, kann derselbe Effekt erhalten werden, solange das Isolationssubstrat 1 eine Metallplatte, die in der Wärmestrahlung überlegen ist, wie z. B. Aluminium, als Basis umfasst. Außerdem kann derselbe Effekt erhalten werden, wenn ein Keramiksubstrat mit einer Basis, die aus Materialien wie z. B. Aluminiumoxid, Aluminiumnitrid oder Siliziumnitrid besteht, als Isolationssubstrat 1 verwendet wird. In dem Fall, in dem das zu verwendende Leistungshalbleiterelement 3 eine kleine Menge an Wärme abstrahlt, kann derselbe Effekt ebenso erhalten werden, wenn ein Epoxidglassubstrat als Isolationssubstrat 1 verwendet wird. Ferner kann derselbe Effekt durch Befestigen von irgendeinem dieser Isolationssubstrate 1 an einem Kühlkörper, der aus Kupfer oder Aluminium besteht, erhalten werden.

**[0044]** Obwohl in jeder der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen ein Aluminiumdrahtbonden als Verdrahtung 41 verwendet wird, kann derselbe Effekt unter Verwendung eines Kupferdrahtbondens oder eines Aluminiumbandbondens als Draht 41 erhalten werden. Außerdem kann derselbe Effekt durch Löten oder Verbinden durch Ultraschallwellen eines Sammelschienen-förmigen Anschlusses, der durch Ausdehnen des externen Anschlusses des Gehäuses 51 auf die Oberfläche des Leistungshal-

leiterelements 3 erhalten wird, an das Leistungshalbleiterelement 3 erhalten werden.

**[0045]** Obwohl in jeder der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen ein Gehäuse, das aus Polyphenylensulfid (PPS) besteht, als Gehäuse 51 verwendet wird, kann derselbe Effekt erhalten werden, wenn das Gehäuse 51 aus einem Harzmaterial oder einem Flüssigkristallpolymer besteht, das in der Wärmebeständigkeit überlegen ist, wie z. B. Polybutylen-terephthalat (PBT), Nylon 6 (PA 6), Polyethylenterephthalat (PET) oder ein Gemisch von PET und PBT. Ferner ist der externe Hauptanschluss 43 als Anschluss konfiguriert, der durch eine Mutter 44 befestigt ist, die an einem unteren Teil des externen Hauptanschlusses angeordnet ist, und ein anderer Anschluss, der in einer alternativen Weise konfiguriert ist, ist anwendbar. Derselbe Effekt kann beispielsweise erhalten werden, wenn ein gerader Anschluss, der direkt an ein Kabel geschweißt ist, als externer Hauptanschluss 43 verwendet wird.

**[0046]** Obwohl in jeder der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen flüssiges Wärmestrahlungsfett 7 durch Beschichten auf den zentralen Teil der Kühlvorrichtung 54 aufgebracht wird, kann Wärmestrahlungsfett 7 zu einer gewünschten Position durch eine andere Methode zugeführt werden. Derselbe Effekt kann beispielsweise durch Zuführen von Wärmestrahlungsfett 7 zur Kühlvorrichtung 54 durch Drucken oder über einen Spender in einem gewünschten Muster erhalten werden. Ferner kann derselbe Effekt ebenso durch einen solchen Prozess erhalten werden, dass eine plattenförmige Wärmestrahlungsplatte, die thermisch erweicht, wenn sie Erhitzen unterzogen wird, zwischen der Kühlvorrichtung 54 und dem Isolationssubstrat 1 angeordnet wird, und eine thermische Erweichungsbehandlung danach durchgeführt wird.

**[0047]** **Fig. 10** ist eine schematische Schnittansicht, die ein modifiziertes Beispiel der in **Fig. 9** dargestellten Halbleitervorrichtung darstellt. Wie in **Fig. 10** dargestellt, kann, um zu verhindern, dass das Versiegelungsharz 6 vom Direktvergusstyp ausläuft, ebenso das Aufbringen eines Klebemittels 27 auf einen Kontaktabschnitt zwischen dem Isolationssubstrat 1 und dem Gehäuse 51 wirksam sein. Mit Bezug auf **Fig. 10** ist die Halbleitervorrichtung grundsätzlich mit derselben Struktur wie die in **Fig. 9** dargestellte Halbleitervorrichtung versehen, unterscheidet sich jedoch darin, dass Klebemittel 27 auf den Kontaktabschnitt zwischen dem Gehäuse 51 und dem Isolationssubstrat 1 aufgebracht wird. Das Klebemittel 27 wird ringförmig entlang der Außenkante des Isolationssubstrats 1 innerhalb des Durchgangslochs 14 aufgebracht, das im Isolationssubstrat 1 vorgesehen ist. Das Aufbringen des Klebemittels 27 stellt sicher, dass das Gehäuse 51 und die Außenkante des Isolationssubstrats 1 fest miteinander verbunden sind,

während die Wahrscheinlichkeit verringert wird, dass das Versiegelungsharz 6 von den Verbindungsabschnitten zwischen dem Gehäuse 51 und dem Isolationssubstrat 1 im Harzversiegelungsschritt (S20), der vorstehend beschrieben ist, ausläuft.

