

(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

8. Juni 2017 (08.06.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2017/093142 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01L 21/58 (2006.01) B23K 20/02 (2006.01)

H01L 21/60 (2006.01) B23K 35/02 (2006.01)

H01L 33/48 (2010.01) B23K 35/26 (2006.01)

H01L 33/62 (2010.01) B23K 35/30 (2006.01)

H05K 3/34 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/078879

(22) Internationales Anmeldedatum:

25. November 2016 (25.11.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2015 120 773.7

30. November 2015 (30.11.2015)

DE

(71) Anmelder: OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS
GMBH [DE/DE]; Leibnizstr. 4, 93055 Regensburg (DE).

(72) Erfinder: WENDT, Mathias; Oswaldstr. 18, 93345
Hausen (DE).

(74) Anwalt: EPPING HERMANN FISCHER
PATENTANWALTSGESELLSCHAFT MBH;
Schloßschmidstr. 5, 80639 München (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, DJ, 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, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, ST,
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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: COMPONENT WITH A SILVER-CONTAINING QUINARY CONNECTION LAYER AND METHOD FOR
PRODUCING SAME

(54) Bezeichnung : BAUELEMENT MIT EINER SILBER ENTHALTENDEN QUINTÄREN VERBINDUNGSSCHICHT UND
VERFAHREN ZU DESSEN HERSTELLUNG

FIG 2A

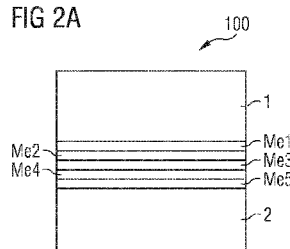


FIG 3A

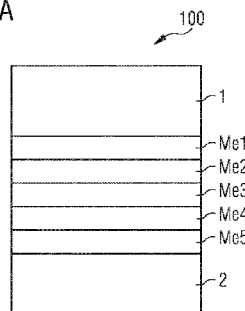


FIG 2B

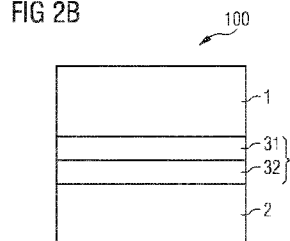
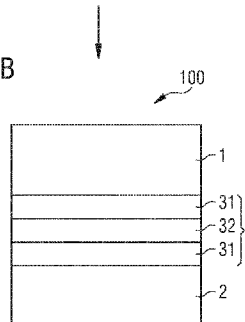


FIG 3B



(57) Abstract: The invention relates to a component (100) which has a first component (1), a second component (2), and a connection element (3) which is arranged between the first component (1) and the second component (2). The connection element (3) has at least one first phase (31) which has silver (Me5) and at least four additional metals (Me1, Me2, Me3, Me4). The metals differ from one another and are suitable for reacting at a machining temperature of less than 200 °C such that a thermomechanically stable connection element (3) is produced. The connection element (3) can also have a second phase (32) which is formed as a layer system together with the first phase (31), the second phase (32) has silver and at least two additional metals that are also present in the first phase (31). The content (c15) of silver in the first phase (31) is greater than the content (c25) of silver in the second phase (32). Me1 can be nickel, platinum, or palladium; Me2 can be indium; Me3 can be tin; and Me4 can be gold. The second component (2) can comprise a light-emitting diode (LED for short). In the method for producing the component (100), layers of the metals (Me1-Me5) are applied onto the first and/or second component (1, 2) and heated maximally to 200 °C in order to form the connection element (3).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/093142 A1



RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, **Veröffentlicht:**

CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, — *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*
TG).

Die Erfindung betrifft ein Bauelement (100) aufweisend eine erste Komponente (1), eine zweite Komponente (2), ein Verbindungselement (3), das zwischen der ersten Komponente (1) und der zweiten Komponente (2) angeordnet ist, wobei das Verbindungselement (3) zumindest eine erste Phase (31) aufweist, wobei die erste Phase (31) Silber (Me5) und mindestens vier weitere Metalle (Me1, Me2, Me3, Me4) aufweist, wobei die Metalle voneinander verschieden sind und geeignet sind, bei einer Verarbeitungstemperatur von kleiner 200 °C zu reagieren, so dass ein thermomechanisch stabiles Verbindungselement (3) erzeugt ist. Das Verbindungselement (3) kann auch eine zweite Phase (32) aufweisen, die mit der ersten Phase (31) als Schichtsystem ausgeformt ist, wobei die zweite Phase (32) Silber und mindestens zwei weitere Metalle aufweist, die auch in der ersten Phase (31) vorhanden sind, wobei der Anteil (c15) an Silber in der ersten Phase (31) größer als der Anteil (c25) an Silber in der jeweiligen zweiten Phase (32) ist. Me1 kann Nickel, Platin oder Palladium sein, Me2 kann Indium sein, Me3 kann Zinn sein und Me4 kann Gold sein. Die zweite Komponente (2) kann eine lichtemittierende Leuchtdiode (kurz LED) umfassen. Im Verfahren zur Herstellung des Bauelements (100) werden Schichten aus den Metallen (Me1-Me5) auf die erste und/oder zweite Komponente (1, 2) aufgebracht und auf maximal 200 °C zur Ausbildung des Verbindungselements (3) geheizt.

