

(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
2. Oktober 2014 (02.10.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/154637 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 23/62 (2006.01) *H01L 23/488* (2006.01)
H01L 21/60 (2006.01)
- (74) Anwalt: **EPPING HERMANN FISCHER**
PATENTANWALTSGESELLSCHAFT MBH;
Schloßschmidstr. 5, 80639 München (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/055848
- (22) Internationales Anmeldedatum:
24. März 2014 (24.03.2014)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2013 103 081.5 26. März 2013 (26.03.2013) DE
- (71) Anmelder: **OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS**
GMBH [DE/DE]; Leibnizstr. 4, 93055 Regensburg (DE).
- (72) Erfinder: **PLOESSL, Andreas**; Johann-Igl-Weg 24,
93051 Regensburg (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, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, 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, SA, 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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PROCESS FOR CONNECTING JOINING PARTNERS BY MEANS OF AN ISOTHERMIC SOLIDIFYING REACTION IN ORDER TO FORM AN IN-BI-AG CONNECTING LAYER AND CORRESPONDING ARRANGEMENT OF JOINING PARTNERS

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM VERBINDEN VON FÜGEPARTNERN MITTELS ISOTHERMER ERSTARRUNGSREAKTION ZUR BILDUNG EINER IN-BI-AG-VERBINDUNGSSCHICHT UND ENTSPRECHENDE ANORDNUNG VON FÜGEPARTNERN

FIG 1

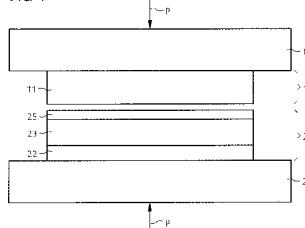


FIG 4

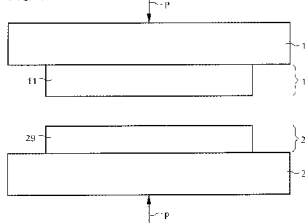
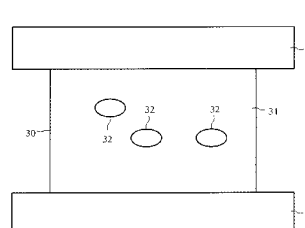


FIG 6



(57) Abstract: The invention provides a process for connecting joining partners (1, 2), for example an optoelectronic semiconductor chip (e.g. a light-emitting diode chip) and a printed circuit board or a metallic conductor frame, said process comprising the following steps: - providing a first joining partner (1) and a second joining partner (2), - applying a first layer sequence (10) to the first joining partner (1), which sequence comprises at least one layer (11, 15) containing or consisting of silver, - applying a second layer sequence (20) to the second joining partner (2), said sequence comprising at least one layer (29) containing indium and bismuth or a layer (23) containing indium and a layer (22, 24) containing bismuth, - pressing the first layer sequence (10) and the second layer sequence (20) together at the end faces thereof which are remote respectively from the first joining partner (1) and the second joining partner (2) by applying a joining pressure (p) at a joining temperature which is at most 120 °C for a predefined joining time, the first layer sequence (10) and the second layer sequence (20) fusing to form a connecting layer (30) which adjoins the first joining partner and the second joining partner directly and the fusion temperature of which is at least 260 °C.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2014/154637 A1



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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Es wird ein Verfahren zum Verbinden von Fügepartnern (1, 2), beispielsweise von einem optoelektronischen Halbleiterchip (z.B. einen Leuchtdiodenchip) und einer Leiterplatte oder einem metallischen Leiterraum mit den folgenden Schritten angegeben: Bereitstellen eines ersten Fügepartners (1) und eines zweiten Fügepartners (2), Aufbringen einer ersten Schichtenfolge (10) auf den ersten Fügepartner (1), die zumindest eine Schicht (11, 15) umfasst, die Silber enthält oder aus Silber besteht, Aufbringen einer zweiten Schichtenfolge (20) auf den zweiten Fügepartner (2), die zumindest eine Schicht (29) umfasst, die Indium und Wismut enthält, oder eine Schicht (23), die Indium enthält und eine Schicht (22, 24), die Wismut enthält, Zusammenpressen der ersten Schichtenfolge (10) und der zweiten Schichtenfolge (20) an ihren dem ersten Fügepartner (1) und dem zweiten Fügepartner (2) jeweils abgewandten Stirnflächen unter Anwendung eines Fügedrucks (p) bei einer Fügetemperatur, die höchstens 120 °C beträgt, für eine vorgegebene Fügezeit, wobei die erste Schichtenfolge (10) und die zweite Schichtenfolge (20) zu einer Verbindungsschicht (30) verschmelzen, die direkt an den ersten Fügepartner und den zweiten Fügepartner grenzt und deren Aufschmelztemperatur wenigstens 260 °C beträgt.

Beschreibung

VERFAHREN ZUM VERBINDEN VON FÜGEPARTNERN MITTELS ISOTHERMER
ERSTARRUNGSREAKTION ZUR BILDUNG EINER IN-BI-AG-VERBINDUNGSSCHICHT
UND ENTSPRECHENDE ANORDNUNG VON FÜGEPARTNERN

5

Es wird ein Verfahren zum Verbinden von Fügepartnern angegeben. Weiter wird eine Anordnung von Fügepartnern angegeben.

- 10 Die Druckschrift DE 102005029246 beschreibt ein Verfahren zur Ausbildung einer Lötverbindung zwischen einem Träger und einem Halbleiterchip.

- 15 Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, ein Verfahren zum Verbinden zweier Fügepartner anzugeben, bei dem eine Verbindung zwischen den Fügepartnern bei einer relativ geringen Temperatur hergestellt werden kann, wobei die derart hergestellte Verbindung besonders temperaturstabil ist.

- 20 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens werden zunächst ein erster Fügepartner und ein zweiter Fügepartner bereitgestellt. Bei den Fügepartnern kann es sich beispielsweise um zumindest eines der folgenden Elemente handeln: Optoelektronischer Halbleiterchip, Wafer

- 25 optoelektronischer Halbleiterchips, metallischer Leiterraahmen, mit Kunststoff ummantelter metallischer Leiterraahmen, Keramikträger, Leiterplatte (Platine), Halbleiterwafer aus GaAs, Ge oder Si, Keramikwafer aus Si_3N_4 oder AlN oder ähnliches. Beispielsweise kann mit dem

- 30 Verfahren ein optoelektronischer Halbleiterchip, zum Beispiel ein Leuchtdiodenchip, auf einer Leiterplatte oder einem metallischen Leiterraahmen befestigt werden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird auf den ersten Fügepartner eine erste Schichtenfolge aufgebracht. Die erste Schichtenfolge umfasst zumindest eine Schicht, die zumindest ein Metall enthält oder aus einem Metall besteht.

- 5 Das Aufbringen der ersten Schichtenfolge auf den ersten Fügepartner kann beispielsweise durch physikalische Dampfphasenabscheidung wie Sputtern oder Aufdampfen, galvanisch oder durch stromloses Abscheiden erfolgen.
- 10 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird auf den zweiten Fügepartner eine zweite Schichtenfolge aufgebracht. Das Aufbringen der zweiten Schichtenfolge kann mit dem gleichen Verfahren wie das Aufbringen der ersten Schichtenfolge erfolgen. Die erste und die zweite
- 15 Schichtenfolge können identisch sein. Es ist jedoch auch möglich, dass sich die erste und die zweite Schichtenfolge hinsichtlich ihres Aufbaus, also der Abfolge der Schichten in der Schichtenabfolge und/oder hinsichtlich der verwendeten Materialien für die Schichten der Schichtenfolge voneinander
- 20 unterscheiden. Ferner ist es möglich, dass die erste und die zweite Schichtenfolge mit unterschiedlichen Abscheideverfahren erzeugt werden.

- Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens erfolgt
- 25 ein Zusammenpressen der ersten Schichtenfolge und der zweiten Schichtenfolge an ihren dem ersten Fügepartner und dem zweiten Fügepartner jeweils abgewandten Stirnflächen unter Anwendung eines Fügedrucks bei einer Fügetemperatur für eine vorgegebene Fügezeit. Das heißt, die erste Schichtenfolge
- 30 wird mit ihrer dem ersten Fügepartner abgewandten Stirnfläche mit der dem zweiten Fügepartner abgewandten Stirnfläche der zweiten Schichtenfolge zunächst in Kontakt gebracht. Dann erfolgt ein Zusammenpressen der beiden Schichtenfolgen an den

Stirnflächen unter Anwendung eines Fügedrucks bei einer Füge-
temperatur für eine vorgegebene Zeitspanne, die Fügezeit.
Dabei werden die erste Schichtenfolge und die zweite
Schichtenfolge zumindest zum Teil oder vollständig
5 aufgeschmolzen und die Materialien der beiden Schichtenfolgen
vermischen sich miteinander.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens
verschmelzen die erste Schichtenfolge und die zweite
10 Schichtenfolge zu einer Verbindungsschicht, die direkt an den
ersten Fügepartner und den zweiten Fügepartner grenzt. Das
heißt, nach der Fügezeit sind die Schichtenfolgen zur
Verbindungsschicht zusammengefügt, die sich dann zwischen den
beiden Fügepartnern befindet und die eine mechanische
15 Verbindung zwischen den Fügepartnern vermittelt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens umfasst
die erste Schichtenfolge zumindest eine Schicht, die Silber
enthält oder die aus Silber besteht. Beispielsweise kann die
20 erste Schichtenfolge dann auch aus dieser Silberschicht
bestehen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens umfasst
die zweite Schichtenfolge zumindest eine Schicht, die Indium
25 und Wismut enthält oder die zweite Schichtenfolge enthält
zumindest eine Schicht, die Indium enthält und eine Schicht,
die Wismut enthält. Mit anderen Worten enthält die zweite
Schichtenfolge zumindest Indium und Wismut als Metalle.
Beispielsweise ist es möglich, dass die zweite Schichtenfolge
30 darüber hinaus keine anderen Metalle enthält. Die Metalle
Indium und Wismut können in der zweiten Schichtenfolge in
einer einzigen gemeinsamen Schicht, zum Beispiel als Indium-
Wismut-Legierung, vorkommen. Ferner ist es möglich, dass die

zweite Schichtenfolge wenigstens eine Einzelschicht enthält, die aus Indium besteht und eine Einzelschicht, die aus Wismut besteht. Es ist ferner möglich, dass die erste Schicht und/oder die zweite Schicht frei von Blei und/oder Zinn sind.

