

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
21. November 2013 (21.11.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/171084 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 21/60 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/059367

(22) Internationales Anmeldedatum:
6. Mai 2013 (06.05.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 208 251.4 16. Mai 2012 (16.05.2012) DE

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE];
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: **GUENTHER, Michael**; St.-Poeltener-Str. 29,
70469 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ,
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

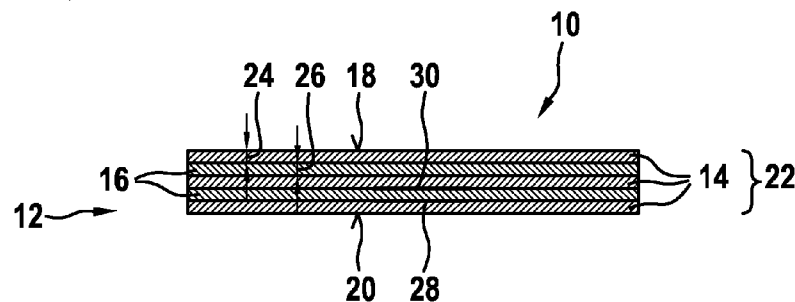
Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) Title: ELECTRIC CONTACT STRUCTURE FOR SEMICONDUCTORS

(54) Bezeichnung : ELEKTRISCHE KONTAKTIERUNG FÜR HALBLEITER

Fig. 1



(57) Abstract: The invention relates to an electric contact structure (10, 12, 46) between two contact surfaces (42, 44). The electric contact structure (10, 12, 46) has a ribbon-shaped sandwich design (22, 54).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf eine elektrische Kontaktierung (10, 12, 46) zwischen zwei Kontaktflächen (42, 44). Die elektrische Kontaktierung (10, 12, 46) ist bandförmig ausgeführt und als Sandwichaufbau (22, 54) beschaffen.

WO 2013/171084 A2

Beschreibung

5 Titel

Elektrische Kontaktierung für Halbleiter

Stand der Technik

10 DE 10 2006 025 870 A1 bezieht sich auf ein mehrschichtiges Bond-Bändchen. Gemäß dieser Lösung ist ein Bonddraht als Bändchen ausgebildet und weist mindestens zwei Schichten, die aus unterschiedlichen Materialien gefertigt sind, auf. Die Schmelzpunkte der mindestens zwei Schichten sind voneinander verschieden. Des Weiteren ist die Biegesteifigkeit und/oder die Reißkraft und/oder die Dehnbarkeit der Schichten voneinander
15 verschieden, ferner die Dicke der Schichten. Eine mittlere Schichtdicke der Schichten liegt etwa zwischen 1 nm und 200 nm, insbesondere zwischen 15 nm und 30 nm, bevorzugt zwischen 20 nm und 25 nm. Eine Bondverbindung zwischen zwei Kontaktflächen zeichnet sich dadurch aus, dass die Kontaktflächen mit mindestens einem als Bändchen ausgebildeten Bonddraht elektrisch miteinander verbunden, vorzugsweise
20 ultraschallverschweißt sind.

DE 10 2006 025 867 A1 bezieht sich auf eine Bondverbindung sowie ein Verfahren zum Bonden zweier Kontaktflächen. Gemäß dieser Lösung weist eine Bondverbindung zwischen zwei Kontaktflächen mindestens zwei Bonddrähte auf, wobei die mindestens zwei
25 Bonddrähte übereinander angeordnet und leitend miteinander verbunden sind. Ausschließlich der unterste Bonddraht ist unmittelbar mit den Kontaktflächen verbunden, vorzugsweise verschweißt. Die Bonddrähte sind miteinander verschweißt, vorzugsweise miteinander ultraschallverschweißt. Mindestens einer der Bonddrähte, vorzugsweise sämtliche Bonddrähte sind als Bändchen ausgebildet und weisen zumindest
30 näherungsweise eine rechteckige Querschnittsfläche auf.

DE 10 2006 025 867 A1 bezieht sich des Weiteren auf ein Verfahren zum Bonden zweier Kontaktflächen. Unter Verwendung mindestens eines ersten und eines zweiten Bonddrahtes wird der erste Bonddraht mit den beiden Kontaktflächen gebondet und der zweite Bonddraht
35 über dem ersten Bonddraht angeordnet und mit diesem gebondet.