**[0048]** Das Versiegelungsharz 6 vom Direktverguss-typ, das in der vorliegenden Ausführungsform verwendet wird, weist einen Wärmeausdehnungskoeffizienten (Längenausdehnungskoeffizienten) auf, der größer ist als jener des Isolationssubstrats 1, in dem Fall, in dem die Härtungsschrumpfung ausreichend groß ist, ist das Versiegelungsharz 6 vom Direktvergusstyp mit einem Wärmeausdehnungskoeffizienten (Längenausdehnungskoeffizienten) gleich oder viel größer als jener des Isolationssubstrats 1 ebenso wirksam.

**[0049]** Nachstehend werden die charakteristischen Merkmale der vorliegenden Erfindung beschrieben und einige können mit den in den vorstehend erwähnten Ausführungsformen beschriebenen doppelt sein.

**[0050]** Die Halbleitervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst das Isolationssubstrat 1, ein Halbleiterelement (Leistungshalbleiterelement 3), das auf einer ersten Oberfläche des Isolationssubstrats 1 angeordnet ist, ein Gehäuse 51, das mit dem Isolationssubstrat 1 verbunden ist und dazu konfiguriert ist, darin das Halbleiterelement aufzunehmen, und ein Harz (Versiegelungsharz 6 vom Direktvergusstyp), das in das Gehäuse 51 gefüllt ist, um das Halbleiterelement zu vergraben. In der Halbleitervorrichtung erfüllt unter der Annahme, dass die Dicke des Isolationssubstrats 1 mit  $t_1$  bezeichnet ist, die Dicke des Harzes (Versiegelungsharzes 6 vom Direktvergusstyp) mit  $t_2$  bezeichnet ist, der Längenausdehnungskoeffizient des Isolationssubstrats 1 mit  $\alpha_1$  bezeichnet ist und der Längenausdehnungskoeffizient des Harzes mit  $\alpha_2$  bezeichnet ist, die Beziehung zwischen  $t_2 \geq t_1$  und  $\alpha_2 \geq \alpha_1$ , und eine zweite Oberfläche des Isolationssubstrats 1 ist in eine konvexe Form verzerrt.

**[0051]** Aufgrund der Differenz zwischen dem Längenausdehnungskoeffizienten des einzufüllenden Versiegelungsharzes 6 vom Direktvergusstyp für den Versiegelungszweck und dem Längenausdehnungskoeffizienten des Isolationssubstrats 1 ist es folglich möglich, einen Prozess durchzuführen, um das in das Gehäuse 51 gefüllte Harz zu verfestigen, um die zweite Oberfläche des Isolationssubstrats 1 in eine konvexe Form zu verzerren. Vor dem Schritt des Einfüllens des Harzes ist es folglich möglich, das Isolationssubstrat 1 flach zu halten. Daher kann das Drahtboden zum Bonden oder Verdrahten des Leistungshalbleiterelements 3 an das Isolationssubstrat 1 auf dem flachen Isolationssubstrat 1 vor dem

Schritt des Einfüllens des Harzes durchgeführt werden. Dadurch ist es möglich, die Effizienz von Vorgängen wie z. B. Bonden des Halbleiterelements zu verbessern und die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von fehlerhaften Produkten zu verringern, und folglich ist es möglich, Halbleitervorrichtungen mit hoher Zuverlässigkeit zu erhalten.

**[0052]** Da die zweite Oberfläche des Isolationssubstrats durch das Einfüllen und die Verfestigung des Harzes in die konvexe Form verzerrt wird, wenn beispielsweise ein Kühelement (Kühlvorrichtung 54) mit der zweiten Oberfläche des Isolationssubstrats 1 entgegengesetzt zur ersten Oberfläche davon verbunden wird, ist es ferner möglich zu verhindern, dass Leerstellen zwischen dem Kühelement und der zweiten Oberfläche des Isolationssubstrats erzeugt werden (beispielsweise ein zentraler Abschnitt der zweiten Oberfläche).

**[0053]** Ferner ist es möglich, den Längenausdehnungskoeffizienten und die Dicke sowohl des Harzes als auch des Isolationssubstrats zu steuern, was es möglich macht, sowohl die Verzerrungsrichtung als auch das Ausmaß der Verzerrung des Isolationssubstrats mit einer perfekten Reproduzierbarkeit zu steuern.

**[0054]** Wie in **Fig. 1** dargestellt, kann in der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung das Gehäuse 51 mit einem überlappenden Abschnitt (dem Abschnitt im Gehäuse 51 von **Fig. 1**, wo der abgestufte Abschnitt 511 ausgebildet ist), der mit der Außenkante des Isolationssubstrats 1 in der Draufsicht überlappt, und einem Verlängerungsabschnitt (Hülsenabschnitt 53), der sich vom überlappenden Abschnitt weiter auswärts als die Außenkante des Isolationssubstrats 1 erstreckt, versehen sein. Die Halbleitervorrichtung kann ferner ein Befestigungselement (Schraube 52) umfassen, das dazu konfiguriert ist, den Verlängerungsabschnitt des Gehäuses 51 an einem Kühelement (Kühlvorrichtung 54) zu befestigen, das als externes Element dient, das außerhalb der Halbleitervorrichtung angeordnet ist. Der abgestufte Abschnitt 511 kann im überlappenden Abschnitt ausgebildet sein, um die Außenkante des Isolationssubstrats 1 aufzunehmen. Die Tiefe des abgestuften Abschnitts 511 kann kleiner festgelegt werden als die Summe der Dicke  $t_1$  des Isolationssubstrats 1 und des Ausmaßes der Verzerrung des Isolationssubstrats 1 in einem Zustand, in dem die Außenkante des Isolationssubstrats 1 noch nicht durch den abgestuften Abschnitt 511 des Gehäuses 51 gepresst wurde.

