



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 057 346 B3 2009.06.10**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 057 346.6**

(22) Anmeldetag: **28.11.2007**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **10.06.2009**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 25/07 (2006.01)**

H01L 23/48 (2006.01)

H01L 23/28 (2006.01)

H01L 23/04 (2006.01)

H01L 23/06 (2006.01)

Innerhalb von drei 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).

(73) Patentinhaber:

Fachhochschule Kiel, 24149 Kiel, DE

(74) Vertreter:

BOEHMERT & BOEHMERT, 24105 Kiel

(72) Erfinder:

Eisele, Ronald, Prof. Dr., 24229 Schwedeneck, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

DE 10 2004 057494 A1

DE 101 21 970 A1

DE 10 2006 014582 A1

DE 10 2005 031836 A1

DE 196 17 055 C1

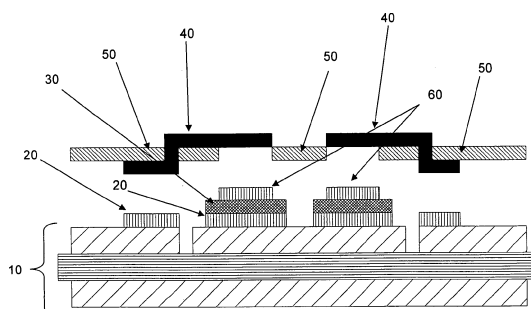
DE 34 14 065 A1

DE 10 2005 047567 B3

**Amro R. u.a.: Double-Sided Low-Temperature
 Joining Technique for Power Cycling Capability
 at High Temperature. In: EPE 2005, 11th
 European Conference on Power Electronics
 and Applications. EPE Assoc., Brussels,
 Belgium, ISBN: 90-75815-08-5, 2005. P1-P10**

(54) Bezeichnung: **Laminierte Leistungselektronikbaugruppe**

(57) Zusammenfassung: Halbleiterbaugruppe für die Leistungselektronik umfassend ein mindestens teilweise metallisiertes Substrat mit wenigstens einem darauf angeordneten, an der Unterseite elektrisch kontaktierten Halbleiterbauelement, gekennzeichnet durch eine das Halbleiterbauelement unter Druckbeaufschlagung dicht umschließende, elektrisch isolierende Polymerfolie aus einem unter Druck fließfähigen Polymer, wobei die Folie an vorbestimmten Stellen Schlitzungen aufweist, durch welche wenigstens ein Metallband als Kontaktelement mindestens einmal von der einen Folienseite auf die andere Folienseite geführt ist und die Oberseite des Halbleiterbauelements elektrisch kontaktiert.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Halbleiterbaugruppe für die Leistungselektronik, die in einem Ein-Schritt-Druckkontaktverfahren zusammengefügt und dabei zugleich laminiert wird.

[0002] Aus der DE 10 2004 057 494 A1 ist ein Halbleiterbauelement bekannt, bei dem die Oberseite durch eine das Element dicht umschließende, elektrisch isolierende Polymerfolie hindurch mittels einer Metallisierung elektrisch kontaktiert ist. Die DE 101 21 970 A1 beschreibt eine ähnliche Vorrichtung, deren Metallisierungen Bestandteil einer flexiblen Leiterplatte sind. Die DE 10 2006 014 582 A1 und die DE 10 2005 031 836 A1 betreffen Halbleiterbaugruppen, die mit einem als Kontaktelement dienenden Metallband versehen sind.

[0003] Halbleiterbaugruppen für die Leistungselektronik umfassen typisch eine Mehrzahl von Halbleiterbauelementen auf einem schaltungsgerecht vorstrukturierten Substrat sowie eine Anordnung von Verbindungselementen auf den Oberseiten der Bauelemente. Die Verbindungs- oder Kontaktelemente bestehen gewöhnlich aus einer Mehrzahl paralleler Bonddrähte, die durch eine geeignete Verbindungstechnik, z. B. Mikroreischweißen bzw. Ultraschall-Ronden, in die Halbleiteroberflächen gerieben werden. Dies geht mit einer erheblichen Verformung der Drähte einher und ist hinsichtlich der Zyklenbelastung der Baugruppe mit Strömen der Größenordnung 100 A nachweislich von Nachteil für die Haltbarkeit der Bonds.