Beschreibung

BAUELEMENT MIT EINER SILBER ENTHALTENDEN QUINTÄREN VERBINDUNGSSCHICHT UND VERFAHREN ZU DESSEN HERSTELLUNG

5 Die Erfindung betrifft ein Bauelement. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Bauelements.

Das Verbinden oder Anbinden von zumindest zwei Komponenten, insbesondere mit Hilfe einer Lotmetallschicht, stellt eine
10 Herausforderung dar, insbesondere wenn beide Komponenten einen stark unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten aufweisen. Komponenten mit stark unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten erzeugen beim Abkühlen von der Füge-
temperatur im Verbund eine starke Durchbiegung,
15 insbesondere bei Einsatz von hohen Füge-temperaturen, was zu Problemen in der Herstellung und zum Bruch der Komponenten als auch zum Verlust der Funktionsfähigkeit der Komponenten führen kann. Um dieses Problem zu lösen, wurden bisher in der Regel zwei Ansätze verfolgt. Zum einen wurden Komponenten,
20 beispielsweise Substrate, mit ähnlichem thermischem Ausdehnungsverhalten genutzt, damit sich der Komponentenverbund nach dem Fügeverfahren trotz einer hohen Fixiertemperatur nur geringfügig krümmt. Zum anderen versucht man, die Fixiertemperatur durch Verwendung von
25 niederschmelzenden Metallen, zum Beispiel Indium oder Indium-Gold und deren isothermen Erstarrungstemperaturen bei milden Temperaturen abzusenken. Allerdings reicht die Verminderung der Durchbiegung in vielen praktischen Fällen nicht aus. Zudem kann in einem AuIn-System die Bildung einer spröden
30 AuIn₂-Phase oft nur unzureichend unterdrückt werden. So hergestellte Verbindungsschichten weisen oft eine niedrige Bruchzähigkeit auf und verhalten sich spröde, was das Bauteil

- 2 -

negativ beeinflussen kann und zum Verlust der Funktionsfähigkeit der Komponenten führen kann.

Eine Aufgabe der Erfindung ist es, ein Bauelement
5 bereitzustellen, das stabil und/oder leicht herstellbar ist.
Ferner ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines Bauelements bereitzustellen, das leicht und/oder kostengünstig durchführbar ist.

- 10 Die Aufgaben werden durch ein Bauelement gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche. Ferner werden diese Aufgaben durch ein Verfahren zur Herstellung eines
15 Bauelements gemäß dem unabhängigen Anspruch 14 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Verfahrens sind Gegenstand des abhängigen Anspruchs 15.

- In zumindest einer Ausführungsform weist das Bauelement eine
20 erste Komponente, eine zweite Komponente und ein Verbindungselement auf. Das Verbindungselement ist zwischen der ersten Komponente und der zweiten Komponente, vorzugsweise in direktem mechanischem und/oder elektrischem Kontakt zur ersten und zweiten Komponente, angeordnet. Das
25 Verbindungselement weist zumindest eine erste Phase auf oder besteht daraus. Die erste Phase weist Silber und mindestens vier weitere Metalle auf oder besteht daraus. Die Metalle sind voneinander verschieden. Die Metalle sind geeignet, bei einer Verarbeitungstemperatur von 200 °C zu reagieren, sodass
30 ein thermomechanisch stabiles Verbindungselement erzeugt ist oder wird.

"Reagieren" meint insbesondere, dass die Metalle chemisch reagieren, also insbesondere eine Metalllegierung (Lotsystem), bilden.