**[0055]** Da die Außenkante des Isolationssubstrats 1 durch den abgestuften Abschnitt 511 des Gehäuses 51 gepresst wird, kann das Isolationssubstrat 1 folglich sicher durch den abgestuften Abschnitt 511 gehalten werden, wobei das Ausmaß der Verzerrung

des Isolationssubstrats 1 gleichzeitig genau gesteuert wird.

**[0056]** Wie in **Fig. 8** dargestellt, kann in der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung das Gehäuse 51 elastisch verformt werden, wenn es am externen Element (Kühlvorrichtung 54) unter Verwendung eines Befestigungselements (Schraube 52) befestigt wird, in einem Zustand, in dem die Außenkante des Isolationssubstrats 1 zwischen den überlappenden Abschnitt und das externe Element eingefügt wird.

**[0057]** Selbst wenn das Ausmaß der Verzerrung des Isolationssubstrats 1, bevor die Außenkante des Isolationssubstrats 1 durch das Gehäuse 51 gepresst wird, größer ist, kann folglich das größere Ausmaß der Verzerrung des Isolationssubstrats 1 aufgrund der elastischen Verformung des Gehäuses 51 aufgehoben werden, was es möglich macht, das Isolationssubstrat 1 dicht am externen Element (Kühlvorrichtung 54) zu befestigen.

**[0058]** Wie in **Fig. 9** dargestellt, kann in der vorstehend beschriebenen Halbleitervorrichtung das Gehäuse 51 mit einem überlappenden Abschnitt (dem Abschnitt, wo der abgestufte Abschnitt 511 ausgebildet ist, wie in **Fig. 9** dargestellt) versehen sein, der mit der Außenkante des Isolationssubstrats 1 in der Draufsicht überlappt. Ein Durchgangsloch (das Durchgangsloch im Gehäuse 51 und das Durchgangsloch 14 im Isolationssubstrat 1, wie in **Fig. 9** dargestellt) kann so ausgebildet sein, dass es den überlappenden Abschnitt des Gehäuses 51 und die Außenkante des Isolationssubstrats 1 durchdringt. Die Halbleitervorrichtung kann ferner ein Befestigungselement (Schraube 52) umfassen, das in das Durchgangsloch eingesetzt ist, um die Außenkante des Isolationssubstrats 1 und den überlappenden Abschnitt an einem externen Element (Kühlvorrichtung 54) zu befestigen, die außerhalb der Halbleitervorrichtung angeordnet ist.

**[0059]** Folglich kann das Isolationssubstrat 1 eng am externen Element (Kühlvorrichtung 54) zusammen mit dem Gehäuse 51 durch das Befestigungselement (Schraube 52) befestigt werden.

**[0060]** Das Herstellungsverfahren einer Halbleitervorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst einen Schritt (den Vorbereitungsschritt (S10)) zum Anordnen eines Halbleiterelements (Leistungshalbleiterelement 3) auf einer ersten Oberfläche des Isolationssubstrats 1 und zum Vorbereiten des Gehäuses 51, das mit dem Isolationssubstrat 1 verbunden ist und dazu konfiguriert ist, darin das Halbleiterelement aufzunehmen, und einen Schritt (den Harzversiegelungsschritt (S20)) zum Füllen eines Harzes (Versiegelungsharz 6 vom Direktvergussstyp) in das Gehäuse

51, um darin das Halbleiterelement (Leistungshalbleiterelement 3) zu vergraben. Unter der Annahme, dass die Dicke des Isolationssubstrats 1 mit  $t_1$  bezeichnet ist, die Dicke des Harzes mit  $t_2$  bezeichnet ist, der Längenausdehnungskoeffizient des Isolationssubstrats 1 mit  $\alpha_1$  bezeichnet ist und der Längenausdehnungskoeffizient des Harzes mit  $\alpha_2$  bezeichnet ist, erfüllt die Beziehung dazwischen  $t_2 \geq t_1$  und  $\alpha_2 \geq \alpha_1$ , und nach dem Schritt (S20) zum Füllen des Harzes wird eine zweite Oberfläche des Isolationssubstrats 1 entgegengesetzt zur ersten Oberfläche davon in eine konvexe Form verzerrt. Außerdem ist es im Vorbereitungsschritt (S10) bevorzugt, dass das Isolationssubstrat 1 ein kleineres Ausmaß an Verzerrung aufweist (vorzugsweise eine flache Form aufweist) als das Ausmaß an Verzerrung nach dem Schritt des Einfüllens des Harzes.

**[0061]** Aufgrund der Differenz zwischen dem Längenausdehnungskoeffizienten des einzufüllenden Harzes (Versiegelungsharz 6 vom Direktvergussstyp) für den Versiegelungszweck und dem Längenausdehnungskoeffizienten des Isolationssubstrats 1 ist es folglich möglich, den Schritt zum Füllen des Harzes in das Gehäuse 51 (S20) durchzuführen, um die zweite Oberfläche des Isolationssubstrats 1 in eine konvexe Form zu verzerren. Im Vorbereitungsschritt (S10) vor dem Schritt des Einfüllens des Harzes ist es folglich möglich, das Isolationssubstrat 1 flach zu halten. Daher können alle Vorgänge (einschließlich des Drahtbondvorgangs zum Bonden oder Verdrachten des Halbleiterelements 3 an das Isolationssubstrat 1 und dergleichen) im Vorbereitungsschritt (S10) am flachen Isolationssubstrat 1 durchgeführt werden. Dadurch ist es möglich, die Effizienz von Vorgängen im Vorbereitungsschritt (S10) zu verbessern und die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von fehlerhaften Produkten zu verringern, und folglich ist es möglich, Halbleitervorrichtungen mit hoher Zuverlässigkeit zu erhalten.