[0004] Die Halbleiterbauelemente selbst sind nach der Lehre der DE 34 14 065 A1 vorzugsweise über Drucksintertechnik (insbesondere mit Silber) flächig mit dem Substrat verbunden. Gängige Substrate sind Industriekeramiken mit beidseitigen Metallisierungsschichten, von denen wenigstens die den Halbleiterbauelementen zugewandte Seite vorstrukturiert ist. Die Vorstrukturierung realisiert eine schaltungsgerechte Anordnung von gegeneinander isolierten Leiterbahnen, über die die Verschaltung der auf die Leiterbahnen gesinterten Halbleiterbauelemente von der Unterseite her erfolgt. Das durch Drucksintern erzeugte Metallkissen zwischen Bauelement und Substrat dient neben der Befestigung auch der Realisierung eines geringen elektrischen Übergangswiderstandes sowie eines kleinen Wärmetransportwiderstandes. Die Montage der Baugruppe mit der den Bauelementen abgewandten Seite des Substrats auf einen Kühlkörper (z. B. Wasserkühlung) ist ebenfalls Stand der Technik.

[0005] Das Problem des Bondings der Kontaktelemente wird eingehend in der Arbeit von Amro et al., „Double-Sided Low-Temperature Joining Technique for Power Cycling Capability at High Temperature“

(Proc. EPE2005, Dresden 11–14 Sept. 2005) untersucht. Die Arbeit kommt zu dem Erkenntnis, dass die Lebensdauer von Leistungsbaugruppen erheblich gesteigert werden kann, wenn auch die Kontaktelemente auf den Oberseiten der Halbleiterbauelemente über eine Sintertechnik befestigt werden. Statt der nachteiligen Verformung der Kontaktelemente selbst wird die Sintermasse (z. B. Silberpulver-haltige PASTE) unter Druck und Wärme geformt und zur festen Einbettung der Kontaktelemente veranlasst.

[0006] Da für die Drucksinterverbindung eine flächige Befestigung gegenüber der punktuellen des Drahtbonding zu bevorzugen ist, kommen in Amro et al. anstelle mehrerer parallel verlaufender Bonddrähte auch einzelne Metallbändchen („ribbon“) z. B. aus Silber zum Einsatz. Diese sind durch ihre große Querschnittsfläche gut für den Transport großer Ströme geeignet.

[0007] Aufgrund der erheblichen Unterschiede in den Wärmeausdehnungskoeffizienten des Metalls der Kontaktelemente und der Halbleiterbauelemente können sich im Betrieb der Baugruppe Scherkräfte entlang der Baugruppenebene einstellen, die insbesondere auf die Kontaktbindungen wirken und diese mit der Zeit lösen. Als Abhilfe ist es Stand der Technik, die Kontaktelemente in Form von sich von der Baugruppenebene abhebenden Schlaufen anzuordnen, so dass die Wärmeausdehnung der Metallkontakte vorrangig zu Scherkraftkomponenten senkrecht zur Baugruppenebene führt, was schadlos für die Bonds bleibt. Solche Schlaufen sind bei Draht- und bei Ribbon-Bonds geläufig.

[0008] Zur Erzielung ausreichender Stoßfestigkeit der fertigen Leistungsbaugruppen ist es gängig, die Baugruppe mit einer Isoliermasse (z. B. Silikonkautschuk) bis oberhalb der Kontaktelemente zu vergießen. Bekannt ist dabei auch die Verwendung einer Vergussmasse mit hoher Dielektrizitätskonstante zur verbesserten inneren elektrischen Isolation.

[0009] Aus der DE 196 17 055 C1 ist eine Leistungsbaugruppe in Mehrschichtbauweise bekannt, bei deren Herstellung zeitgleich die elektrische Kontaktierung zwischen Substrat und Halbleiterbauelementen als auch zwischen Bauelementen und Verbindungselementen schaltungsgerecht in einem einzigen Arbeitsschritt, etwa durch isostatische Druckbeaufschlagung unter Erwärmung (Sinterschritt), erfolgen kann. Die Vergussmasse wird hierbei ersetzt durch vorgefertigte, insbesondere mit lokalen Aussparungen versehene Isoliermaterialfolien, so genannte PrePregs (PRE imPREGnated sheet material). Diese sind flexible Isolatorfolien (z. B. ein Polymer) mit beidseitigem Harzauftrag, wobei sich das Harz durch heißes Verpressen in seine endgültig feste Form bringen lässt. Auf die Halbleiterbauelemente und das PrePreg wird eine flexible Leiterplatte (z. B.