5 Ferner können die erste Schicht und/oder die zweite Schicht frei von Gold sein.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens beträgt die Fügetemperatur, auf die die erste Schichtenfolge und die
10 zweite Schichtenfolge während des Fügens erhitzt werden, höchstens 120 °C. Die erste Schichtenfolge und die zweite Schichtenfolge verschmelzen oder verbinden sich bei dieser Temperatur zur Verbindungsschicht, die dann Silber, Indium und Wismut enthält und erst bei viel höheren Temperaturen ab
15 zirka 260 °C wieder aufschmilzt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens zum Verbinden von Fügepartnern umfasst das Verfahren die folgenden Schritte:

- 20 - Bereitstellen eines ersten Fügepartners und eines zweiten Fügepartners,
- Aufbringen einer ersten Schichtenfolge auf den ersten Fügepartner,
- Aufbringen einer zweiten Schichtenfolge auf den zweiten
25 Fügepartner,
- Zusammenpressen der ersten Schichtenfolge und der zweiten Schichtenfolge an ihren dem ersten Fügepartner und dem zweiten Fügepartner jeweils abgewandten Stirnflächen unter Anwendung eines Fügedrucks bei einer Fügetemperatur für eine
30 vorgegebene Fügezeit, wobei
- die erste Schichtenfolge zumindest eine Schicht umfasst, die Silber enthält oder die aus Silber besteht,

- 5 -

- die zweite Schichtenfolge zumindest eine Schicht umfasst, die Indium und Wismut enthält, oder die zweite Schichtenfolge zumindest eine Schicht umfasst, die Indium enthält, und eine Schicht, die Wismut enthält,
- 5 - die Fügetemperatur höchstens 120 °C beträgt, und
- die erste Schichtenfolge und die zweite Schichtenfolge zu einer Verbindungsschicht verschmelzen, die direkt an den ersten Fügepartner und den zweiten Fügepartner grenzt.

10 Das hier beschriebene Verfahren zum Verbinden von Fügepartnern macht unter anderem von den folgenden Überlegungen Gebrauch:

Zum Verbinden von Fügepartnern, beispielsweise zur

15 Kombination von Halbleiterbauelementen mit Gehäusen oder Platinen oder bei der Montage von gehäusten elektronischen Bauelementen auf Platinen können Weichlote und das Weichlöten als Verbindungsverfahren Verwendung finden. Um die thermische Belastung für die Fügepartner gering zu halten, sind dabei

20 niedrige Fügetemperaturen angestrebt. Die bekannten Weichlotverfahren basieren dabei beispielsweise auf Sn-Ag-Cu (SaC)-Materialsystemen oder auf Sn-Pb-Materialsystemen.

Bei diesem Weichlotverfahren erstarrt das flüssige Lot beim

25 Abkühlen unterhalb seines Schmelzpunkts. Wenn die Verbindung wieder auf die Temperatur des Schmelzpunktes erwärmt wird, verliert sie ihre Festigkeit. Mehrere Integrationsschritte hintereinander, etwa die Montage eines Halbleiterchips auf eine Keramikplatine und das nachfolgende Auflöten der Keramik

30 auf eine Metallkernplatine können deshalb nicht mit den gleichen Lotsystemen bewerkstelligt werden, ohne die Integrität der zuerst hergestellten Lotverbindung zu gefährden.

Dieses Problem könnte überwunden werden, wenn verschiedene Lotsysteme mit abgestuften Schmelzpunkten zum Einsatz kommen. Eine andere Möglichkeit besteht darin, anstelle der üblichen eutektischen Erstarrung beim Abkühlen eine isotherme Erstarrungsreaktion zu nutzen. Hierbei bildet sich bei konstant gehaltener Fügetemperatur durch Reaktion der Metallschmelze mit einer höher schmelzenden Metallkomponente eine dauerhaft feste Verbindung, deren Schmelzpunkt weit oberhalb der Fügetemperatur liegen kann. Um Verbindungen mit den oben genannten SAC-Legierungen als Verbindungsmittel bei einem nachfolgenden Fügeschritt nicht zu schädigen, können beispielsweise Hybride aus Lot und Klebstoff eingesetzt werden. Ein Beispiel dafür sind TLPS-Pasten (Transient Liquid Phase Sintering Pastes), die eine bei geringeren Temperaturen schmelzende Bi-Sn-Legierung mit Kupfer isotherm erstarren lassen, um ohne eine vorher hergestellte SAC-Verbindung zu gefährden und ohne eine nachfolgende SAC-Verbindung auszuschließen, die Fügepartner zu verbinden. Flussmittel, welche die Reaktivität der unedlen Komponente aus Bi-Sn sicherstellen sollen, sind in die Klebmatrix eingebettet.

Eine weitere Alternative stellt das isotherme Erstarren mit Au-Sn als Verbindungsmittel dar, was jedoch einerseits wegen des dazu notwendigen hohen Goldanteils teuer ist und wegen der relativ hohen Schmelzpunkte von Zinn beziehungsweise einer eutektischen Au-Sn-Legierung höhere Prozesstemperaturen erforderlich macht als dies für viele Fügepartner vertretbar ist.

30

Dem hier beschriebenen Verfahren liegt nun unter anderem die Idee zugrunde, einen isothermen Erstarrungsprozess zu nutzen, der zum einen eine bei geringerer Temperatur schmelzende

Komponente als es Sn oder AuSn sind, nutzt und der zum anderen das teure Edelmetall Gold vermeidet. Die erste und/oder die zweite Schicht können somit frei von Blei, Zinn und/oder Gold sein, die normalerweise bei

- 5 Verbindungsverfahren Verwendung finden. Ferner werden dünne Schichten zur Herstellung der ersten und zweiten Schichtenfolge genutzt, wodurch ein besonders einfaches Aufschmelzen der Schichtenfolgen erfolgen kann.
- 10 Als niedrig schmelzende Komponente wird eine Mischung aus Wismut und Indium genutzt. Im System Wismut-Indium kann eine Schmelze bereits deutlich unterhalb von 100 °C gebildet werden. Durch die Zugabe von Silber kann die Schmelztemperatur dann massiv angehoben werden. Eine
- 15 isotherme Erstarrungsreaktion von Wismut-Indium mit Silber führt bereits bei 100 °C zur Bildung intermetallischer Verbindungen zwischen Silber und Indium. Damit verarmt Wismut-Indium an Indium und die Schmelztemperatur der Verbindung steigt auf zirka 260 °C, wobei die
- 20 intermetallischen Silber-Indium-Verbindungen fest bleiben. Die niedrig schmelzende Komponente kann dabei aus einer Wismut-Indium-Legierung bestehen oder sie kann in situ beim Fügeprozess aus der Reaktion reiner Wismutschichten und Indiumschichten miteinander erzeugt werden.
- 25 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens weist die Verbindungsschicht Bereiche auf, die Wismut enthalten oder aus Wismut bestehen, wobei die Bereiche vollständig von einem Material umschlossen sind, das Indium und/oder Silber
- 30 enthält. Dabei hat sich herausgestellt, dass die Verbindungsschicht besonders stabil ist, insbesondere thermisch stabil ist, wenn nach dem Fügeprozess die Wismut-Komponente der Verbindungsschicht, in der geringe Mengen an

Indium und Silber gelöst sein können, keine zusammenhängende, unterbrechungsfreie Schicht bildet. Insbesondere kann durch das Einbringen von Silber in die Verbindungsschicht die Aufschmelztemperatur im Vergleich zur Fügetemperatur deutlich erhöht werden. Beispielsweise kann die Aufschmelztemperatur in °C wenigstens doppelt so hoch sein wie die Fügetemperatur in °C.

Insbesondere über die Wahl der Fügezeit kann erreicht werden, dass eine in der ersten oder zweiten Schichtenfolge vorhandene durchgehende Wismutschicht Unterbrechungen bekommt. Die Verbindungsschicht weist dann keine durchgehende Wismutschicht mehr auf, sondern ist frei von einer solchen Schicht, die aus Wismut besteht oder die Verbindungsschicht ist frei von einer einfach zusammenhängenden Schicht, die aus Wismut besteht. Die Wismutschicht kann dann beispielsweise netzartig ausgebildet sein, das heißt sie weist Löcher oder Durchbrüche auf, die mit den anderen Metallen der Schichtenfolgen gefüllt sind. Mit längeren Fügezeiten ist es möglich, dass die vor dem Fügen eventuell in der ersten Schichtenfolge oder der zweiten Schichtenfolge vorhandene Wismutschicht in einzelne Körner zerfällt, die vom Material der anderen Metalle der Schichtenfolgen, also insbesondere Indium und Silber, umgeben sind.