- 5 "Thermomechanisch stabil" meint hier und im Folgenden, dass das Verbindungselement bei einer Verarbeitungstemperatur von $< 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ sowohl mechanisch als auch thermisch stabil ist und seine Zusammensetzung nicht ändert.
- 10 Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das Bauelement eine erste Komponente und/oder eine zweite Komponente auf. Die erste Komponente und/oder die zweite Komponente können aus einer verschiedenen Anzahl von Materialien und Elementen gewählt sein. Die erste und/oder zweite Komponente können
- 15 beispielsweise jeweils aus einer Gruppe ausgewählt sein, die Saphir, Siliziumnitrid, ein Halbleitermaterial, ein keramisches Material, ein Metall und/oder Glas umfasst.

- Zum Beispiel kann eine der beiden Komponenten ein Halbleiter-
- 20 oder Keramikwafer, zum Beispiel ein geformtes Material aus Saphir, Silizium, Germanium, Siliziumnitrid, Aluminiumoxid, einer lumineszierenden Keramik, wie zum Beispiel YAG, sein. Ferner ist es möglich, dass zumindest eine Komponente als Printed Circuit Board (PCB), als metallischer Leiterraum
- 25 oder als eine andere Art von Verbindungsträger ausgeformt ist. Ferner kann zumindest einer der Komponenten, beispielsweise einen elektronischen Chip, einen optoelektronischen Chip, eine lichtemittierende Leuchtdiode, einen Laserchip, einen Fotodetektorchip oder einen Wafer
- 30 umfassen oder eine Mehrzahl von solchen Chips aufweisen.

Insbesondere umfasst die zweite Komponente und/oder die erste Komponente eine lichtemittierende Leuchtdiode, kurz LED.

Insbesondere umfasst die zweite Komponente die lichtemittierende Leuchtdiode und die erste Komponente zumindest eines der oben genannten Materialien.

- 5 Die eine lichtemittierende Leuchtdiode umfassende Komponente ist bevorzugt dazu eingerichtet, blaues Licht oder weißes Licht zu emittieren. Alternativ kann die eine lichtemittierende Leuchtdiode umfassende Komponente auch andere Farben, beispielsweise Rot, Orange oder Strahlung aus
10 dem IR-Bereich, emittieren.

Die lichtemittierende Leuchtdiode umfasst zumindest einen optoelektronischen Halbleiterchip. Der optoelektronische Halbleiterchip kann eine Halbleiterschichtenfolge aufweisen.

- 15 Die Halbleiterschichtenfolge des Halbleiterchips basiert bevorzugt auf einem III-V-Verbindungshalbleitermaterial. Es werden beispielsweise Verbindungen aus den Elementen verwendet, die aus Indium, Gallium, Aluminium, Stickstoff, Phosphor, Arsen, Sauerstoff, Silicium, Kohlenstoff und
20 Kombination daraus gewählt sein können. Es können aber auch andere Elemente und Zusätze verwendet werden. Die Halbleiterschichtenfolge mit einem aktiven Bereich kann beispielsweise auf Nitridverbindungshalbleitermaterialien basieren. "Auf Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial
25 basierend" bedeutet im vorliegenden Zusammenhang, dass die Halbleiterschichtenfolge oder zumindest ein Teil davon ein Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial, vorzugsweise $\text{Al}_n\text{Ga}_m\text{In}_{1-n-m}\text{N}$, aufweist oder aus diesem besteht, wobei $0 \leq n \leq 1$, $0 \leq m \leq 1$ und $n+m \leq 1$. Dabei muss dieses Material nicht zwingend
30 eine mathematisch exakte Zusammensetzung nach obiger Formel aufweisen. Vielmehr kann es beispielsweise ein oder mehrere Dotierstoffe sowie zusätzliche Bestandteile aufweisen. Der Einfachheit halber beinhaltet obige Formel jedoch nur die

wesentlichen Bestandteile des Kristallgitters (Al, Ga, In, N), auch wenn diese teilweise durch geringe Mengen weiterer Stoffe ersetzt und/oder ergänzt sein können.

5 Die Halbleiterschichtenfolge beinhaltet eine aktive Schicht mit mindestens einem pn-Übergang und/oder mit einer oder mit mehreren Quantentopfstrukturen. Im Betrieb der LED oder des Halbleiterchips wird in der aktiven Schicht eine elektromagnetische Strahlung erzeugt. Eine Wellenlänge oder
10 ein Wellenlängenmaximum der Strahlung liegt bevorzugt im ultravioletten und/oder sichtbaren und/oder infraroten Spektralbereich, insbesondere bei Wellenlängen zwischen einschließlich 420 und 800 nm, zum Beispiel zwischen einschließlich 440 und 480 nm.