**[0062]** Da die zweite Oberfläche des Isolationssubstrats 1 durch den Schritt des Einfüllens des Harzes (S20) in eine konvexe Form verzerrt wird, ist es ferner möglich zu verhindern, dass Leerstellen zwischen dem Kühlelement (Kühlvorrichtung 54) und der zweiten Oberfläche des Isolationssubstrats 1 (beispielsweise einem zentralen Abschnitt der zweiten Oberfläche) erzeugt werden.

**[0063]** Ferner ist es möglich, den Längenausdehnungskoeffizienten und die Dicke sowohl des Harzes als auch des Isolationssubstrats 1 zu steuern, was es möglich macht, sowohl die Verzerrungsrichtung als auch das Ausmaß der Verzerrung des Isolationssubstrats 1 mit einer perfekten Reproduzierbarkeit zu steuern.

**[0064]** Das Herstellungsverfahren der Halbleitervorrichtung kann ferner einen Schritt (den Montage-

schritt (S30)) zum Verbinden der zweiten Oberfläche des Isolationssubstrats 1 entgegengesetzt zur ersten Oberfläche davon mit einem externen Element (Kühlvorrichtung 54, die als Beispiel eines Kühlelements dient), das außerhalb der Halbleitervorrichtung angeordnet ist, nach dem Schritt (S20) zum Einfüllen des Harzes umfassen. Im Herstellungsverfahren der Halbleitervorrichtung kann das Gehäuse 51 im Vorbereitungsschritt (S10) mit einem überlappenden Abschnitt (dem in **Fig. 1** dargestellten Abschnitt, wo der abgestufte Abschnitt 511 ausgebildet ist), der mit der Außenkante des Isolationssubstrats 1 in der Draufsicht überlappt, und einem Verlängerungsabschnitt (Hülsenabschnitt 53), der sich vom überlappenden Abschnitt weiter nach außen erstreckt als die Außenkante des Isolationssubstrats 1, versehen werden. Der abgestufte Abschnitt 511 kann im überlappenden Abschnitt vorgesehen sein, um die Außenkante des Isolationssubstrats 1 aufzunehmen. Die Tiefe des abgestuften Abschnitts 511 kann kleiner festgelegt werden als die Summe der Dicke  $t_1$  des Isolationssubstrats 1 und des Ausmaßes der Verzerrung des Isolationssubstrats 1 in einem Zustand, in dem die Außenkante des Isolationssubstrats 1 noch nicht durch den abgestuften Abschnitt 511 des Gehäuses 51 gepresst wurde. Im Verbindungsschritt (S30) kann der Verlängerungsabschnitt des Gehäuses 51 am externen Element (Kühlvorrichtung 54) unter Verwendung eines Befestigungselements (Schraube 52) befestigt werden.

**[0065]** Folglich kann im Verbindungsschritt (S30), da die Außenkante des Isolationssubstrats 1 durch den abgestuften Abschnitt 511 des Gehäuses 51 gepresst wird, das Isolationssubstrat 1 sicher durch den abgestuften Abschnitt 511 gehalten werden, wobei das Ausmaß der Verzerrung des Isolationssubstrats 1 gleichzeitig genau gesteuert wird.

**[0066]** Im Herstellungsverfahren der Halbleitervorrichtung kann das Gehäuse 51 im Verbindungsschritt (S30) elastisch verformt werden, wenn es am externen Element (Kühlvorrichtung 54) unter Verwendung des Befestigungselements (Schraube 52) in einem Zustand befestigt wird, in dem die Außenkante des Isolationssubstrats 1 zwischen den überlappenden Abschnitt und das externe Element (Kühlvorrichtung 54) eingefügt ist.

**[0067]** Selbst wenn das Ausmaß der Verzerrung des Isolationssubstrats 1 im Schritt des Einfüllens des Harzes (S20) größer wird, kann das größere Ausmaß der Verzerrung des Isolationssubstrats 1 aufgrund der elastischen Verformung des Gehäuses 51 aufgehoben werden, was es möglich macht, das Isolationssubstrat 1 am externen Element eng zu befestigen.

**[0068]** Das Herstellungsverfahren einer Halbleitervorrichtung kann ferner einen Schritt (Montageschritt (S30)) zum Verbinden der zweiten Oberfläche des Isolationssubstrats 1 entgegengesetzt zur ersten Oberfläche davon mit einem externen Element (Kühlvorrichtung 54, die als Beispiel des Kühlelements dient), das außerhalb der Halbleitervorrichtung angeordnet ist, nach dem Schritt (S20) zum Einfüllen des Harzes umfassen. Im Herstellungsverfahren der Halbleitervorrichtung kann das Gehäuse 51 im Vorbereitungsschritt (S10) mit einem überlappenden Abschnitt versehen werden (dem Abschnitt, wie in **Fig. 9** dargestellt, in dem der abgestufte Abschnitt 511 ausgebildet ist), der mit der Außenkante des Isolationssubstrats 1 in der Draufsicht überlappt. Ein Durchgangsloch (das Durchgangsloch 14 im Isolationssubstrat 1, wie in **Fig. 9** dargestellt) kann so ausgebildet sein, dass es den überlappenden Abschnitt des Gehäuses 51 und die Außenkante des Isolationssubstrats 1 durchdringt. Im Verbindungsschritt (S30) kann das Befestigungselement (Schraube 52) in das Durchgangsloch eingesetzt werden, um den überlappenden Abschnitt und die Außenkante des Isolationssubstrats am externen Element zu befestigen.