Polyimid mit eingearbeiteten Kupferleiterbahnen) gelegt für eine schaltungsgerechte Kontaktierung der Bauelement-Oberseiten im Bereich der Aussparungen der PrePregs.

[0010] Ober- und Unterseiten der Halbleiterbauelemente werden bereits während der Bestückung mit Sinterpaste versehen. Durch Zufügen z. B. eines Tropfens Alkohol werden die Bauelemente bis zur Drucksinterung auf dem Substrat durch Adhäsion in Position gehalten. Die gesamte „Sandwich-Anordnung“ aus Substrat, vorbefestigten Bauelementen, Prepreg und flexibler Leiterplatte kann dann mit einer einzigen Druckbeaufschlagung zu einer fertig laminierten Baugruppe gepresst werden.

[0011] Der heute gängige Druckbereich für den Drucksinterschritt liegt bei 10 MPa bis 60 MPa. Bei der Fertigung nach der Lehre der DE 196 17 055 C1 besteht deshalb das Risiko einer mechanischen Zerstörung insbesondere der Randbereiche der Halbleiterbauelemente. Die DE 10 2005 047 567 B3 lehrt deshalb, das PrePreg durch einen Isolationsformkörper zu ersetzen, der zunächst die Höhe der Halbleiterbauelemente überragt und Aussparungen für die Bauelemente aufweist, die länger und breiter als die Bauelementabmessungen sind. Durch den Pressvorgang wird die Höhe des Isolationsformkörpers verringert, wobei er sich zugleich seitlich ausdehnt und die Bauelemente dann von allen Seiten bündig umschließt. Auf diese Weise wird eine gleichmäßigere Druckverteilung während des Drucksinterns erreicht.

[0012] Die Isolationsformkörper der DE 10 2005 047 567 B3 haben neben der elektrischen Isolierung und der Druckverteilung auch den Vorzug einer relativ bündigen Nivellierung der Oberseiten von Bauelementen und Formkörper beim Pressvorgang. Die aufzubringende flexible Leiterplatte ist hierdurch unter dem hohen Druck nur geringen Niveauunterschieden ausgesetzt. Insbesondere wird sie so nicht über die Kanten der Bauelemente hinweg durch Andrücken geknickt, was die Leiterbahnen in der Leiterplatte beschädigen kann.

[0013] Gleichwohl besteht die laminierte Baugruppe auch nach der Lehre der DE 10 2005 047 567 B3 immer noch aus den vier oben genannten strukturierten Bauebenen, die vor dem Drucksintern sämtlich passgenau zusammengesetzt werden müssen.

[0014] Es ist deshalb die Aufgabe der Erfindung, eine laminierte Leistungsbaugruppe vorzuschlagen, die aus nur noch drei strukturierten Bauebenen besteht und insbesondere auf einen vorgestanzten Isolationsformkörper verzichtet.

[0015] Die Aufgabe wird gelöst durch eine Leistungsbaugruppe mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Die Unteransprüche geben vorteilhafte Ausgestal-

tungen an.

[0016] Den Ausgangspunkt der Erfindung bildet ein strukturiertes Substrat mit darauf vorbefestigten, schaltungsgerecht positionierten Halbleiterbauelementen nach dem Stand der Technik. Vorzugsweise wird zwischen Bauelementen und Substrat bereits bei der automatischen Bestückung eine Sintermetallpaste angeordnet, die erst im abschließenden, zugleich laminierenden Pressvorgang durch Drucksintern verfestigt wird.

[0017] Es ist nun erfindungsgemäß vorgesehen, auf den Isolationsformkörper vollständig zu verzichten, und die flexible Leiterplatte durch eine strukturierte Polymerfolie zu ersetzen. Bevorzugt soll die Folie aus PTFE oder einem Silikonpolymer bestehen, da diese Materialien gute elektrische Isolatoren und zugleich unter Druck fließfähig sind. Letzteres ist insbesondere für Polyimid, aus dem übliche flexible Leiterplatten bestehen, nicht der Fall.