Halbleiterbauelemente werden üblicherweise durch Löten oder andere stoffschlüssige Fügeverfahren, wie zum Beispiel Schweißen oder Ultraschallschweißen auf Schaltungsträgern montiert, um eine elektrische Funktionalität darzustellen. Eine weiterhin
5 eingesetzte Methode, die Oberseite der Halbleiter, bei denen sich beispielsweise um Dioden, um MOSFET's, IGBT's handelt, und die zu kontaktieren sind, besteht in der Verwendung der Drahtbondtechnik bzw. der Bändchenbondtechnik. Gemäß dieser Verbindungsverfahren wird mittels ultraschallunterstütztem Verschweißen eine stoffschlüssige Verbindung zwischen der Oberseite des Halbleiters und einem Draht oder Bändchen hergestellt. Bei dem Draht oder
10 dem Bändchen, was hierzu eingesetzt wird, handelt es sich um Aluminium- oder Kupferdrähte bzw. Bändchen. Das Ende des Drahtes bzw. des Bändchens wird an einer zweiten Fügestelle wiederum mit dem Schaltungsträger verbunden, um die gleiche Verdrahtungsebene zu erreichen.

15 Die Robustheit der elektrischen Schaltungen wird im Allgemeinen durch Zuverlässigkeitstests abgeprüft. Es hat sich herausgestellt, dass ein typisches und ein die Lebensdauer elektrischer Schaltungen begrenzendes Ausfallbild durch das Versagen der Verbindungsstelle zwischen dem Halbleiter einerseits und einem Aluminiumdraht bzw. einem Aluminiumbändchen andererseits vorliegt. Dies ist darin begründet, dass der thermische
20 Ausdehnungskoeffizient von Aluminium bei $23 \mu\text{m}/(\text{m}^{\circ}\text{K})$ liegt, wohingegen der von dem Halbleitermaterial Silizium bei ca. $2 \mu\text{m}/(\text{m}^{\circ}\text{K})$. Aufgrund der unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten der eingesetzten Materialien Silizium und Aluminium, tritt im thermomechanischen Wechselspiel eine Zerrüttung der Fügestelle Aluminium-Silizium auf. Die Zerrüttung der Fügestelle hat im Allgemeinen eine Erhöhung des elektrischen
25 Widerstandes zur Folge. Durch die lokal auftretende Widerstandserhöhung treten – insbesondere bei hohen Strömen in Schaltungsträgern – Verlustleistungen auf, die eine erhebliche lokale Temperaturerhöhung bewirken und die im Extremfall zu einer Zerstörung der Anbindung, d.h. der Bondverbindung zwischen dem Halbleiter und der Bondverbindung führen können.

30 Das Versagen der Bondverbindung ist abhängig von dem verwendeten Draht- oder Bändchenmaterial (Kupfer, Aluminium), der Größe der Kontaktfläche auf dem Halbleiter sowie der angelegten Prüfbedingung (Temperatur). Hinsichtlich der Größe der Kontaktfläche auf dem Halbleiter ist zu erwähnen, dass eine entsprechende Mindestgröße dieser
35 Kontaktfläche auf dem Halbleiter durch die benötigte Stromtragfähigkeit erzwungen wird.

Darstellung der Erfindung

Erfindungsgemäß wird eine elektrische Kontaktierung eines Halbleiters vorgeschlagen unter
5 Einsatz eines bändchenförmig ausgebildeten Kontaktes. Erfindungsgemäß ist der bändchenförmig ausgebildete Kontakt in Form eines Sandwiches aufgebaut. Anstatt durch Ultraschallschweißen wird der erfindungsgemäß vorgeschlagene bändchenförmige Kontakt in Sandwichaufbau durch einen Festphasendiffusionsprozess aufgebracht. Als
10 Festphasendiffusionsprozesse, die für die Anwendung geeignet sind, kommen beispielsweise Sintern oder Diffusionslöten in Betracht. Der als Sandwichaufbau ausgebildete bändchenförmige Kontakt verhält sich bei einer thermodynamischen Zerrüttung anders als ein Band aus reinem Aluminium oder aus reinem Kupfer.

Der Sandwichaufbau des bändchenförmig ausgebildeten elektrischen Kontaktes zeichnet
15 sich durch eine Schichtform aus. Der Sandwichaufbau umfasst bevorzugt mehrere, elektrisch gut leitende, dünn ausgebildete Kupferbleche, die mit einem Festphasendiffusionsprozess, beispielsweise Silbersintern, aufeinander gefügt sind. Diese Silbersinterschichten verhalten sich bei hohen Betriebstemperaturen plastisch, d.h. sind demzufolge in der Lage, lokal auftretende Spannungsspitzen drastisch zu reduzieren.