**[0069]** Folglich kann das Isolationssubstrat 1 eng am externen Element (Kühlvorrichtung 54) zusammen mit dem Gehäuse 51 durch das Befestigungselement (Schraube 52) im Verbindungsschritt (S30) befestigt werden.

**[0070]** Obwohl die vorliegende Erfindung im Einzelnen beschrieben und erläutert wurde, ist klar verständlich, dass dasselbe nur zur Erläuterung und als Beispiel dient und nicht als Begrenzung aufgefasst werden soll, wobei der Schutzbereich der vorliegenden Erfindung durch die Bestimmungen der beigefügten Ansprüche interpretiert wird.

### Patentansprüche

1. Halbleitervorrichtung, die Folgendes umfasst: ein Isolationssubstrat (1); ein Halbleiterelement (3), das auf einer ersten Oberfläche des Isolationssubstrats (1) angeordnet ist; ein Gehäuse (51), das mit dem Isolationssubstrat (1) verbunden ist und dazu konfiguriert ist, das Halbleiterelement (3) darin aufzunehmen; und ein Harz (6), das in das Gehäuse (51) gefüllt ist, um das Halbleiterelement (3) zu vergraben, wobei, unter der Annahme, dass die Dicke des Isolationssubstrats (1) mit  $t_1$  bezeichnet ist, die Dicke des Harzes (6) mit  $t_2$  bezeichnet ist, der Längenausdehnungskoeffizient des Isolationssubstrats (1) mit  $\alpha_1$  bezeichnet ist und der Längenausdehnungskoeffizient des Harzes (6) mit  $\alpha_2$  bezeichnet ist, die Beziehung dazwischen  $t_2 \geq t_1$  und  $\alpha_2 \geq \alpha_1$  erfüllt, das Gehäuse (51) mit einem überlappenden

Abschnitt, der mit einer Außenkante des Isolationssubstrats (1) in der Draufsicht überlappt, und einem Verlängerungsabschnitt (53), der sich vom überlappenden Abschnitt weiter nach außen als die Außenkante des Isolationssubstrats (1) erstreckt, versehen ist,

die Halbleitervorrichtung ferner ein Befestigungselement (52) umfasst, das dazu konfiguriert ist, den Verlängerungsabschnitt (53) des Gehäuses (51) an einem externen Element (54) zu befestigen, das außerhalb der Halbleitervorrichtung angeordnet ist, ein Wärmestrahlungsfett (7) zwischen dem Isolationssubstrat (1) und dem externen Element (54) angeordnet ist und

der überlappende Abschnitt mit einem abgestuften Abschnitt (511) versehen ist, um die Außenkante des Isolationssubstrats (1) aufzunehmen, und die Tiefe des abgestuften Abschnitts (511) größer ist als die Summe der Dicke ( $t_1$ ) des Isolationssubstrats (1) und einer Dicke des Wärmestrahlungsfetts (7) in einem Zustand, in dem der Verlängerungsabschnitt (53) des Gehäuses (51) durch das Befestigungselement (52) an dem externen Element (54) befestigt ist, und die Tiefe des abgestuften Abschnitts (511) kleiner ist als die Summe der Dicke ( $t_1$ ) des Isolationssubstrats (1) und eines Ausmaßes der Verzerrung des Isolationssubstrats (1) in einem Zustand, in dem die Außenkante des Isolationssubstrats (1) noch nicht durch den abgestuften Abschnitt (511) des Gehäuses (51) gepresst wurde, und

wobei in dem Zustand, in dem der Verlängerungsabschnitt (53) des Gehäuses (51) durch das Befestigungselement (52) an dem externen Element (54) befestigt ist, eine zweite Oberfläche des Isolationssubstrats (1) entgegengesetzt zur ersten Oberfläche davon in eine konvexe Form verzerrt ist.

2. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei das Gehäuse (51) elastisch verformt wird, wenn es am externen Element unter Verwendung des Befestigungselement (52) befestigt wird in einem Zustand, in dem die Außenkante des Isolationssubstrats (1) zwischen den überlappenden Abschnitt und das externe Element eingefügt ist.

3. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Wärmestrahlungsfett (7) einen überlappenden Bereich aufweist, der mit dem abgestuften Abschnitt (511) in der Draufsicht überlappt, und eine Dicke des Wärmestrahlungsfetts (7) in dem überlappenden Bereich größer ist als eine Dicke des Wärmestrahlungsfetts (7) in einem zentralen Bereich des Isolationssubstrats (1).