Diese Strukturbeeinflussung kann dabei durch den Fügeprozess oder ergänzend durch einen nachfolgenden Tempersschritt, bei dem die Verbindungsschicht nochmals erhitzt wird, bewirkt werden. Aus thermischer und mechanischer Sicht stellen die Wismutkörner, also die Bereiche, die Wismut enthalten oder aus Wismut bestehen, in einer Matrix aus intermetallischen Verbindungen von Silber und Indium oder in einer Silber-Indium-Legierung mit Silberkörner, in denen Indium gelöst

ist, eine besonders günstige Mikrostruktur der Fügezone und damit der Verbindungsschicht dar.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens beträgt
5 in einer Querschnittsfläche der Verbindungsschicht der Anteil der Querschnittsfläche, der aus Wismut besteht, höchstens 50 %. Die Querschnittsfläche kann sich dabei beispielsweise durch die gesamte Verbindungsschicht hindurch vom ersten Fügepartner zum zweiten Fügepartner erstrecken. Bei der
10 Querschnittsfläche handelt es sich dann um einen beliebigen Schnitt durch die Verbindungsschicht, der beispielsweise senkrecht zur Haupterstreckungsebene der beiden Fügepartner verläuft. In dieser Querschnittsfläche besteht vorzugsweise im Durchschnitt höchstens die Hälfte der Fläche aus Wismut
15 mit dem Rest verteilt auf Silber und Indium und etwaige weitere vorhandene Metalle. Vorzugsweise beträgt der Flächenanteil von Wismut dabei höchstens 30 %, besonders bevorzugt höchstens 15 %.

20 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens ist die Verbindungsschicht elektrisch leitend. Das heißt, die Verbindungsschicht stellt nicht nur eine mechanische Verbindung zwischen den beiden Fügepartnern dar, sondern die beiden Fügepartner können durch die Verbindungsschicht auch
25 elektrisch leitend miteinander verbunden sein. Auf diese Weise kann über die Verbindungsschicht beispielsweise ein optoelektronischer Halbleiterchip auf einer Leiterplatte mechanisch befestigt und elektrisch angeschlossen sein. Die elektrisch leitende Verbindung kann insbesondere durch den
30 Silber-Anteil in der Verbindungsschicht hergestellt sein, der die Fügepartner über Pfade, die nicht durch eine zusammenhängende Wismutschicht unterbrochen sind, miteinander verbindet.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens ist die Verbindungsschicht frei von Gold und frei von Flussmitteln. Der Verzicht auf Gold in der Verbindungsschicht führt zu

5 einer besonders kostengünstigen Verbindungsschicht, die bei besonders niedrigen Temperaturen erzeugt werden kann. Die geringe Fügetemperatur, die durch die Wahl einer bei besonders geringen Temperaturen bereits flüssigen Metalllegierung möglich ist, vermindert die thermomechanische

10 Belastung in einem Verbund aus Materialien unterschiedlichen thermischen Ausdehnungsverhaltens und schont temperaturempfindliche Stoffe, beispielsweise Kunststoffe auf kunststoffumspritzten Leiterrahmen. Insbesondere ist es durch das Verfahren möglich, zwei Fügepartner, die aus Materialien

15 unterschiedlichen thermischen Ausdehnungsverhaltens bestehen, zu verbinden. Beispielsweise kann der erste Fügepartner zumindest ein optoelektronisches Halbleiterchip sein, während der zweite Fügepartner ein mit Kunststoff ummantelter metallischer Leiterrahmen ist. Generell kann der erste

20 Fügepartner ein Metall, eine Keramik oder einen Kunststoff beinhalten, während der zweite Fügepartner mit zumindest einem anderen Metall, zumindest einer anderen Keramik oder zumindest einem anderen Kunststoff gebildet ist, wobei das zumindest eine Metall, die zumindest eine Keramik oder der

25 zumindest eine Kunststoff des zweiten Fügepartners einen anderen thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufweist als das Metall, die Keramik oder der Kunststoff des ersten Fügepartners. Die geringen Kosten der hochschmelzenden Komponente ermöglichen es, das Verfahren auch bei

30 kostenkritischen Produkten einzusetzen.

Da die genannten Metalle in der ersten und in der zweiten Schichtenfolge sehr rein aufgebracht werden können, kann auf

die Verwendung von Flussmitteln verzichtet werden. Dadurch ist die Verbindungsschicht frei von Flussmitteln. Damit wird aber auch eine geringe thermische Leitfähigkeit eines Metall-Polymer-Hybrids vermieden. Ferner sind durch den Verzicht auf Flussmittel die Korrosionsrisiken von eingeschlossenen Flussmittelrückständen beziehungsweise die Probleme beim nachträglichen Entfernen der Flussmittelreste und Flussmittelrückstände sowie die damit verbundenen Kosten vermieden.

Aufgrund der guten Wärmeleitfähigkeit von Indium und Silber ist die Verbindungsschicht ferner besonders gut zum Abführen von Verlustwärme geeignet. Dabei erweist es sich als vorteilhaft, dass die Verbindungsschicht frei von einer durchgehenden Schicht aus Wismut ist, da Wismut von den genannten Metallen die geringste thermische Leitfähigkeit aufweist. Für eine möglichst gute Entwärmung wird daher der Anteil von Silber in der Verbindungsschicht möglichst hoch und der Anteil von Wismut möglichst gering gewählt. Auch für eine möglichst gute Beständigkeit der Verbindungsschicht bei Temperaturen oberhalb von 260 °C ist der Anteil an Silber möglichst hoch und der Anteil an Wismut möglichst gering zu wählen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens umfasst die erste Schichtenfolge und/oder die zweite Schichtenfolge eine Schicht oder eine Abfolge direkt aneinandergrenzender Schichten, wobei die Schicht oder die Abfolge von Schichten ausschließlich Indium und Wismut enthalten, wobei der Stoffmengenanteil von Indium wenigstens 67 at% und höchstens 85 at% beträgt. Optimalerweise beträgt der Stoffmengenanteil von Indium 78,5 at%.

Mit einem solchen Indiumanteil im Bereich der Schichtenfolgen, die aus Indium und Wismut bestehen, kann eine Schmelze dieser Bereiche bereits deutlich unter 100 °C gebildet werden. Eine solche Schmelze bildet sich dann

5 bereits bei einer Temperatur von zirka 73 °C. Durch die Zugabe von Silber aus umliegenden Schichten einer Schichtenfolge oder aus der ersten Schichtenfolge, wenn die Indium-Wismut-Schmelze beispielsweise in der zweiten Schichtenfolge erzeugt wird, kann die Schmelztemperatur dann

10 stark angehoben werden. Eine isotherme Erstarrungsreaktion von Wismut-Indium mit Silber führt bereits bei 100 °C zur Bildung der intermetallischen Verbindungen zwischen Silber und Indium, die zur hohen Temperaturbeständigkeit der Verbindungsschicht führt. Für ein möglichst gutes

15 Schmelzverhalten des Anteils der Schichtenfolgen, der aus Wismut und Indium besteht, ist ein Verhältnis von Wismut zu Indium in diesen Bereichen der Schichtenfolgen von zirka 0,27 optimal.

20 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens umfasst die erste Schichtenfolge und/oder die zweite Schichtenfolge zumindest eine Schicht, die aus Indium besteht und zumindest eine Schicht, die aus Wismut besteht, wobei die Schicht aus Indium und die Schicht aus Wismut direkt aneinandergrenzen.

25 Das heißt, in diesem Fall liegt die niedrigschmelzende Komponente aus Wismut und Indium nicht in einer Legierung vor, sondern die niedrigschmelzende Komponente wird während des Fügeprozesses aus der Reaktion der unmittelbar aneinandergrenzenden Wismut-Schichten und Indium-Schichten

30 miteinander erzeugt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens besteht die zweite Schichtenfolge aus einer Schicht, die mit einer

Wismut-Indium-Legierung gebildet ist. In diesem Fall wird die niedrigschmelzende Komponente also direkt als Legierung ausgeführt und nicht in einzelnen voneinander getrennten Wismut-Schichten und Indium-Schichten übereinander
5 abgeschieden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens umfasst die erste Schichtenfolge und/oder die zweite Schichtenfolge eine Schicht, die aus Titan besteht und die direkt an eine
10 Schicht aus Indium oder eine Schicht aus Wismut grenzt, wobei die Schicht aus Titan dazu vorgesehen ist, ein Vermischen von Silber mit Indium und/oder Wismut zu verzögern. Beispielsweise kann ein Teil der Schichtenfolge, der Indium und Wismut enthält, durch die Titanschicht während des
15 Aufschmelzens zunächst vom umgebenden Silber freigehalten werden. Erst wenn in der Schichtenfolge eine bestimmte Temperatur erreicht ist, bei der die Einzelschichten aus Indium und Wismut zur niederschmelzenden Komponente reagiert haben, reißt die Schicht aus Titan zum Beispiel auf und
20 erlaubt ein Eindringen von Silber in den Bereich mit Indium und Wismut und damit das isotherme Erstarren zur Bildung der Verbindungsschicht.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens umfasst
25 die erste Schichtenfolge und/oder die zweite Schichtenfolge eine Abfolge von Schichten aus Indium und Schichten aus Wismut, wobei die Abfolge an ihren Stirnflächen jeweils von einer Schicht aus Titan bedeckt ist. Das heißt, ein Bereich in den Schichtenfolgen, der mit Indium und Wismut gebildet
30 ist, kann durch Titanschichten an beiden Enden vor angrenzendem Silber geschützt sein. Auf diese Weise ist es besonders effizient möglich, das Eindringen von Silber so

lange hinauszuzögern, bis die Indium- und Wismut-Schichten ausreichend zur niederschmelzenden Komponente vermischt sind.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens weist
5 wenigstens die Hälfte der Schichten aus Titan oder jede Schicht aus Titan, die in den Schichtenfolgen zum Einsatz kommt, dabei eine Dicke von höchstens 10 nm auf. Das heißt, zum Schutz der Schichten aus Indium und Wismut sind extrem dünne Titanschichten ausreichend.