20 Durch Anwendung eines Festphasendiffusionsprozesses, wie beispielsweise Sintern oder Diffusionslöten, können Vorschädigungen im Material bzw. im Halbleiter, wie sie beispielsweise beim Bonden durch eingebrachte Ultraschallleistung auftreten können, vermieden werden. Durch die bisher angewandte Methodik, d.h. das Einbringen von
25 Ultraschallleistung, kann bei der Verwendung von Kupfer als Draht- oder Bändchenmaterial (bei höheren Kräften) das Prozessfenster und somit die herstellbaren Verbindungen fühlbar eingeschränkt werden. Durch den Einsatz eines der genannten Festphasendiffusionsprozesses, d.h. entweder Sintern oder Diffusionslöten, können diese Nachteile vermieden werden.

30 Durch die erfindungsgemäß vorgeschlagene Lösung kann eine Reduktion thermomechanisch induzierter Spannungen erreicht werden, insbesondere durch den Sandwichaufbau der elektrischen Bändchen aus Kupferblechen einer Dicke zwischen 50 µm bis 200 µm. Mindestens zwei Kupferschichten bilden den erwähnten Sandwichaufbau, wobei
35 eine Verbindungsschicht zwischen den mindestens zwei Kupferblechen aus Silber gefertigt

ist. Diese Verbindungsschicht wird in Silbersintertechnik aufgebaut. Werden mehrere Kupferblechschichten und Sinterschichten, was sich nach der gewünschten Stromtragfähigkeit richtet, eingesetzt, kann ein elektrisches Bändchen von mehreren 100 µm, ja sogar bis zu einigen Millimetern Dicke aufgebaut werden.

5

Der Sandwichaufbau des elektrischen Bändchens aus Kupferblechen und Silbersinterschichten verhält sich im direkten Vergleich zu Aluminium-, Silber- oder Kupferbändern identischer Abmessungen bei Raumtemperatur ($\vartheta = 25^{\circ}\text{C}$) ähnlich steif und kann in fertigungstechnisch sehr günstiger Weise durch Stanzen oder Biegen

10 vorkonfektioniert werden.

Treten höhere Temperaturen als Raumtemperatur ($\vartheta = 25^{\circ}\text{C}$) auf, verhalten sich die Silbersinterschichten, die zwischen den beiden Kupferblechen bzw. mehreren Kupferblechen angeordnet sind, plastisch. Dies führt dazu, dass die jeweils unterste Kupferschicht sich dem

15 Ausdehnungsverhalten des Siliziums des Halbleiters anpasst und die darüber bzw. darunter liegende Silbersinterschicht gleichermaßen eine durch Temperaturwechsel bedingten thermische Verschiebung, d.h. Dehnung im Sandwichverbund kompensiert. Gegenüber einer Lösung mit lediglich einem Kupferblech oder lediglich ein aufgesintertes Silberband, wird die erfindungsgemäß vorgeschlagene Lösung des Sandwichaufbaus des elektrischen Kontaktes

20 auf mindestens zwei Fügestellen verteilt und somit signifikant reduziert.

Die Kompensation von thermisch induzierten Dehnungen in eventuell vorgesehenen weiteren Schichten des Sandwichaufbaus erfolgt nach dem gleichen Prinzip, zum Beispiel in einer nächst höher gelegenen Schicht, die weiter von der Kontaktierungsstelle entfernt liegt,

25 wobei diese jedoch in geringerem Umfang durch das Ausdehnungsverhalten des Halbleiters (thermischer Ausdehnungskoeffizient von Silizium) beeinträchtigt wird. Je nach Schichtenanzahl kann die thermomechanisch induzierte Bewegung auf eine beliebige Anzahl von Fügestellen verteilt und somit was die Dauerhaltbarkeit der elektrischen Verbindung angeht, erheblich herabgesetzt werden.

30

Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäß vorgeschlagene Lösung zeichnet sich durch eine erheblich reduzierte thermomechanische Belastung am Halbleiter durch ein plastisches Verhalten des im

35 Sandwichaufbau gefertigten elektrischen Bändchens bei höheren Temperaturen aus, so

dass insgesamt gesehen die Spannungsspitzen, die sich im Sandwichaufbau des elektrischen Bändchens einstellen, drastisch reduziert werden. Durch die erfindungsgemäß vorgeschlagene Lösung kann durch den Einsatz eines Festphasendiffusionsprozesses, wie beispielsweise das Sintern oder das Diffusionslöten der Bondprozess eingespart werden, der durch Werkzeuggeometrien und eingebrachte Schwingungen das Design des Drahtes oder Bandes begrenzt. Durch die Möglichkeit, größere Flächen auf dem Halbleiter zu fügen, reduziert sich des Weiteren der Übergangswiderstand vom elektrischen Bändchen auf den Halbleiter, was insgesamt gesehen die elektrischen Verluste herabsetzt. Durch die Möglichkeit, größere Flächen auf dem Halbleiterbauelement zu fügen, öffnet sich die Möglichkeit, eine höhere Verlustleistung durch das aufgesinterte Band abzuführen. Ferner erlaubt die Ausbildung einer größeren Fläche auf dem Halbleiter eine höhere Stromtragfähigkeit der Metallisierung auf dem Halbleiter, so dass die Dicke der Metallisierung, die bei hohen Stromdichten eine Limitierung darstellt (typische Schichtdicken 3 µm – 5 µm) hinsichtlich ihrer Bedeutung in den Hintergrund rückt.