4. Herstellungsverfahren einer Halbleitervorrichtung, das Folgendes umfasst: einen Schritt (S10) zum Anordnen eines Halbleiterelements (3) auf einer ersten Oberfläche eines Isola-

tionssubstrats (1) und Vorbereiten eines Gehäuses (51), das mit dem Isolationssubstrat (1) verbunden ist und dazu konfiguriert ist, darin das Halbleiterelement (3) aufzunehmen; und

einen Schritt (S20) zum Füllen eines Harzes (6) in das Gehäuse (51), um darin das Halbleiterelement (3) zu vergraben,

wobei, unter der Annahme, dass die Dicke des Isolationssubstrats (1) mit  $t_1$  bezeichnet ist, die Dicke des Harzes (6) mit  $t_2$  bezeichnet ist, der Längenausdehnungskoeffizient des Isolationssubstrats (1) mit  $\alpha_1$  bezeichnet ist und der Längenausdehnungskoeffizient des Harzes (6) mit  $\alpha_2$  bezeichnet ist, die Beziehung dazwischen  $t_2 \geq t_1$  und  $\alpha_2 \geq \alpha_1$  erfüllt, und

nach dem Schritt (S20) zum Füllen des Harzes (6) eine zweite Oberfläche des Isolationssubstrats (1) entgegengesetzt zur ersten Oberfläche davon in eine konvexe Form verzerrt wird,

wobei das Herstellungsverfahren ferner umfasst:

einen Schritt (S30) zum Verbinden der zweiten Oberfläche des Isolationssubstrats (1) entgegengesetzt zur ersten Oberfläche davon mit einem externen Element (54), das außerhalb der Halbleitervorrichtung angeordnet ist, nach dem Schritt (S20) zum Einfüllen des Harzes (6), wobei

ein Wärmestrahlungsfett (7) zwischen dem Isolationssubstrat (1) und dem externen Element (54) angeordnet ist,

im Vorbereitungsschritt (S10) das Gehäuse (51) mit einem überlappenden Abschnitt, der mit einer Außenkante des Isolationssubstrats (1) in der Draufsicht überlappt, und einem Verlängerungsabschnitt (53), der sich vom überlappenden Abschnitt weiter nach außen als die Außenkante des Isolationssubstrats (1) erstreckt, versehen wird,

wobei der überlappende Abschnitt mit einem abgestuften Abschnitt (511) versehen ist, um die Außenkante des Isolationssubstrats (1) aufzunehmen,

die Tiefe des abgestuften Abschnitts (511) größer ist als die Summe der Dicke ( $t_1$ ) des Isolationssubstrats (1) und einer Dicke des Wärmestrahlungsfetts (7) in einem Zustand, in dem die Außenkante des Isolationssubstrats (1) durch den abgestuften Abschnitt (511) des Gehäuses (51) gepresst wird, und die Tiefe des abgestuften Abschnitts (511) kleiner ist als die Summe der Dicke ( $t_1$ ) des Isolationssubstrats (1) und eines Ausmaßes der Verzerrung des Isolationssubstrats (1) in einem Zustand, in dem die Außenkante des Isolationssubstrats (1) noch nicht durch den abgestuften Abschnitt (511) des Gehäuses (51) gepresst wurde, und

im Verbindungsschritt (S30) der Verlängerungsabschnitt (53) des Gehäuses (51) am externen Element (54) unter Verwendung eines Befestigungselements (52) befestigt wird,

wobei in einem Zustand, in dem der Verlängerungsabschnitt (53) des Gehäuses (51) durch das Befestigungselement (52) an dem externen Element (54)

befestigt ist, die zweite Oberfläche des Isolationssubstrats (1) in eine konvexe Form verzerrt ist.

5. Herstellungsverfahren einer Halbleitervorrichtung nach Anspruch 4, wobei im Verbindungsschritt (S30) das Gehäuse (51) elastisch verformt wird, wenn es am externen Element unter Verwendung des Befestigungselements (52) befestigt wird, in einem Zustand, in dem die Außenkante des Isolationssubstrats (1) zwischen den überlappenden Abschnitt und das externe Element eingefügt ist.

6. Herstellungsverfahren einer Halbleitervorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, wobei

das Wärmestrahlungsfett (7) einen überlappenden Bereich aufweist, der mit dem abgestuften Abschnitt (511) in der Draufsicht überlappt, und

eine Dicke des Wärmestrahlungsfetts (7) in dem überlappenden Bereich größer ist als eine Dicke des Wärmestrahlungsfetts (7) in einem zentralen Bereich des Isolationssubstrats (1).