10

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens ist wenigstens die Hälfte der Schichten aus Indium oder jede Schicht aus Indium dicker als wenigstens die Hälfte der Schichten aus Wismut oder jede Schicht aus Wismut in den
15 Schichtenfolgen, wobei wenigstens die Hälfte der Schichten aus Indium oder jede Schicht aus Indium eine Dicke von wenigstens 150 nm und höchstens 850 nm aufweist und wenigstens die Hälfte der Schichten aus Wismut oder jede Schicht aus Wismut eine Dicke von wenigstens 50 nm und
20 höchstens 300 nm aufweist. Über die Schichtdicken der Schichten aus Indium und Wismut kann dann der Indiumanteil im System Indium-Wismut eingestellt werden, wobei wie oben beschrieben ein optimaler Indiumanteil zwischen 67 at% und 85 at% angestrebt wird.

25

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens sind zumindest manche Schichten, insbesondere alle Schichten, der ersten und der zweiten Schichtenfolge mittels wenigstens einer der folgenden Abscheidetechniken erzeugt: physikalische
30 Dampfphasenabscheidung wie Sputtern oder Aufdampfen. Mit diesen Techniken können besonders dünne Schichten zur Herstellung der Schichtenfolgen genutzt werden. Durch die Verwendung der genannten Abscheidetechniken kann eine

Oxidation der unedlen Elemente effektiv unterbunden werden und es können besonders reine Schichten aus Indium und Wismut erzeugt werden.

- 5 Ferner wird eine Anordnung von Fügepartnern angegeben. Die Anordnung kann dabei mit einem hier beschriebenen Verfahren hergestellt werden. Das heißt sämtliche für das Verfahren beschriebene Merkmale sind auch für die Anordnung offenbart und umgekehrt.

10

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der Anordnung umfasst die Anordnung einen ersten Fügepartner und einem zweiten Fügepartner, und eine Verbindungsschicht, die direkt an den ersten Fügepartner und den zweiten Fügepartner grenzt, wobei
15 die Verbindungsschicht Bereiche aufweist, die Wismut enthalten oder aus Wismut bestehen, wobei die Bereiche vollständig von einem Material umschlossen sind, das Indium und/oder Silber enthält.

- 20 Im Folgenden werden das hier beschriebene Verfahren sowie die hier beschriebene Anordnung anhand von Ausführungsbeispielen und den zugehörigen Figuren näher erläutert.

Die schematischen Schnittdarstellungen der Figuren 1, 2, 3,
25 4, 5 zeigen Ausführungsbeispiele von hier beschriebenen Verfahren.

Die schematische Schnittdarstellung der Figur 6 zeigt eine
 mittels des hier beschriebenen Verfahrens
30 hergestellte Anordnung von Fügepartnern mit einer Verbindungsschicht.

Gleiche, gleichartige oder gleich wirkende Elemente sind in den Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die Figuren und die Größenverhältnisse der in den Figuren dargestellten Elemente untereinander sind nicht als

5 maßstäblich zu betrachten. Vielmehr können einzelne Elemente zur besseren Darstellbarkeit und/oder für eine bessere Verständlichkeit übertrieben groß dargestellt sein.

In der schematischen Schnittdarstellung der Figur 1 ist ein
10 erster Fügepartner 1 gezeigt, bei dem es sich beispielsweise um einen Leuchtdiodenchip handeln kann. Mittels dem hier beschriebenen Verfahren wird der erste Fügepartner 1 mit dem zweiten Fügepartner 2, bei dem es sich beispielsweise um einen mit Kunststoff ummantelten Kupferleiterrahmen handeln
15 kann, verbunden. Auf den ersten Fügepartner 1 ist die erste Schichtenfolge 10 aufgebracht, die vorliegend aus einer Silberschicht 11 besteht. Die Silberschicht 11 weist beispielsweise eine Dicke von 1825 nm auf.

20 Auf dem zweiten Fügepartner 2 ist eine zweite Schichtenfolge 20 aufgebracht, die vorliegend eine 270 nm dicke Wismut-Schicht 22, eine 730 nm dicke Indium-Schicht 23 und eine 135 nm dicke Silberschicht 25 umfasst. Die erste Schichtenfolge 10 und die zweite Schichtenfolge 20 werden an ihren dem
25 ersten Fügepartner 1 und dem zweiten Fügepartner 2 jeweils abgewandten Stirnflächen unter dem Druck p zusammengepresst, wobei die Anordnung bei einer Fügetemperatur von 100 °C für 0,5 s zusammengedrückt wird. Die einander zugewandten Silberschichten 11, 25 bilden insbesondere bei schwefelfreier
30 Atmosphäre einen ausreichenden Schutz vor Oxidation und Anlaufen der Fügefläche, an der die beiden Schichtenfolgen miteinander verbunden werden. Nach Ablauf der Fügezeit hat

sich aus der vorübergehend gebildeten Wismut-Indium-Schmelze festes Silber-Indium und Wismut gebildet.

In Verbindung mit der Figur 2 ist ein Ausführungsbeispiel
5 beschrieben, bei dem auf den ersten Fügepartner 1 die erste
Schichtenfolge 10 mit einer 2560 nm dicken Silberschicht 11,
einer 161 nm dicken Wismut-Schicht 12, einer 804 nm dicken
Indium-Schicht 13, einer 147 nm dicken Wismut-Schicht 14 und
einer 74 nm dicken Silberschicht 15 aufgesputtert ist. Auf
10 den zweiten Fügepartner 2 ist die zweite Schichtenfolge 20
mit der gleichen Abfolge von Schichten wie folgt aufgebracht:
eine 2560 nm dicke Silberschicht 21, eine 161 nm dicke
Wismut-Schicht 22, eine 804 nm dicke Indium-Schicht 23, eine
147 nm dicke Wismut-Schicht 24 und eine 74 nm dicke
15 Silberschicht 25.

Nach dem stirnseitigen Zusammenführen der Schichtenfolgen
werden die Fügepartner 1, 2 für eine Fügezeit von zirka 5
Minuten bei einer Fügetemperatur von 85 °C und einem
20 Fügedruck von 2,5 bar miteinander verbunden. Bei den
Fügepartnern 1, 2 handelt es sich beispielsweise um eine
Keramikplatine und eine Metallkernplatine.

In Verbindung mit der Figur 3 ist ein Ausführungsbeispiel
25 beschrieben, bei dem als erster Fügepartner 1 eine
Halbleiterscheibe aus GaAs und als zweiter Fügepartner 2 eine
Keramikscheibe aus Si₃N₄ oder AlN Verwendung findet. Auf den
ersten Fügepartner 1 wird elektrochemisch eine 511 nm dicke
Silberschicht 11 abgeschieden, welche die erste
30 Schichtenfolge bildet. Die zweite Schichtenfolge 20 auf dem
zweiten Fügepartner 2 umfasst eine 428 nm dicke Indium-
Schicht 23, eine 72 nm dicke Wismut-Schicht 24 und eine 190
nm dicke Silberschicht 25, die jeweils durch Aufdampfen

aufgebracht werden. Bei einer Fügetemperatur von 115 °C und einem Fügedruck von 10 bar werden die beiden Fügepartner 1, 2 für 120 Minuten zusammengepresst und auf diese Weise miteinander verbunden.

5

In Verbindung mit der Figur 4 ist ein Ausführungsbeispiel beschrieben, bei dem auf den ersten Fügepartner 1 als erste Schichtenfolge 10 eine 1775 nm dicke Silberschicht aufgebracht ist. Auf den zweiten Fügepartner 2 wird als
10 zweite Schichtenfolge 20 die Indium-Wismut-Schicht 29 aufgebracht. Die Indium-Wismut-Schicht 29 besteht aus einer Indium-Wismut-Legierung mit 33,3 Masseprozent Wismut, die durch Sputtern oder Plasmasprühen aufgebracht ist und die eine Dicke von 775 nm aufweist. Vor dem Fügen werden die
15 Stirnflächen der ersten Schichtenfolge 10 und der zweiten Schichtenfolge 20, die dem jeweiligen Fügepartner abgewandt liegen, nasschemisch beispielsweise mit einer wässrigen Lösung von Ameisensäure gereinigt. Anschließend erfolgt ein Verbinden bei einem Fügedruck von 15 bar und einer
20 Fügetemperatur von 95 °C über eine Fügezeit von 30 Minuten.