Des Weiteren kann unter Anwendung der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Lösung auf dem Halbleiter auf eine Entwicklung einer dickeren Sondermetallisierungsschicht verzichtet werden, die dazu eingesetzt wird, eine limitierte Stromtragfähigkeit einer Standardmetallisierung zu vergrößern, um die mechanischen Kräfte, die aus einem Bondprozess herrühren, aufzufangen. Dies ist durch die erfindungsgemäß vorgeschlagene Lösung obsolet geworden. Durch den Einsatz einer Silbersinterschicht aus Silber oder aus dotiertem Silber kann eine elektrische Kontaktierung geschaffen werden, die eine plastische Verformbarkeit aufweist. Der Grad der plastischen Verformbarkeit der Silbersinterschicht ist abhängig vom Spannungszustand im System, d.h. den Eigenspannungen, im System, die durch den Herstellungsprozess eingeprägt werden und dem Aufbau vorgegeben sind. Die Eigenspannungen, die durch den Herstellungsprozess induziert sind, hängen ab von Zeit und Temperatur, während die Eigenspannungen im System, die sich auf dessen Aufbau zurückführen lassen von der Schichtdicke und den beteiligten Materialien abhängig sind. Abhängig von den gewählten Herstellbedingungen verhält sich das System bei Raumtemperatur bis zu einer Belastung des silberhaltigen Materials von zum Beispiel 200 MPa elastisch, während bei einer höheren Belastung ein plastisches Verhalten auftritt, wobei die Belastung der beteiligten Werkstoffe nicht weiter ansteigt. Bei einem erhöhten Temperaturniveau, welches einem realen Einsatzfall des Halbleiters bei Abgabe von Verlustleistung entspricht, sinkt die Fließgrenze des silberhaltigen Materials, was die Spannungsbelastung absenkt. Beispielsweise halbiert sich die Fließgrenze bei einer

Temperatur von 100°C auf zum Beispiel 100 MPa, bei einer Einsatztemperatur eines Siliziumhalbleiters von typischerweise 175°C kommt es zu einer Reduzierung auf ein Viertel der ursprünglichen Fließgrenze, d.h. etwa 50 MPa.

5 Somit können bei geringer Temperaturbelastungen, beispielsweise bei Vorliegen von Raumtemperatur, Unterschiede im thermischen Ausdehnungsverhalten durch ein elastisches Verhalten abgefangen werden. Dies bedeutet, dass der silberhaltige Werkstoff in geringerem Umfang zerrüttet, im Gegensatz zu einer Kontaktierung durch Aluminium- oder Kupferdraht beziehungsweise Kupferbänder. Bei höheren Temperaturen, etwa bei einer Annäherung des
10 Temperaturniveaus an die Herstelltemperatur, erfolgt ein Abbau des Spannungszustandes bei gleichzeitiger Absenkung der Fließgrenze. Dies bedeutet, dass immer noch eine elastische Reserve vorgehalten wird, die deutlich über der von weichgeglühten Reinaluminium oder Reinkupfer liegt. Somit setzt die plastische Zerrüttung des silberhaltigen Werkstoffes in geringerem Umfang ein.

15 Hinsichtlich des Parameters Zeit beim Herstellungsprozess baut sich bei längeren Haltezeiten, insbesondere dann, wenn ein erhöhtes Temperaturniveau vorliegt, der Spannungszustand des silberhaltigen Materials ab.

20 Kurze Beschreibung der Zeichnung

Anhand der Zeichnung wird die Erfindung nachstehend eingehender beschrieben.

Es zeigt

25 Figur 1 einen Querschnitt durch eine bandförmig ausgebildete erfindungsgemäß elektrische Kontaktierung und

Figur 2 eine Ausführungsmöglichkeit einer elektrischen Kontaktierung zwischen zwei
30 Kontaktflächen.