[0018] Die erfindungsgemäße, unter Druck fließfähige Folie weist eine Strukturierung auf, mit deren Hilfe metallische Kontaktelemente in schaltungsgerechter Anordnung darin fixiert werden können. Bei den Kontaktelementen handelt es sich erfindungsgemäß um relativ dicke (300 µm–500 µm) Metallbänder, bevorzugt aus Kupfer, mit Längen im Zentimeterbereich. Die Foliendicke wird vorzugsweise ebenfalls zu 300 µm–500 µm gewählt, doch auch dickere Folien können verwendet werden.

[0019] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Folie weist sie Schlitzungen auf, durch die die Metallbänder geführt werden. Teilbereiche der Kontaktbänder verlaufen dann je auf einer der beiden Folienseiten. Insbesondere können Bänder elektrisch isoliert voneinander über Kreuz geführt werden, wenn sie im Bereich der Kreuzung auf verschiedenen Folienseiten angeordnet sind. Die konkrete Anordnung der Schlitzungen und Kontaktbänder ergibt sich im Einzelfall aus der beabsichtigten Verschaltung der Oberseiten der Halbleiterbauelemente. Nachfolgend soll als Innenseite der Folie jene Seite bezeichnet werden, die den Halbleiterbauelementen beim Zusammenfügen zugewandt ist.

[0020] Die Außenseite der erfindungsgemäß geschlitzten und mit Metallbändern bestückten Polymerfolie weist zunächst noch blank liegende Metallkontaktflächen auf. Diese könnten grundsätzlich genutzt werden, um eine weitergehende Verschaltung dieser Flächen untereinander oder mit Außenkontakten herbeizuführen. Allerdings kann jede derart gewünschte Verschaltung auch über die Folienseite erzielt werden, so dass auf die Außenseite vorzugsweise eine weitere, unstrukturierte Polymerfolie – bevorzugt desselben Materials – aufgeklebt wird, um die besagten Metallkontaktflächen komplett zu

isolieren.

[0021] Auf die blank liegenden Metallkontaktflächen der Folieninnenseite oder wahlweise auf die mit diesen zu kontaktierenden Flächen auf der Oberseite der Halbleiterbauelemente wird Sintermetallpaste aufgetragen, und die erfindungsgemäße, unter Druck fließfähige und mit Metallbändern bestückte Polymerfolie wird in einem einzelnen Drucksinterschritt mit dem in an sich bekannter Weise präparierten Substrat mit darauf angeordneten Bauelementen verpresst, um eine laminierte Leistungsbaugruppe zu erzeugen. Die dicke Polymerfolie wirkt dabei sowohl elektrisch isolierend als auch Druck verteilend. Auf eine Höhennivellierung der Baugruppe, wie sie mit den bekannten Isolationsformkörpern erreicht wird, wird indes verzichtet. Folglich werden die Metallbänder beim Drucksintern über die Kanten der Bauelemente gebogen und verlaufen dann dem Profil folgend. Ein scharfes Abknicken der Bänder im Bereich der Kanten wird vermieden durch die Kissenwirkung der Polymerfolie, die dort zwischen Metallband und Bauelement angeordnet ist. Die Dicke der Bänder stellt überdies sicher, dass die Kontaktbänder auch im Bereich starker Verformung nicht unterbrochen werden.

[0022] Wie eingangs im Stand der Technik hervorgehoben, können Krafteinwirkungen durch unterschiedliche thermische Ausdehnung von Metallbändern und Bauelementen die Haltbarkeit der Baugruppenkontakte beeinträchtigen. Da sich in der vorgeschlagenen laminierten Bauweise trotz Verwendung dicker Metallbänder natürlich keine abgehobenen Schlaufen zur Kraftminderung realisieren lassen, wird erfindungsgemäß eine nähere Ausgestaltung der Metallbänder empfohlen.

[0023] Die Metallbänder können etwa Längsschlitzungen aufweisen, entlang derer dünne Metallstreifen entfernt worden sind. Beispielsweise werden diese Streifen schon während der Herstellung in regelmäßigen Abständen herausgestanzt. Dies schwächt zum einen die innere mechanische Struktur der Metallbänder, so dass sie eine erhöhte Beweglichkeit z. B. gegenüber stauchenden Kräften aufweisen, und schafft zum anderen einen „innerhalb des Metallbandes selbst vorgesehenen Raum“ zur Aufnahme einer temperaturbedingten Volumenvergrößerung.