In Verbindung mit der Figur 5 ist ein Ausführungsbeispiel beschrieben, bei dem auf dem ersten Fügepartner als erste Schichtenfolge 10 eine Silberschicht 11 mit einer Dicke von
25 wenigstens 160 nm und höchstens 1500 nm, zum Beispiel 1350 nm aufgebracht wird.

Auf den zweiten Fügepartner 2 wird über eine 1000 nm dicke Silberschicht 21 ein Schichtstapel aus fünf Paaren von
30 jeweils 187 nm dicker Indium-Schicht 23 und 63 nm dicker Wismut-Schicht 24 aufgedampft, der separiert durch eine 8 nm dicke Titanschicht 26 von einer 260 nm dicken Silberschicht 25 abgedeckt wird. Die Titanschicht 26 schützt dabei vor

einem vorzeitigen Durchmischen von Wismut beziehungsweise Indium einerseits und Silber andererseits. Eine solche Titanschicht kann auch zwischen der Silberschicht 21 und dem Schichtenstapel aus Indium und Wismut eingebracht werden.

- 5 Ferner ist es möglich, eine solche Titanschicht auch zwischen jedes Paar von Indium- und Wismut-Schichten einzubringen, wenn eine Durchmischung besonders lange hinausgezögert werden soll.
- 10 In Verbindung mit der Figur 6 ist die Verbindung von erstem Fügepartner 1 und zweitem Fügepartner 2 durch die Verbindungsschicht 30 zu einer hier beschriebenen Anordnung von Fügepartnern gezeigt, die durch ein hier beschriebenes Verfahren erzeugt ist. Die Verbindungsschicht 30 umfasst
- 15 Bereiche 32, die Wismut enthalten oder aus Wismut bestehen. Beispielsweise handelt es sich bei den Bereichen 32 um Wismutkörner, in denen geringe Mengen von Silber und/oder Indium gelöst sein können. Die Wismutbereiche 32 sind allseitig von dem Material 31, das Silber und Indium enthält,
- 20 umgeben. Der Flächenanteil der Bereiche aus Wismut beträgt im gezeigten Querschnitt dabei vorzugsweise höchstens 15 %.

Die vorliegende Anmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Anmeldung DE 102013103081.5, deren

- 25 Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

- Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele auf diese beschränkt. Vielmehr umfasst die Erfindung jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von
- 30 Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn dieses Merkmal oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verbinden von Fügepartnern (1, 2) mit den folgenden Schritten:

- 5 - Bereitstellen eines ersten Fügepartners (1) und eines zweiten Fügepartners (2),
- Aufbringen einer ersten Schichtenfolge (10) auf den ersten Fügepartner (1),
- Aufbringen einer zweiten Schichtenfolge (20) auf den
10 zweiten Fügepartner (2),
- Zusammenpressen der ersten Schichtenfolge (10) und der zweiten Schichtenfolge (20) an ihren dem ersten Fügepartner (1) und dem zweiten Fügepartner (2) jeweils abgewandten Stirnflächen unter Anwendung eines Fügedrucks (p) bei einer
15 Fügetemperatur für eine vorgegebene Fügezeit, wobei
- die erste Schichtenfolge (10) zumindest eine Schicht (11, 15) umfasst, die Silber enthält oder die aus Silber besteht,
- die zweite Schichtenfolge (20) zumindest eine Schicht (29) umfasst, die Indium und Wismut enthält, oder die zweite
20 Schichtenfolge (20) zumindest eine Schicht (23) umfasst, die Indium enthält, und eine Schicht, die Wismut (22, 24) enthält,
- die Fügetemperatur höchstens 120 °C beträgt, und
- die erste Schichtenfolge (10) und die zweite Schichtenfolge
25 (20) zu einer Verbindungsschicht (30) verschmelzen, die direkt an den ersten Fügepartner (1) und den zweiten Fügepartner (2) grenzt.

2. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch,
30 wobei die Aufschmelztemperatur der Verbindungsschicht (30) wenigstens 260 °C beträgt.

3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
wobei die Verbindungsschicht (30) Bereiche (32) aufweist, die
Wismut enthalten oder aus Wismut bestehen, wobei die Bereiche
5 (32) vollständig von einem Material (31) umschlossen sind,
das Indium und/oder Silber enthält.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
wobei die Verbindungsschicht (30) frei von einer Schicht ist,
10 die aus Wismut besteht oder wobei die Verbindungsschicht (30)
frei von einer einfach zusammenhängenden Schicht ist, die aus
Wismut besteht.

5. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch,
15 wobei die Verbindungsschicht (30) elektrisch leitend ist.

6. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch,
wobei die Verbindungsschicht (30) frei von Gold und frei von
Flussmitteln ist.

20

7. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch,
wobei in einer Querschnittsfläche der Verbindungsschicht (30)
der Anteil der Querschnittsfläche, der aus Wismut besteht,
höchstens 50 % beträgt.

25

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
wobei die erste Schichtenfolge (10) und/oder die zweite
Schichtenfolge (10) eine Schicht oder eine Abfolge direkt
aneinandergrenzender Schichten umfasst, wobei die Schicht
30 oder die Abfolge von Schichten ausschließlich Indium und
Wismut enthalten, wobei der Stoffmengenanteil von Indium
wenigstens 67 at% und höchstens 85 at% beträgt.

9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
wobei die erste Schichtenfolge (10) und/oder die zweite
Schichtenfolge (20) zumindest eine Schicht umfasst, die aus
Indium besteht und zumindest eine Schicht, die aus Wismut
5 besteht, wobei die Schicht aus Indium und die Schicht aus
Wismut direkt aneinander grenzen.

10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
wobei die zweite Schichtenfolge (20) aus einer Schicht (29)
10 besteht, die mit einer Wismut-Indium-Legierung gebildet ist.

11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
wobei die erste Schichtenfolge (10) und/oder die zweite
Schichtenfolge (20) zumindest eine Schicht (26) umfasst, die
15 aus Titan besteht und die direkt an eine Schicht (24) aus
Indium oder eine Schicht (23) aus Wismut grenzt, wobei die
Schicht (26) aus Titan dazu vorgesehen ist, ein Vermischen
von Silber mit Indium und/oder Wismut zu verzögern.

20 12. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
wobei die erste Schichtenfolge (10) und/oder die zweite
Schichtenfolge (20) eine Abfolge von Schichten (13, 23) aus
Indium und Schichten (12, 14, 22, 24) aus Wismut umfasst,
wobei die Abfolge an ihren Stirnflächen jeweils von einer
25 Schicht aus Titan bedeckt ist.

13. Verfahren nach einem der beiden vorherigen Ansprüche,
wobei jede Schicht (29) aus Titan eine Dicke von höchstens 10
nm aufweist.

30

14. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
wobei wenigstens die Hälfte der Schichten aus Indium oder
jede Schicht aus Indium (13, 23) dicker ist als wenigstens

die Hälfte der Schichten aus Wismut oder jede Schicht aus Wismut (12, 14, 22, 24), wobei wenigstens die Hälfte der Schichten aus Indium oder jede Schicht (13, 23) aus Indium eine Dicke von wenigstens 150 nm und höchstens 850 nm

5 aufweist und die Hälfte der Schichten aus Wismut oder jede Schicht aus Wismut (12, 14, 22, 24) eine Dicke von wenigstens 50 nm und höchstens 300 nm aufweist.

15. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
10 wobei zumindest manche Schichten der ersten und der zweiten Schichtenfolge mittels einer der folgenden Abscheide-Techniken erzeugt werden: physikalische Dampfphasenabscheidung, galvanisch Abscheiden, stromloses Abscheiden.

15

16. Anordnung von Fügepartnern mit
- einem ersten Fügepartner (1) und einem zweiten Fügepartner (2), und
- einer Verbindungsschicht (30), die direkt an den ersten
20 Fügepartner und den zweiten Fügepartner grenzt, wobei
- die Verbindungsschicht (30) Bereiche (32) aufweist, die Wismut enthalten oder aus Wismut bestehen, wobei die Bereiche (32) vollständig von einem Material (31) umschlossen sind, das Indium und/oder Silber enthält.

25

17. Anordnung von Fügepartner nach dem vorherigen Anspruch, bei der
der erste Fügepartner (1) und der zweite Fügepartner (2) aus Materialien unterschiedlichen thermischen
30 Ausdehnungsverhaltens bestehen.