Ausführungsvarianten

Im Folgenden wird eine elektrische Kontaktierung 10, 12, 46 detaillierter beschrieben, die
35 zwischen zwei Kontaktflächen 42, 44 ausgebildet ist. Bei den Kontaktflächen 42, 44 kann es

sich beispielsweise unmittelbar um ein Halbleiterbauelement 44, wie zum Beispiel eine Diode, einen MOSFET, IGBT oder dergleichen handeln, oder um eine elektrisch leitfähige Kaschierung 42 oder unmittelbar über eine entsprechend konditionierte Ober- oder Unterseite eines Schaltungsträgers 40.

5

Der Darstellung gemäß Figur 1 ist zu entnehmen, dass eine dort dargestellte elektrische Kontaktierung 10 in Form eines Bändchens 12 ausgebildet ist. In einem Sandwichaufbau 22 sind – im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 – drei Kupferfolien 14 und zwei, mittels eines Festphasendiffusionsprozesses aufgebraachte Schichten 16, so zum Beispiel Silbersinterschichten dargestellt. Die einzelnen Kupferfolien 14 bzw. die durch den Festphasendiffusionsprozess aufgebraachten Schichten 16, insbesondere Silbersinterschichten sind übereinanderliegend ausgebildet und innerhalb des Sandwichaufbaus 22 in alternierender Abfolge übereinander geschichtet. Eine Oberseite des in Figur 1 dargestellten Sandwichaufbaus 22 der elektrischen Kontaktierung 10 ist durch Bezugszeichen 18 bezeichnet, während eine Unterseite des Sandwichaufbaus 22 durch Bezugszeichen 20 identifiziert ist.

10

15

20

25

Aus dem in Figur 1 dargestellten Querschnitt geht hervor, dass beispielsweise die Kupferfolien 14 in einer Schichtdicke 24 ausgeführt sind, die im Bereich zwischen 50 µm und 200 µm liegt. Jeweils zwei in einer derartigen Schichtdicke 24 ausgebildete Kupferfolien 14 sind über jeweils eine durch einen Festphasendiffusionsprozess aufgebraachte Schicht 16, beispielsweise eine Silbersinterschicht miteinander verbunden. Je nachdem, wie viele Kupferfolien 14 innerhalb des schichtförmigen Sandwichaufbaus 22 in alternierender Abfolge mit durch einen Festphasendiffusionsprozess aufgebraachte Schichten 16 miteinander verbunden sind, kann der Sandwichaufbau 22 je nach gewünschter Stromtragfähigkeit eine Gesamtdicke von mehreren 100 µm bis zu einigen Millimetern aufweisen.

30

Im einfachsten Falle umfasst der Sandwichaufbau 22 eine Kupferfolie 14, die an Ober- und Unterseite jeweils durch beispielsweise eine Silbernitrtschicht 16, d.h. durch Schichten, die durch den Festphasendiffusionsprozess aufgebracht sind, versehen ist. Dadurch entstehen innerhalb des Sandwichaufbaus 22 Fügestellen 28, 30. Im fünf Schichten aufweisenden Sandwichaufbau 22 gemäß Figur 1 sind die Fügestellen 28, 30, die sich im Wesentlichen in horizontaler Richtung durch den Schichtaufbau erstrecken, dargestellt.

Der in Figur 1 dargestellte Sandwichaufbau 22 aus Kupferfolien 14 und durch Festphasendiffusionsprozess aufgebraachte Schichten 16, so zum Beispiel Silbersinterschichten, verhält sich im direkten Vergleich zu Aluminium-, Silber- oder Kupferbändern gleiche Abmessungen bei Raumtemperatur ($\vartheta = 25^{\circ}\text{C}$) ähnlich steif und ist
5 einfach in fertigungstechnisch günstiger Weise konfektionierbar. Der Sandwichaufbau 22 gemäß der Querschnittsdarstellung in Figur 1 kann beispielsweise durch Stanzen oder Biegen hergestellt werden.

Der schichtförmige Sandwichaufbau 22 zeichnet sich dadurch aus, dass die unterste der
10 Kupferfolien 14, d.h. die auf der Oberseite eines Halbleiterbauelementes 44 aufgebraachte Kupferfolie 14 sich dem Ausdehnungsverhalten des Werkstoffs des Halbleiterbauelementes 44, d.h. dem Ausdehnungsverhalten von Silizium anpasst. Die plastische Verformbarkeit des Sandwichaufbaus 22 ist abhängig vom Spannungszustand im Sandwichaufbau 22, den Temperaturen sowie dem Faktor Zeit. So setzt beispielsweise bei einer Spannung von
15 200 MPa ohne dass der Faktor Zeit eine Rolle spielt, eine plastische Verformbarkeit ein, d.h. setzt Fließen ein.