[0024] Besonders vorteilhaft ist, dass Metallbänder in der Form eines Geflechts von Metalldrähten ebenso die gewünschte Beweglichkeit und den internen Raum zur Aufnahme von Materialausdehnungen aufweisen, und dass diese z. B. als Entlötlitzen am Markt bereits erhältlich sind. Von daher wird als besonders bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung vorgeschlagen, die erfindungsgemäße Polymerfolie von vornherein mit Metallflechtbändern als Kontaktelementen zu bestücken.

[0025] Die Erfindung wird näher beschrieben anhand der folgenden Figuren. Dabei zeigt

[0026] [Fig. 1](#) einen Querschnitt durch eine erfindungsgemäß hergestellte, laminierte Leistungsbaugruppe unmittelbar vor dem Zusammenfügen und Drucksintern.

[0027] [Fig. 2](#) eine Aufsicht auf das Substrat, die erfindungsgemäße Polymerfolie mit eingefädelt Metallbändern und die Übereinanderanordnung beider wie in [Fig. 1](#).

[0028] In der nachfolgenden Beschreibung wird stets vorausgesetzt, dass die Außenseite der geschlitzten Polymerfolie mit einer zusätzlichen, unstrukturierten Polymerfolie belegt wird, um die Kontaktelemente nach außen zu isolieren. In den Figuren ist diese Folie nicht dargestellt und sie wird im Weiteren auch nicht diskutiert.

[0029] In [Fig. 1](#) ist ein gängiges Substrat (**10**) bestehend aus einer Industriekeramik mit beidseitiger Metallbeschichtung dargestellt, wobei die Metallschicht der Oberseite eine Strukturierung in voneinander isolierte Leiterbahnen aufweist. Auf dem Substrat ist an geeigneten Stellen Drucksintermaterial (**20**), insbesondere Silbersinterpaste, angeordnet, die zur Ausbildung fester, flächiger Kontaktverbindungen mit den Halbleiterbauelementen (**30**) und den erfindungsgemäßen Metallbändern (**40**) dient. Das Metallband ist hier Kupferflechtband (oder Litze), welches vorzugsweise noch mit einem Edelmetall (z. B. Gold, Silber, Palladium) beschichtet (z. B. galvanisiert) wird. Die erfindungsgemäße Folie (**50**) besteht aus unter Druck fließfähigem Polymer (z. B. Polytetrafluorethylen, PTFE) und weist in diesem Beispiel Schlitz- und Aussparungen auf. Das dargestellte linke Metallband (**40**) verläuft beispielsweise zunächst auf der Innenseite der Folie (**50**), tritt durch einen Schlitz auf die Außenseite und überdeckt dort einen Bereich mit einer Aussparung. Eine Kontaktierung soll in den Bereichen der Aussparung und des Innenfolienverlaufs erfolgen, wozu neben der Drucksinterpaste (**20**) eine weitere Anordnung von Drucksinterpaste (**60**) auf der Oberseite des Halbleiterbauelements (**30**) vorgesehen ist. Es sei gesondert darauf verwiesen, dass anstelle der Aussparung auch eine einfache Schlitzung der Folie (**50**) am linken Rand der Aussparung für das Erreichen derselben Verschaltung ausreicht, wenn das Metallband (**40**) durch diesen wieder auf die Folieninnenseite geführt wird. Das Metallband (**40**) wird dann durch die Durchführung durch wenigstens zwei Schlitz- in der Folie (**50**) bereits zuverlässig in seiner Position fixiert.

[0030] Die Ausgestaltung der Folie (**50**) als eine solche, die ausschließlich Schlitz- zur Durchführung der Metallbänder (**40**) aufweist, wird deshalb als bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung vorgeschlagen.

[0031] **Fig. 2** verdeutlicht dies unter Weglassung der Darstellung der Drucksinterpaste (**20**, **60**). Das linke Bild zeigt das Substrat (**10**) mit den Halbleiterbauelementen (**30**) auf der strukturierten Metallschicht (grob schraffiert). In der Mitte ist die Polymerfolie (**50**) gezeigt, die mit insgesamt vier Schlitzzen zur Durchführung von zwei rechteckigen Metallbändern (**40**) versehen ist. Dabei erstreckt sich jedes Metallband teilweise unter (**41**) und über (**42**) der Bildebene, d. h. der Polymerfolie. Legt man die Folie (**50**) über das Substrat (**10**), können die Metallbandabschnitte (**41**) mit den Bauelementen (**30**) und den Außenanschlüssen kontaktiert werden.