18. Anordnung von Fügepartnern nach einem der vorherigen Ansprüche, bei der

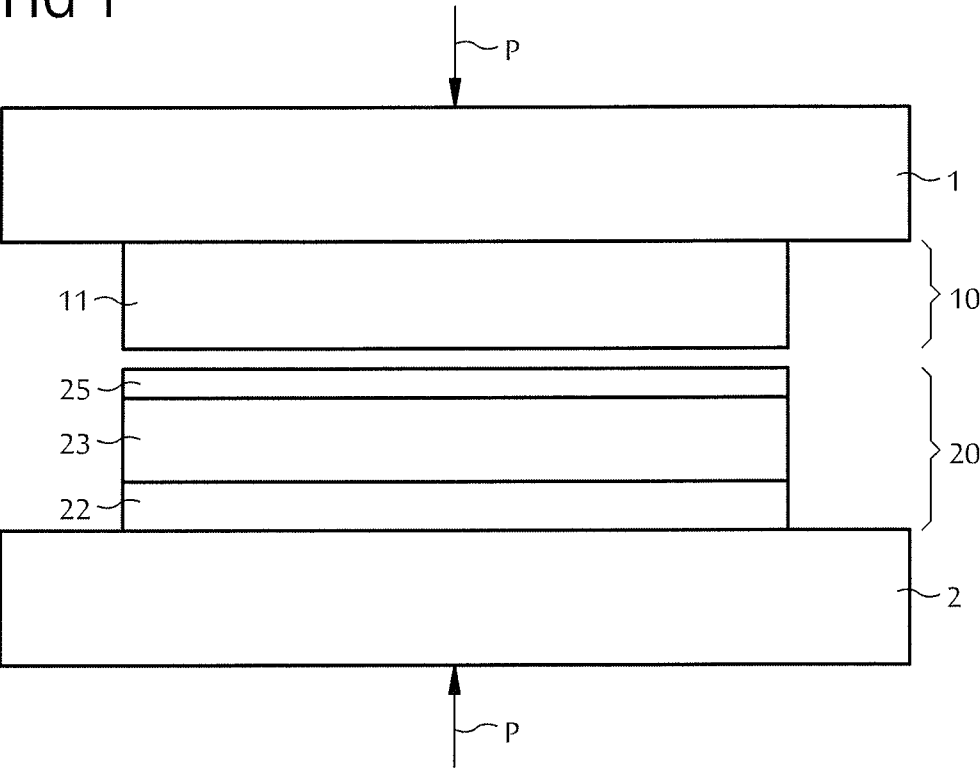
die Verbindungsschicht (30) frei von einer Schicht ist, die aus Wismut besteht oder wobei die Verbindungsschicht (30) frei von einer einfach zusammenhängenden Schicht ist, die aus Wismut besteht.

5

19. Anordnung von Fügepartnern nach einem der vorherigen Ansprüche, bei der in einer Querschnittsfläche der Verbindungsschicht (30) der Anteil der Querschnittsfläche, der aus Wismut besteht,

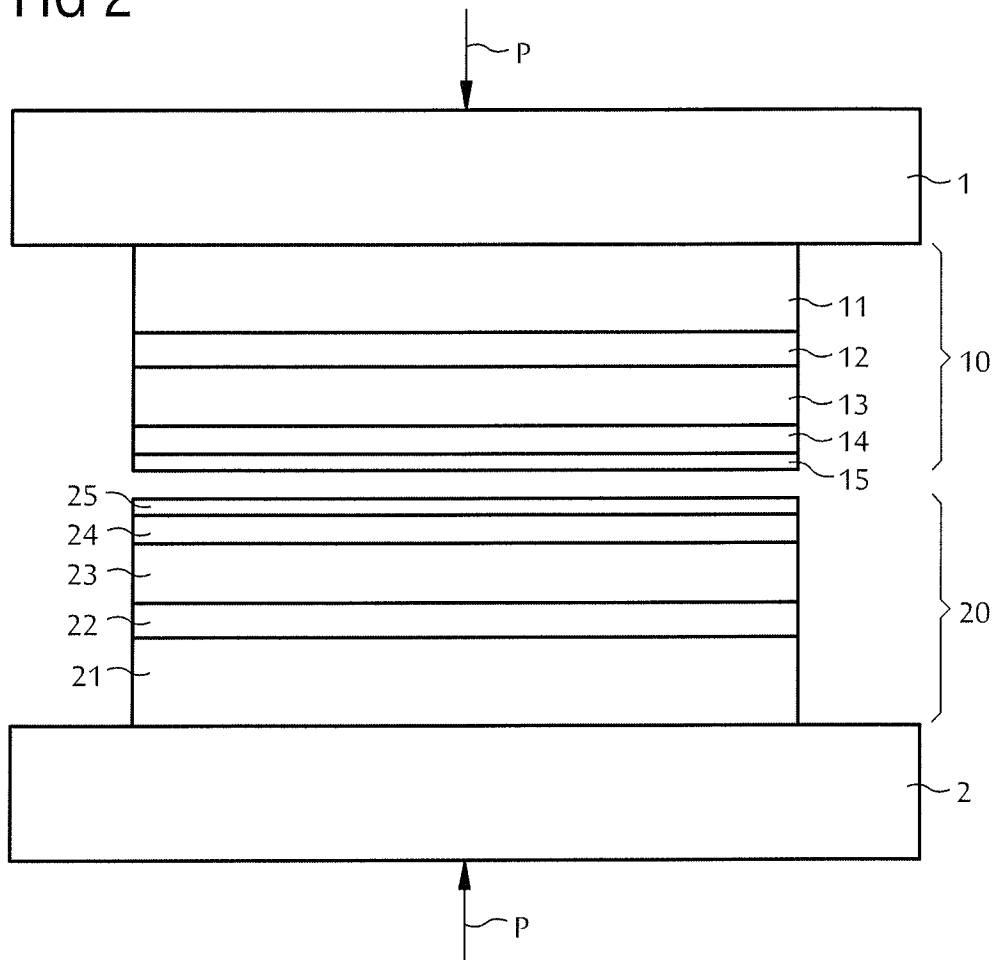
10 höchstens 50 % beträgt.