Der Grad der plastischen Verformbarkeit des silberhaltigen Materials, beispielsweise einer Silbersinterschicht, ist abhängig vom Spannungszustand im System, d.h. den
20 Eigenspannungen im System, die einerseits durch den Herstellungsprozess eingeprägt werden hinsichtlich Zeit und Temperatur und andererseits durch den Aufbau hinsichtlich Schichtdicke und beteiligter Materialien vorgegeben sind. Abhängig von den gewählten Herstellungsbedingungen verhält sich das System bei Raumtemperatur bis zu einer Belastung des silberhaltigen Materials von zum Beispiel 200 MPa elastisch, bei einer
25 höheren Belastung tritt ein plastisches Verhalten auf, wobei die Belastung der beteiligten Werkstoff nicht weiter ansteigt.

Bei einer erhöhten Temperatur, welche dem realen Einsatzfall des Halbleiters entspricht, beispielsweise dann, wenn Verlustleistung abgegeben wird, sinkt die Fließgrenze des
30 silberhaltigen Materials, was die Spannungsbelastung absenkt. Beispielsweise halbiert sich die Fließgrenze bei einer Temperatur von 100°C auf zum Beispiel 100 MPa, bei einer Einsatztemperatur eines Siliziumhalbleiters von typischerweise 175°C stellt sich eine Reduzierung der Fließgrenze auf ein Viertel der ursprünglichen Fließgrenze, d.h. auf einen Wert von etwa 50 MPa ein. Somit können bei geringerer Temperaturbelastung
35 beispielsweise bei Raumtemperatur Unterschiede im thermischen Ausdehnungsverhalten

durch ein elastisches Verhalten abgefangen werden, was bedeutet, dass der silberhaltige Werkstoff in wesentlich geringerem Umfang zerrüttet. Dies steht im krassen Gegensatz zu einer elektrischen Kontaktierung, die durch Aluminium oder durch Kupferdraht beziehungsweise Kupferband gebildet wird. Bei einem höheren Temperaturniveau, etwa bei einer Annäherung an die Herstelltemperatur erfolgt ein Abbau des Spannungszustandes bei gleichzeitiger Absenkung der Fließgrenze. Dies bedeutet, dass immer noch eine elastische Reserve vorgehalten wird, die deutlich über der von weichgeglühtem Reinaluminium oder Reinkupfer liegt. Somit setzt die plastische Zerrüttung des silberhaltigen Werkstoffes in geringerem Umfang ein.

Hinsichtlich des zeitlichen Parameters im Bezug auf den Herstellungsprozess ist zu erwähnen, dass bei längeren Haltezeiten, insbesondere bei einem höheren anliegenden Temperaturniveau, sich der Spannungszustand des Silbers abbaut.

Die über dieser Kupferfolie 14 liegende und die unter dieser Kupferfolie 14 liegende durch den Festphasendiffusionsprozess erzeugte Schicht, wie beispielsweise eine Silbersinterschicht 16, kompensiert eine durch Temperaturwechsel bedingte thermische Dehnung, aufgrund ihrer plastischen Verformbarkeit bei höheren Temperaturen. Gegenüber einer elektrischen Kontaktierung, die lediglich eine Kupferfolie 14 oder eine Silbersinterschicht 16 aufweist, wird bei der thermisch induzierten Bewegung die mechanische Beanspruchung, d.h. die Ausdehnung auf mindestens zwei Fügstellen, eben jene sich in horizontaler Richtung erstreckenden Fügstellen 28 und 30 aufgeteilt, so dass die mechanischen Spannungsspitzen drastisch herabgesetzt werden. Je nach Anzahl der Fügstellen 18 bzw. 30 kann einerseits die Stromtragfähigkeit der elektrischen Kontaktierung erhöht und andererseits die mechanische Belastung herabgesetzt werden.

Bei einem wie in Figur 1 dargestellten Sandwichaufbau 22 mit fünf oder mehr Schichten 14, 16, verhält sich die nächst höher gelegene Kupferfolie 14 in gleicher Weise, wobei diese jedoch aufgrund ihrer größeren Entfernung von der Temperaturquelle, nämlich der Kontaktstelle mit dem Halbleiterbauelement 44 hinsichtlich ihrer Beanspruchung in geringerem Maße vom Ausdehnungsverhalten des Werkstoffs des Halbleiterbauelements 44, d.h. vom Silizium abhängt. Umfasst der Sandwichaufbau 22 die in Figur 1 dargestellten beispielsweise fünf Schichten 14, 16, so stehen bereits zwei Fügstellen 28, 30 sowie eine weitere Fügstelle zur Verfügung, innerhalb derer die thermisch induzierten Relativbewegungen kompensierbar wären.