Patentansprüche

1. Halbleiterbaugruppe für die Leistungselektronik umfassend ein mindestens teilweise metallisiertes Substrat mit wenigstens einem darauf angeordneten, an der Unterseite elektrisch kontaktierten Halbleiterbauelement, gekennzeichnet durch eine das Halbleiterbauelement unter Druckbeaufschlagung dicht umschließende, elektrisch isolierende Polymerfolie aus einem unter Druck fließfähigen Polymer, wobei die Folie an vorbestimmten Stellen Schlitzzen aufweist, durch welche wenigstens ein Metallband als Kontaktelement mindestens einmal von der einen Folienseite auf die andere Folienseite geführt ist und die Oberseite des Halbleiterbauelements elektrisch kontaktiert.

2. Halbleiterbaugruppe nach Anspruch 1 gekennzeichnet durch eine zweite Polymerfolie ohne Schlitzzen, die auf der dem Substrat abgewandten Seite der ersten Polymerfolie angeordnet ist.

3. Halbleiterbaugruppe nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass erste und zweite Polymerfolie aus demselben unter Druck fließfähigen Polymer bestehen.

4. Halbleiterbaugruppe nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens die mit Schlitzzen versehene Polymerfolie aus Polytetrafluorethylen (PTFE) oder einem Silikonpolymer besteht.

5. Halbleiterbaugruppe nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens die mit Schlitzzen versehene Polymerfolie eine Dicke von mehr als 300 Mikrometer aufweist.

6. Halbleiterbaugruppe nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine Metallband inneren Raum zur Aufnahme einer thermischen Volumenvergrößerung aufweist.

7. Halbleiterbaugruppe nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine Metallband ein Metallflechtband ist.

8. Halbleiterbaugruppe nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Metallband aus Kupfer oder Silber besteht.

9. Halbleiterbaugruppe nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Metallband eine Entlötlitze ist.

10. Halbleiterbaugruppe nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Metallband eine Gold- oder Silber- oder Palladiumbeschichtung aufweist.

11. Halbleiterbaugruppe nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Metallband eine Dicke zwischen 300 und 500 Mikrometern aufweist.

12. Halbleiterbaugruppe nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass alle elektrischen Kontakte als flächige Verbindung mittels Drucksintererntechnik ausgebildet sind.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