FIG 1



2/5

FIG 2



3/5

FIG 3

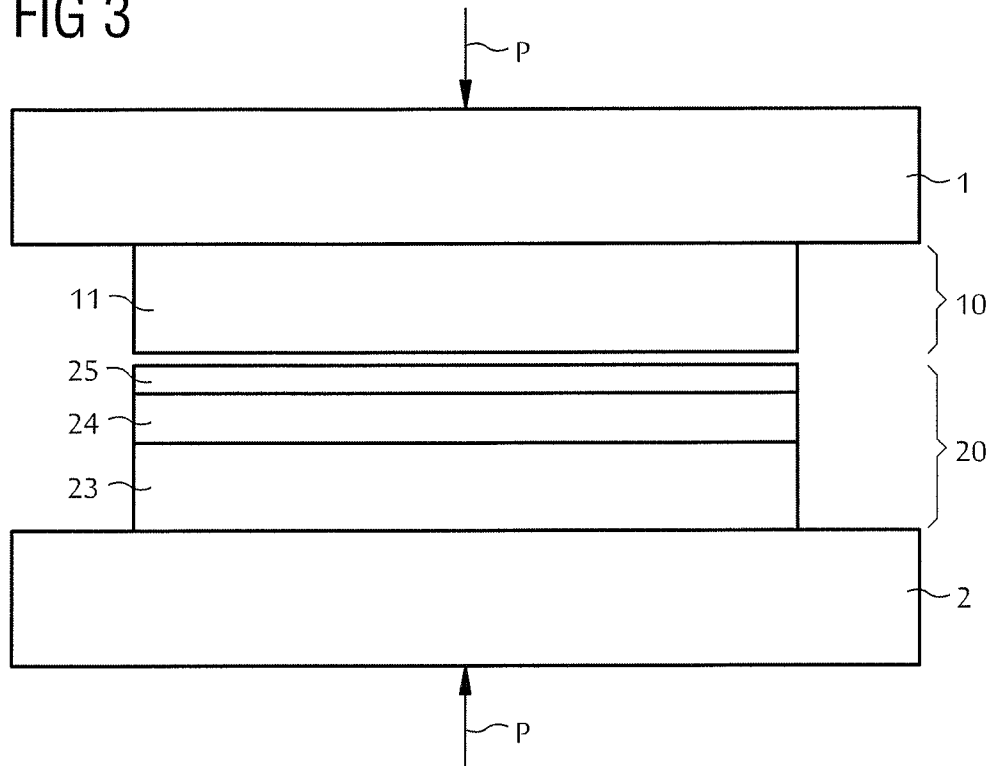


FIG 4

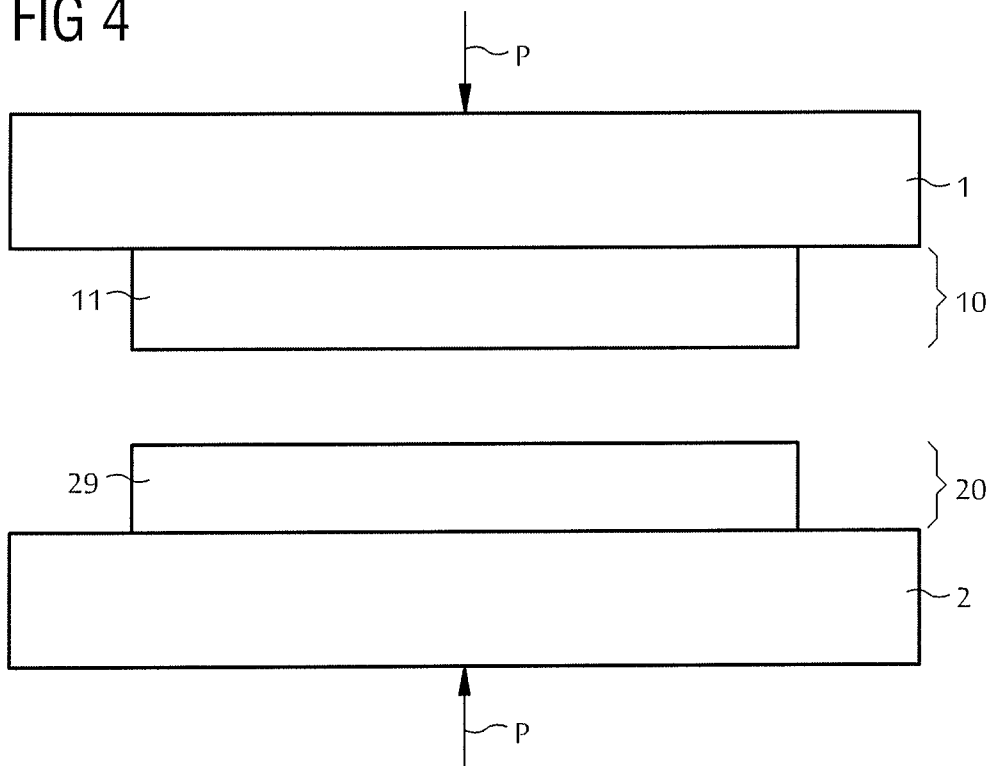


FIG 5

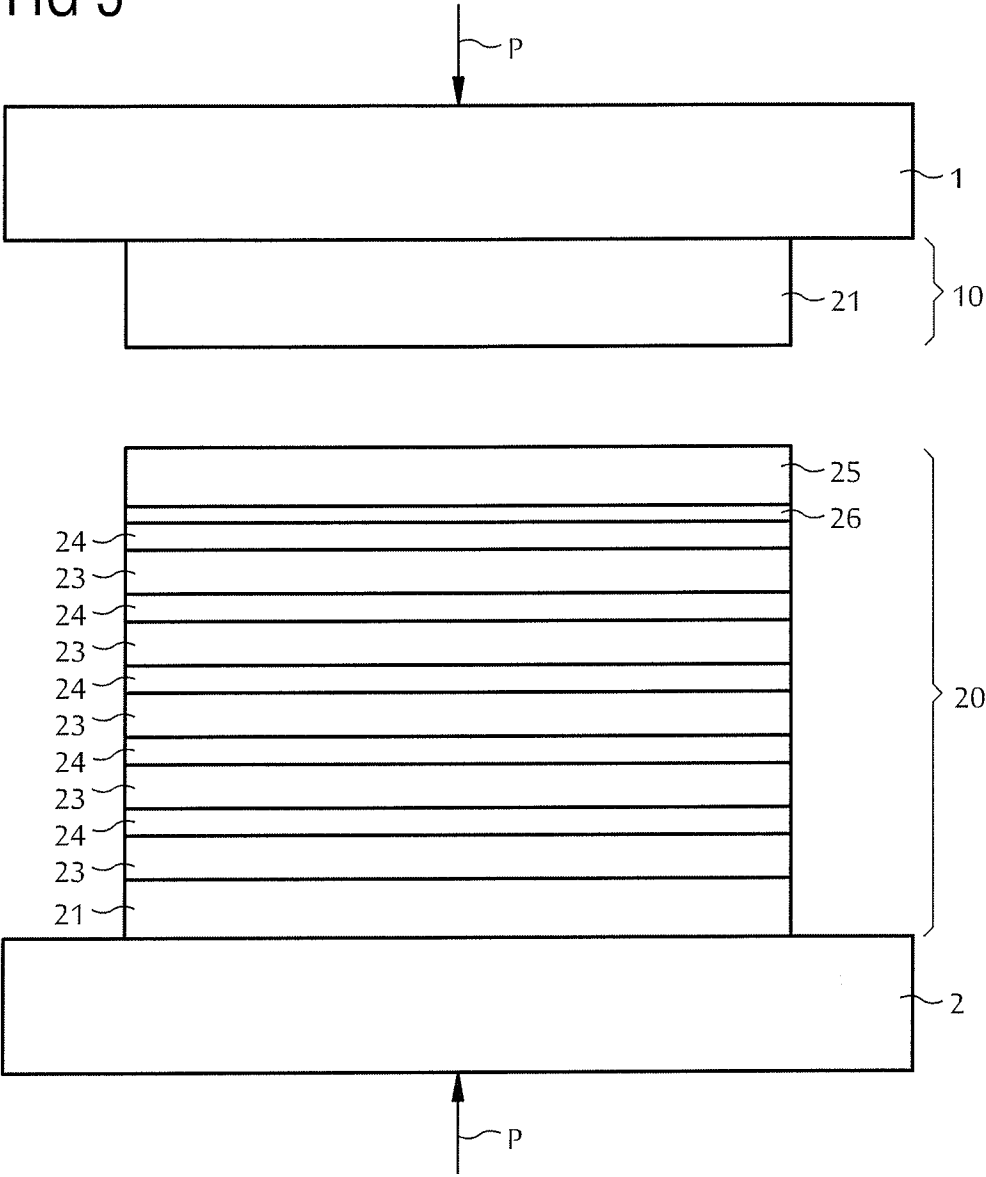
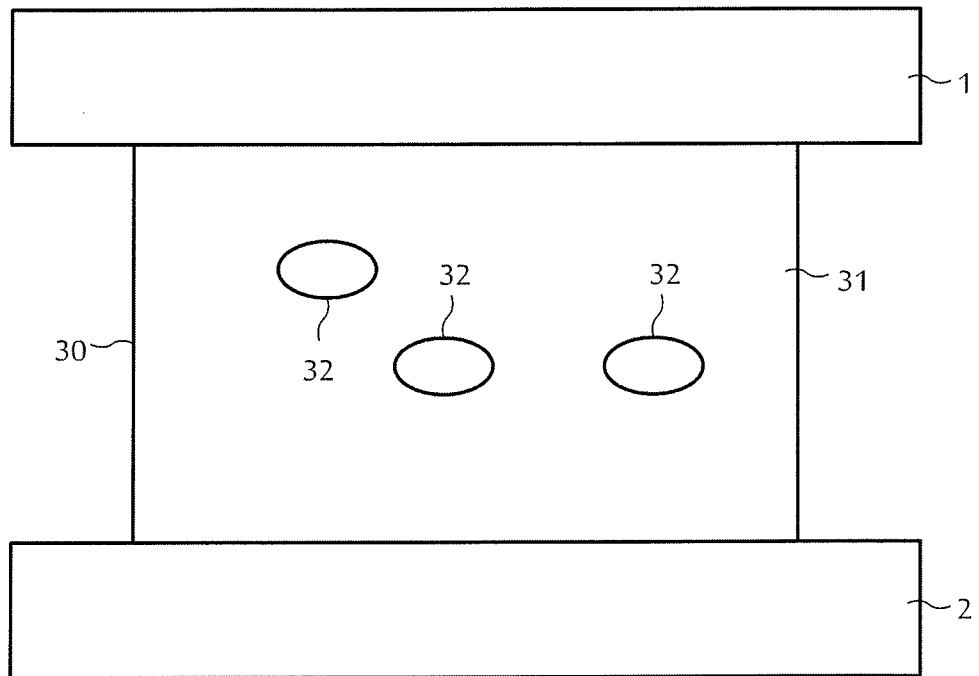


FIG 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/055848

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H01L23/62 H01L21/60 H01L23/488
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 2 328 192 A2 (IND TECH RES INST [TW])	16-19
Y	1 June 2011 (2011-06-01) the whole document	1-8, 10, 15-19
	----- -/--	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 May 2014

Date of mailing of the international search report

12/08/2014

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Maslankiewicz, Pawel

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2014/055848

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 03/097294 A1 (MOTOROLA INC [US]) 27 November 2003 (2003-11-27) paragraph [0001] - paragraph [0003] paragraph [0015] - paragraph [0027] paragraph [0030] paragraph [0034] paragraph [0038] paragraph [0040] paragraph [0043] paragraph [0054] paragraph [0057] - paragraph [0058] paragraph [0063] - paragraph [0065] paragraph [0067] - paragraph [0070] figures 1-2 -----	1-8,10, 15-19
Y	COOK III G O ET AL: "Overview of transient liquid phase and partial transient liquid phase bonding", JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE, vol. 46, no. 16, 7 May 2011 (2011-05-07), pages 5305-5323, XP019907409, ISSN: 1573-4803, DOI: 10.1007/S10853-011-5561-1 abstract Kapitel "Transient liquid phase (TLP) bonding" table 3 -----	1-8,10, 15
Y	EP 1 433 564 A1 (AGILENT TECHNOLOGIES INC [US]) 30 June 2004 (2004-06-30) the whole document -----	1-8,10, 15
A	LIU X J ET AL: "Thermodynamic Calculations of Phase Equilibria, Surface Tension and Viscosity in the In-Ag-X (X=Bi, Sb) System", MATERIALS TRANSACTIONS, vol. 45, no. 3, 2004, pages 637-645, XP055120215, ISSN: 1345-9678 the whole document -----	2,3,16, 19
A	VASSILIEV V ET AL: "Thermodynamics of the Ag-Bi-In system (with $0 < x_{Ag} < 0.5$)", JOURNAL OF ALLOYS AND COMPOUNDS, vol. 265, 1998, pages 160-169, XP055120217, figure 1 ----- -/--	2,3,7,8, 16,19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/055848