Der Darstellung gemäß Figur 2 ist eine bändchenförmig ausgebildete elektrische Kontaktierung zwischen zwei Kontaktflächen zu entnehmen.

5 Aus der Darstellung gemäß Figur 2 geht hervor, dass ein Schaltungsträger 40 beispielsweise zwei elektrisch leitfähige Kaschierungen 42 umfasst. Auf einer der elektrisch leitfähigen Kaschierungen 42 ist ein Halbleiterbauelement 44 aufgenommen, bei dem sich um eine Diode, um einen MOSFET oder um eine IGBT oder dergleichen handelt. Die Oberseite des Halbleiterbauelements 44 ist mittels eines bändchenförmigen elektrischen Kontaktes 46 mit
10 einer der elektrisch leitfähigen Kaschierungen 42 elektrisch verbunden. In der Darstellung gemäß Figur 2 beschreibt der bändchenförmige elektrische Kontakt 46 einen Bogen 48. Über den bändchenförmig ausgebildeten elektrischen Kontakt 46 sind eine erste Kontaktierungsfläche 50, die sich an der Oberseite des Halbleiterbauelements 44 befindet und eine weitere, zweite Kontaktierungsfläche 52, die sich an der Oberseite einer der beiden
15 elektrisch leitfähigen Kaschierungen 42 befindet, elektrisch miteinander verbunden. Bei dem bändchenförmigen elektrischen Kontakt 46 gemäß der Darstellung in Figur 2 handelt sich um einen Vier-Schicht-Sandwichaufbau 54. An einer jeden der Kontaktierungsflächen 50 bzw. 52 stehen größere Flächen zur Stromübertragung zur Verfügung bedingt durch eine erhöhte Kontaktierungslänge, siehe Position 56 in Figur 2.

20 Durch die Möglichkeit, größere Kontaktierungsflächen 50 bzw. 52 auszubilden, beispielsweise durch die Wahl einer erhöhten Kontaktierungslänge 56, reduziert sich der Übergangswiderstand vom bändchenförmig ausgebildeten Kontakt 46 zum Halbleiterbauelement 44, was zu einer Herabsetzung der elektrischen Verluste führt. Durch
25 die Möglichkeit der Realisierung größerer Kontaktierungsflächen 50 bzw. 52 auf dem Halbleiterbauelement 44, die zum Fügen zur Verfügung stehen, kann eine höhere Verlustleistung durch eine aufgesinterte elektrische Kontaktierung 46 abgeführt werden. Ferner ist durch die vergrößerte Ausführung der Kontaktierungsflächen 50 bzw. 52 die Stromtragfähigkeit einer Metallisierung auf dem Halbleiterbauelement 44 nicht mehr der
30 limitierende Faktor, wie dies bei hohen Stromdichten mit Schichtdicken von 3,2 µm bei bisherigen Ausführungsvarianten der Fall war.

Des Weiteren kann das elektrisch zu kontaktierende Halbleiterbauelement 44 in Gestalt einer Diode, eines MOSFET's oder eines IGBT's ohne eine extra dick auszubildende
35 Sondermetallisierung ausgebildet werden. Mit einer dicken Sondermetallisierung wurde

bisher eine limitierte Stromtragfähigkeit einer Standardmetallisierung vergrößert, um die aus einem Bondprozess, bei dem hohe mechanische Kräfte auftreten, resultierende mechanische Belastungen abzufangen.

- 5 Durch die erfindungsgemäß vorgeschlagene Lösung ist eine geringere thermomechanische Belastung am Halbleiterbauelement 44 durch plastisches Verhalten der durch den Festphasendiffusionsprozess erzeugten Zwischenschichten 16 zwischen den Kupferfolien 14 bei höherer Temperatur kompensierbar, so dass aufgrund der Herabsetzung des mechanischen Beanspruchungsniveaus bei entsprechenden Testzyklen eine lokale
- 10 Temperaturerhöhung ohne Schaden eine daraus erfolgende Relativbewegung an der elektrischen Kontaktierung 10, 12, 46 ohne mechanische Auswirkungen auf die elektrische Kontaktierung bleibt, diese daher hinsichtlich ihrer Lebensdauer drastisch verbessert ist. Da ein thermomechanisches Wechselspiel und eine damit einhergehende Zerrüttung der Fügestelle zwischen den Werkstoffen Aluminium und Silizium zwangsläufig eine Erhöhung
- 15 des elektrischen Widerstandes zur Folge hat, wodurch Verlustleistungen auftreten, kann die damit einhergehende lokale Temperaturerhöhung durch die erfindungsgemäß vorgeschlagene elektrische Kontaktierung in Form eines Sandwichaufbaus 22 bzw. 54 abgefangen werden, ohne dass diese Schaden nähme, oder ein Versagen der elektrischen Kontaktierung zwischen den beiden Kontaktflächen 42, 44 zu befürchten wäre.