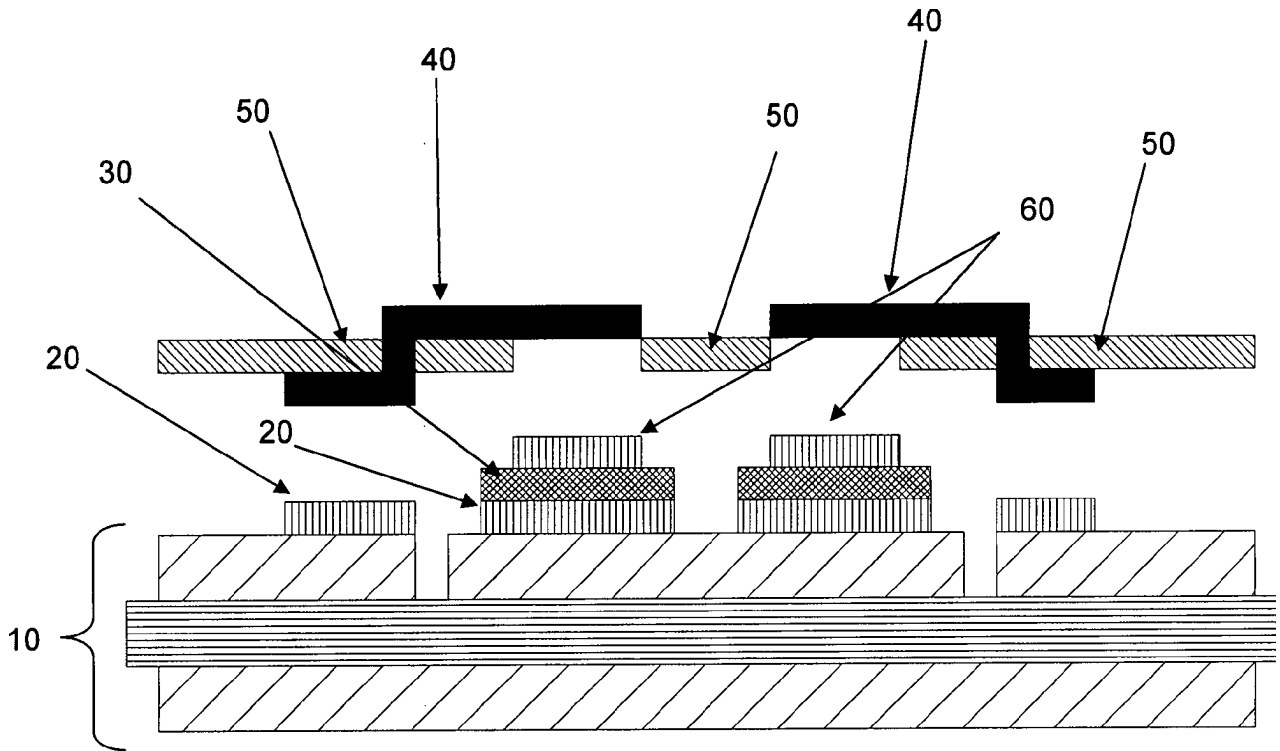


FIG. 1

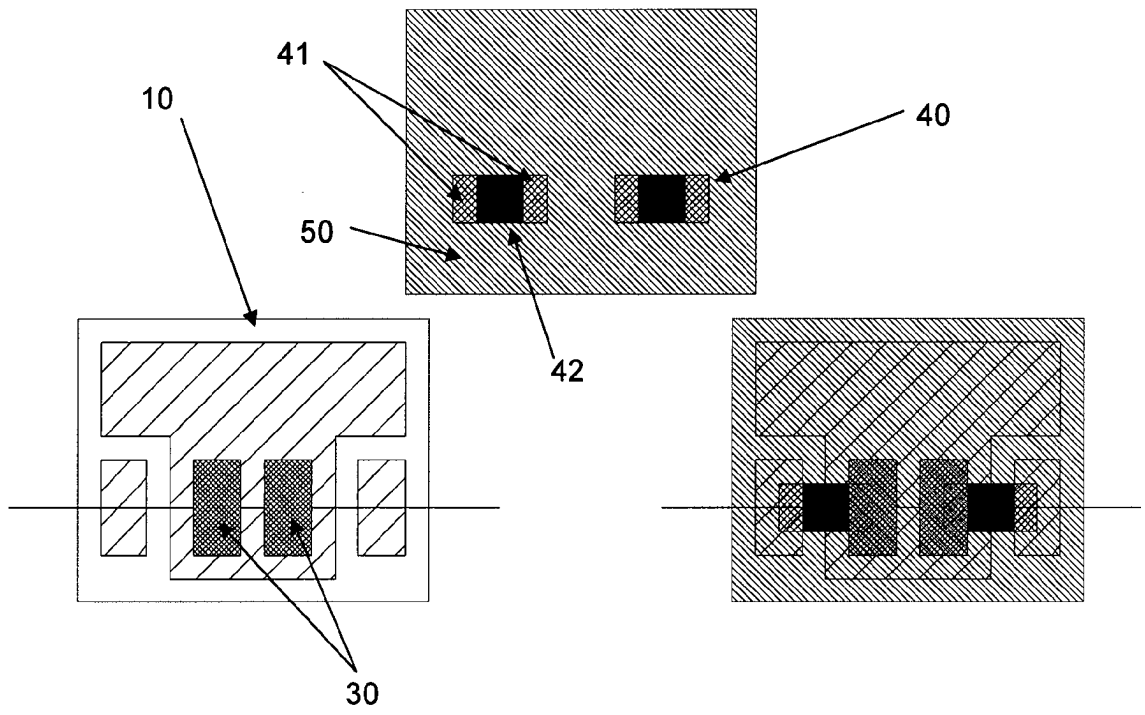


FIG. 2