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WU Y-Y ET AL: "A study of chemical reactions of silver and indium at 180 °C", JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE: MATERIALS IN ELECTRONICS, vol. 23, no. 12, 12 June 2012 (2012-06-12), pages 2235-2244, XP035137202, ISSN: 1573-482X, DOI: 10.1007/S10854-012-0778-6 figure 1 table 1 -----	2,7,19
A	"Bismut", WIKIPEDIA , 12 March 2013 (2013-03-12), XP055120218, Retrieved from the Internet: URL: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bismut&oldid=115315790 [retrieved on 2014-05-26] tabelle "Eigenschaften", Teil "Physikalisch", dritte Zeile -----	7,19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2014/055848

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

10, 16-19 (in part); 1-8, 15 (in full)

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

The International Searching Authority has found that this international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims: 10, 16-19 (in full); 1-8, 15 (in part)

Method for attaching parts to be joined having the following steps:

- providing a first part to be joined and a second part to be joined,
- applying a first series of layers to the first part to be joined,
- applying a second series of layers to the second part to be joined,
- pressing together the faces of the first series of layers and of the second series of layers away from the first and from the second parts to be joined, respectively, by applying a joining pressure at a joining temperature for a predetermined joining time, wherein
- the first series of layers comprises at least one layer that contains silver or consists of silver,
- the second series of layers comprises at least one layer that contains indium and bismuth,
- the joining temperature is of maximum 120 °C, and
- the first series of layers and the second series of layers melt, forming an attachment layer that directly adjoins the first part to be joined and the second part to be joined, as well as a corresponding device

2. Claims: 9, 11-14 (in full); 1-8, 15 (in part)

Method for attaching parts to be joined having the following steps:

- providing a first part to be joined and a second part to be joined,
- applying a first series of layers to the first part to be joined,
- applying a second series of layers to the second part to be joined,
- pressing together the faces of the first series of layers and of the second series of layers away from the first and from the second parts to be joined, respectively, by applying a joining pressure at a joining temperature for a predetermined joining time, wherein
- the first series of layers comprises at least one layer that contains silver or consists of silver,
- the second series of layers comprises at least one layer that contains indium and one layer that contains bismuth,
- the joining temperature is of maximum 120 °C, and
- the first series of layers and the second series of layers melt, forming an attachment layer that directly adjoins the first part to be joined and the second part to be joined

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/055848

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 2328192	A2	01-06-2011	EP 2328192 A2	01-06-2011
			JP 5415378 B2	12-02-2014
			JP 2011114338 A	09-06-2011
			KR 20110059519 A	02-06-2011
			TW 201119079 A	01-06-2011
			US 2011127563 A1	02-06-2011
			US 2012256228 A1	11-10-2012

WO 03097294	A1	27-11-2003	AU 2003225119 A1	02-12-2003
			US 2003215981 A1	20-11-2003
			WO 03097294 A1	27-11-2003

EP 1433564	A1	30-06-2004	EP 1433564 A1	30-06-2004
			JP 5006503 B2	22-08-2012
			JP 2004202581 A	22-07-2004
			US 2004119247 A1	24-06-2004

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H01L23/62 H01L21/60 H01L23/488
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H01L

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 2 328 192 A2 (IND TECH RES INST [TW])	16-19
Y	1. Juni 2011 (2011-06-01) das ganze Dokument	1-8, 10, 15-19
	----- -/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

27. Mai 2014

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

12/08/2014

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Maslankiewicz, Paweł

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 03/097294 A1 (MOTOROLA INC [US]) 27. November 2003 (2003-11-27) Absatz [0001] - Absatz [0003] Absatz [0015] - Absatz [0027] Absatz [0030] Absatz [0034] Absatz [0038] Absatz [0040] Absatz [0043] Absatz [0054] Absatz [0057] - Absatz [0058] Absatz [0063] - Absatz [0065] Absatz [0067] - Absatz [0070] Abbildungen 1-2 -----	1-8,10, 15-19
Y	COOK III G O ET AL: "Overview of transient liquid phase and partial transient liquid phase bonding", JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE, Bd. 46, Nr. 16, 7. Mai 2011 (2011-05-07), Seiten 5305-5323, XP019907409, ISSN: 1573-4803, DOI: 10.1007/S10853-011-5561-1 Zusammenfassung Kapitel "Transient liquid phase (TLP) bonding" Tabelle 3 -----	1-8,10, 15
Y	EP 1 433 564 A1 (AGILENT TECHNOLOGIES INC [US]) 30. Juni 2004 (2004-06-30) das ganze Dokument -----	1-8,10, 15
A	LIU X J ET AL: "Thermodynamic Calculations of Phase Equilibria, Surface Tension and Viscosity in the In-Ag-X (X=Bi, Sb) System", MATERIALS TRANSACTIONS, Bd. 45, Nr. 3, 2004, Seiten 637-645, XP055120215, ISSN: 1345-9678 das ganze Dokument -----	2,3,16, 19
A	VASSILIEV V ET AL: "Thermodynamics of the Ag-Bi-In system (with $0 < x_{Ag} < 0.5$)", JOURNAL OF ALLOYS AND COMPOUNDS, Bd. 265, 1998, Seiten 160-169, XP055120217, Abbildung 1 ----- -/--	2,3,7,8, 16,19

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WU Y-Y ET AL: "A study of chemical reactions of silver and indium at 180 °C", JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE: MATERIALS IN ELECTRONICS, Bd. 23, Nr. 12, 12. Juni 2012 (2012-06-12), Seiten 2235-2244, XP035137202, ISSN: 1573-482X, DOI: 10.1007/S10854-012-0778-6 Abbildung 1 Tabelle 1 -----	2,7,19
A	"Bismut", WIKIPEDIA 12. März 2013 (2013-03-12), XP055120218, Gefunden im Internet: URL:http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bismut&oldid=115315790 [gefunden am 2014-05-26] tabelle "Eigenschaften", Teil "Physikalisch", dritte Zeile -----	7,19

Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich

2. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich

3. ☐ Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. ☐ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.

2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.

3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.

4. ☒ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:
10, 16-19(vollständig); 1-8, 15(teilweise)

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- ☐ Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- ☐ Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- ☐ Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 10, 16-19(vollständig); 1-8, 15(teilweise)

Verfahren zum Verbinden von Fügepartnern mit den folgenden Schritten:

- Bereitstellen eines ersten Fügepartners und eines zweiten Fügepartners,
- Aufbringen einer ersten Schichtenfolge auf den ersten Fügepartner,
- Aufbringen einer zweiten Schichtenfolge auf den zweiten Fügepartner,
- Zusammenpressen der ersten Schichtenfolge und der zweiten Schichtenfolge an ihren dem ersten Fügepartner und dem zweiten Fügepartner jeweils abgewandten Stirnflächen unter Anwendung eines Fügedrucks bei einer Fügetemperatur für eine vorgegebene Fügezeit, wobei
- die erste Schichtenfolge zumindest eine Schicht umfasst, die Silber enthält oder die aus Silber besteht,
- die zweite Schichtenfolge zumindest eine Schicht umfasst, die Indium und Wismut enthält,
- die Fügetemperatur höchstens 120 °C beträgt, und
- die erste Schichtenfolge und die zweite Schichtenfolge zu einer Verbindungsschicht verschmelzen, die direkt an den ersten Fügepartner und den zweiten Fügepartner grenzt, sowie eine entsprechende Vorrichtung

2. Ansprüche: 9, 11-14(vollständig); 1-8, 15(teilweise)

Verfahren zum Verbinden von Fügepartnern mit den folgenden Schritten:

- Bereitstellen eines ersten Fügepartners und eines zweiten Fügepartners,
- Aufbringen einer ersten Schichtenfolge auf den ersten Fügepartner,
- Aufbringen einer zweiten Schichtenfolge auf den zweiten Fügepartner,
- Zusammenpressen der ersten Schichtenfolge und der zweiten Schichtenfolge an ihren dem ersten Fügepartner und dem zweiten Fügepartner jeweils abgewandten Stirnflächen unter Anwendung eines Fügedrucks bei einer Fügetemperatur für eine vorgegebene Fügezeit, wobei
- die erste Schichtenfolge zumindest eine Schicht umfasst, die Silber enthält oder die aus Silber besteht,
- die zweite Schichtenfolge zumindest eine Schicht umfasst, die Indium enthält, und eine Schicht, die Wismut enthält,
- die Fügetemperatur höchstens 120 °C beträgt, und
- die erste Schichtenfolge und die zweite Schichtenfolge zu einer Verbindungsschicht verschmelzen, die direkt an den ersten Fügepartner und den zweiten Fügepartner grenzt

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/055848

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2328192 A2	01-06-2011	EP 2328192 A2	01-06-2011
		JP 5415378 B2	12-02-2014
		JP 2011114338 A	09-06-2011
		KR 20110059519 A	02-06-2011
		TW 201119079 A	01-06-2011
		US 2011127563 A1	02-06-2011
		US 2012256228 A1	11-10-2012

WO 03097294 A1	27-11-2003	AU 2003225119 A1	02-12-2003
		US 2003215981 A1	20-11-2003
		WO 03097294 A1	27-11-2003

EP 1433564 A1	30-06-2004	EP 1433564 A1	30-06-2004
		JP 5006503 B2	22-08-2012
		JP 2004202581 A	22-07-2004
		US 2004119247 A1	24-06-2004