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

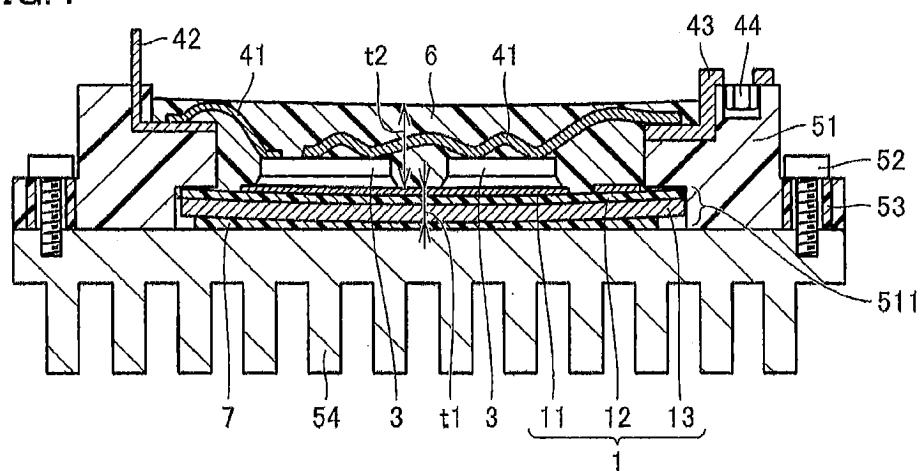


FIG. 2

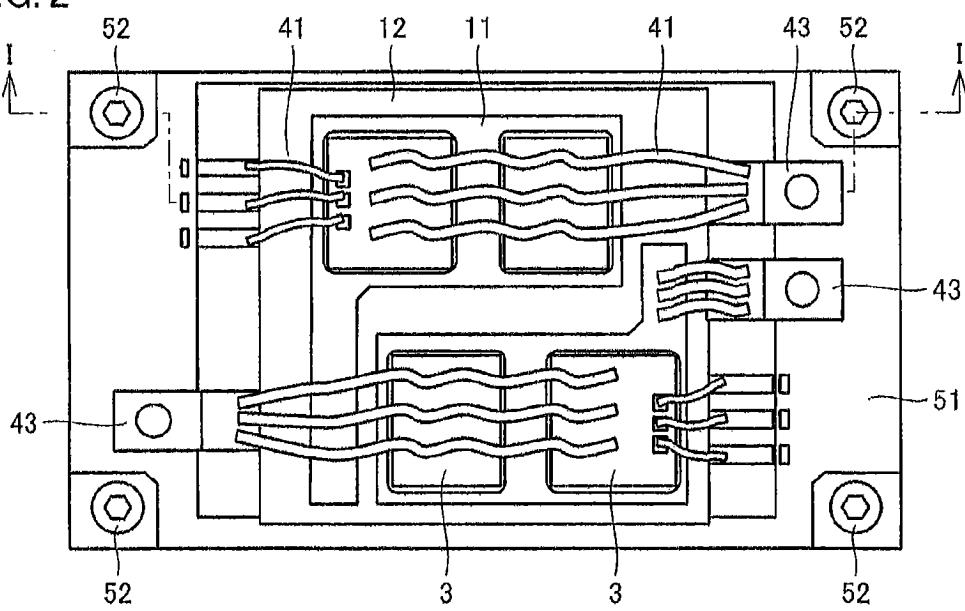


FIG. 3

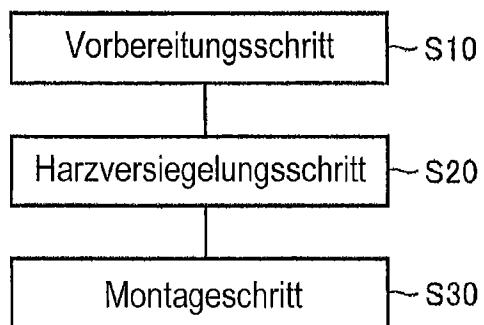


FIG. 4

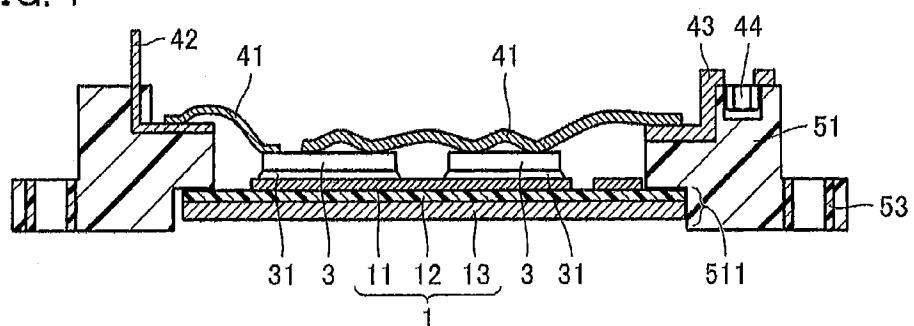


FIG. 5