Ansprüche

- 5 1. Elektrische Kontaktierung (10, 12, 46) zwischen zwei Kontaktflächen (42, 44), wobei die elektrische Kontaktierung (10, 12, 46) bandförmig ausgeführt ist, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Kontaktierung (10, 12, 46) als Sandwichaufbau (22, 54) beschaffen ist.
- 10 2. Elektrische Kontaktierung (10, 12, 46) gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Sandwichaufbau (22, 54) mindestens eine durch einen Festphasendiffusionsprozess aufgebraachte Schicht (16) umfasst.
- 15 3. Elektrische Kontaktierung (10, 12, 46) gemäß dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine, durch einen Festphasendiffusionsprozess aufgebraachte Schicht (16) eine Silbersinterschicht oder eine diffusionsgelötete Schicht ist.
- 20 4. Elektrische Kontaktierung (10, 12, 46) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Silbersinterschicht (16), Silber und/oder dotiertes Silber enthaltend oder mit Silber dotiert ausgeführt ist, plastisch verformbar ist.
- 25 5. Elektrische Kontaktierung (10, 12, 46) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Sandwichaufbau (22) aus mindestens einer Kupferfolie (14) und mindestens einer durch einen Festphasendiffusionsprozess aufgebraachten Schicht (16) mindestens zwei Fügestellen (28, 30) enthält, an denen eine thermisch induzierte Bewegung kompensiert wird.
- 30 6. Elektrische Kontaktierung (10, 12, 46) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Kupferfolie (14) in einer Schichtdicke (24) zwischen 50 µm und 200 µm ausgeführt ist.

7. Elektrische Kontaktierung (10, 12, 46) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Übergangswiderstände an Kontaktierungsflächen (50, 52) durch eine erhöhte Kontaktierungslänge (56) reduziert sind.
- 5 8. Elektrische Kontaktierung (10, 12, 46) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Sandwichaufbau (22) mehrere Kupferfolien (14) und durch einen Festphasendiffusionsprozess aufgebrachte Schichten (16) umfasst und eine Dicke von mehreren 100 µm bis zu mehreren Millimetern aufweist.
- 10 9. Verfahren zur Herstellung einer bändchenförmigen elektrischen Kontaktierung (10, 12, 46) mit nachfolgenden Verfahrensschritten:
- a) Erzeugen eines schichtförmigen Sandwichaufbaus (22, 54) aus mehreren elektrisch leitenden Kupferfolien (14),
- 15 b) Fügen der Kupferfolien (14) durch jeweils einer durch ein Festphasendiffusionsprozess erzeugten Schicht (16), insbesondere einer Silbersinterschicht.
10. Verfahren gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der schichtförmige Sandwichaufbau (22, 54) mindestens zwei Fügestellen (28, 30) aufweist, in denen thermisch induzierte Bewegungen kompensiert werden.
- 20 11. Verfahren gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die plastische Verformbarkeit des schichtförmigen Sandwichaufbaus (22, 54) während der Herstellung durch Druckänderung und/oder Temperaturänderung definierbar ist.
- 25

1 / 1

Fig. 1

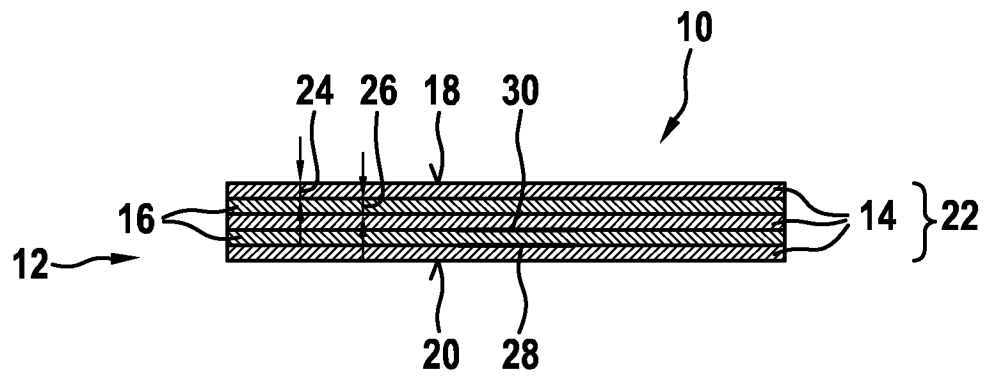


Fig. 2