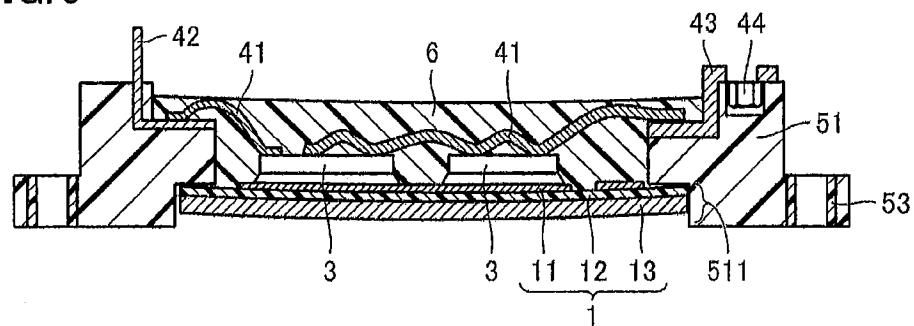


FIG. 6

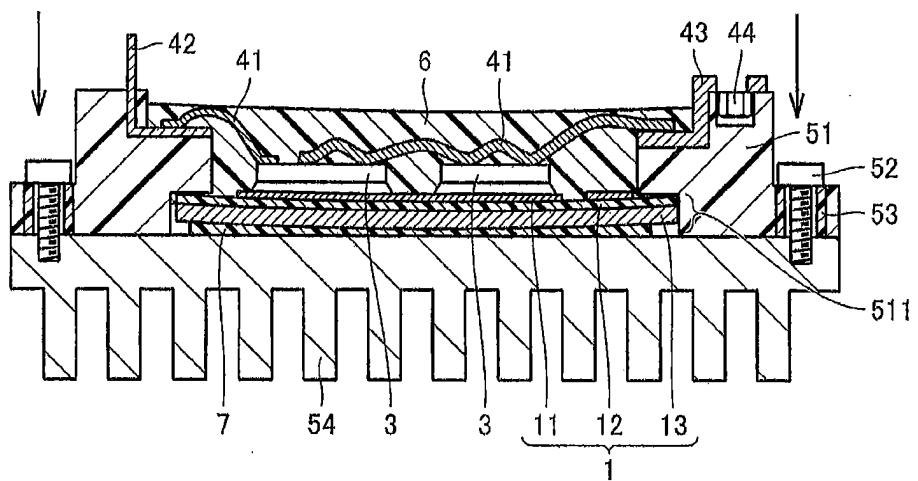


FIG. 7

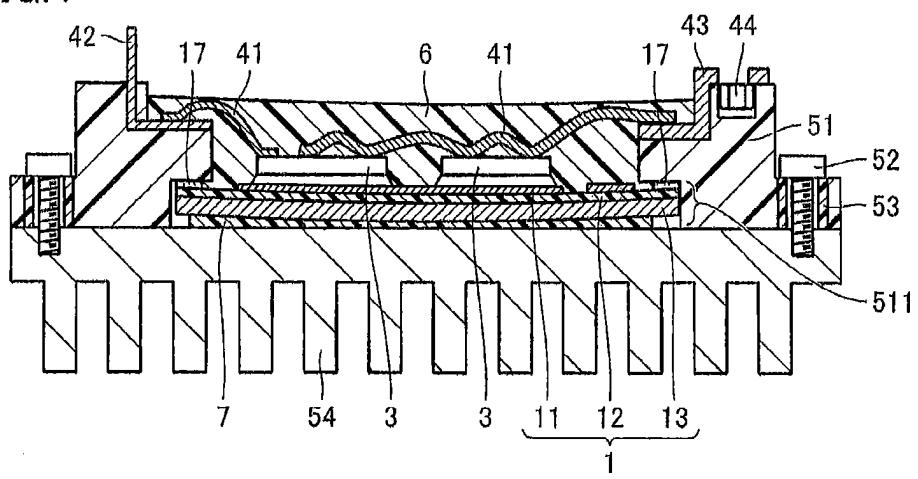


FIG. 8

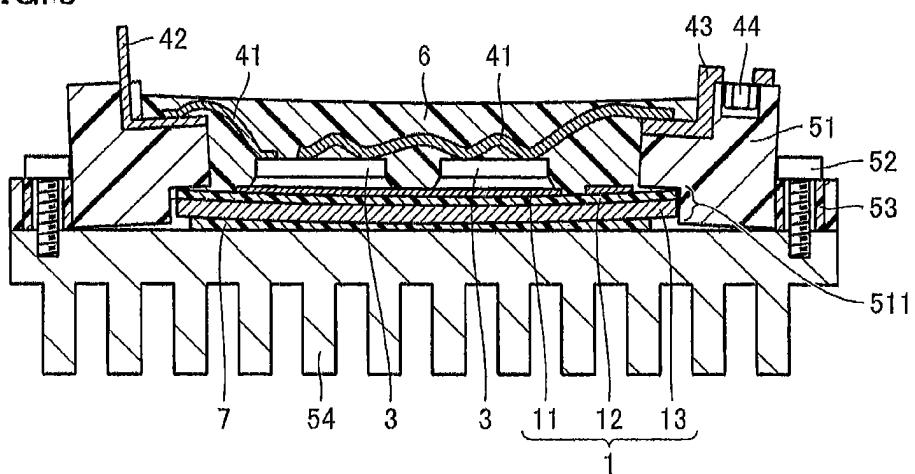


FIG. 9

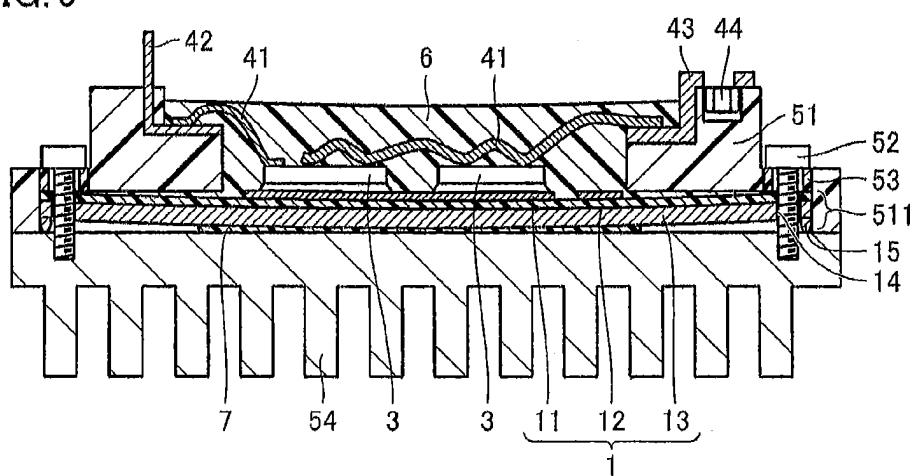


FIG. 10