15

Gemäß zumindest einer Ausführungsform unterscheidet sich die erste Komponente von der zweiten Komponente in Bezug auf ihre Zusammensetzung. Beispielsweise weist die erste und die zweite Komponente einen unterschiedlichen thermischen
20 Ausdehnungskoeffizienten auf. Mit anderen Worten weist das Bauelement zwei Komponenten auf, die sich zumindest in ihrem thermischen Ausdehnungskoeffizienten voneinander unterscheiden.

25 Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist die erste Komponente einen ersten thermischen Ausdehnungskoeffizienten α_1 auf. Die zweite Komponente weist einen zweiten thermischen Ausdehnungskoeffizienten α_2 auf. Insbesondere ist der erste thermische Ausdehnungskoeffizient α_1 von dem zweiten
30 thermischen Ausdehnungskoeffizient α_2 verschieden. Insbesondere unterscheiden sich beide thermischen Ausdehnungskoeffizienten um mindestens den Faktor 3, 2, 1 oder 1,5. Alternativ kann $\alpha_1 = \alpha_2$ sein.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das Bauelement ein Verbindungselement auf. Das Verbindungselement ist zwischen der ersten Komponente und der zweiten Komponente angeordnet. Mit anderen Worten verbindet das

- 5 Verbindungselement die erste und die zweite Komponente miteinander. Beispielsweise kann das Verbindungselement eine mechanische Verbindung der ersten Komponente und der zweiten Komponente sein. Ferner kann auch eine elektrische Verbindung der ersten Komponente mit der zweiten Komponente über das
- 10 Verbindungselement erfolgen. Insbesondere ist das Verbindungselement in direktem mechanischem und/oder elektrischem Kontakt zur ersten Komponente als auch zur zweiten Komponente angeordnet.

- 15 Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist das Verbindungselement eine Verbindungsschicht oder weist eine Mehrzahl von Verbindungsschichten auf.

- Das Verbindungselement umfasst mindestens eine Phase oder besteht daraus. Insbesondere umfasst das Verbindungselement
- 20 zumindest zwei Phasen, eine erste Phase und eine zweite Phase. Insbesondere besteht das Verbindungselement aus der ersten Phase und der zweiten Phase. Das Verbindungselement kann aber auch mehr als zwei Phasen, beispielsweise drei,
- 25 vier oder fünf Phasen, aufweisen. Das Verbindungselement kann auch mehrere erste Phasen und/oder mehrere zweite Phasen aufweisen. Insbesondere sind die mehreren ersten Phasen voneinander räumlich getrennt. Beispielsweise können zwei erste Phasen durch eine zweite Phase räumlich voneinander
- 30 beabstandet sein. Die zumindest erste Phase und/oder die zumindest zweite Phase unterscheiden sich zumindest in ihrer chemischen Zusammensetzung. Besteht beispielsweise das Verbindungselement aus drei Phasen, so können zwei identische

erste Phasen und eine zweite Phase vorliegen, die die zwei identischen ersten Phasen voneinander separiert und eine verschieden chemische Zusammensetzung aufweist.

- 5 Die jeweiligen Phasen können auch Unterphasen bilden. Insbesondere bilden die Unterphasen keine einheitliche Schicht aus. Insbesondere besteht jede Phase aus verschiedenen Körnern, deren Zusammensetzung sich in dem angegebenen Bereich befindet. Allerdings kann die
- 10 Zusammensetzung von Korn zu Korn verschieden sein. Es bildet sich damit eine Unterphase innerhalb der ersten und/oder zweiten Phase aus, die keine Schicht mit einer homogenen Schichtdicke aufweist.
- 15 Mit "Phase" ist hier ein Bereich des Verbindungselements gemeint, in dem ähnliche oder gleiche physikalische Eigenschaften, beispielsweise der Schmelzpunkt, vorhanden sind.
- 20 Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist die zumindest erste Phase und/oder die zumindest zweite Phase oder weitere andere Phasen eine unterschiedliche Art von Metallen auf. Insbesondere weisen die erste und/oder zweite Phase mindestens drei oder mindestens fünf Metalle auf. Dabei ist
- 25 zumindest ein Metall Silber.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Bauelements weist das Verbindungselement neben Silber vier weitere Metalle auf. Die vier weiteren Metalle sind ein erstes Metall, ein zweites

30 Metall, ein drittes Metall und ein viertes Metall. Das erste Metall kann aus einer Gruppe ausgewählt sein, die Nickel, Platin und Palladium umfasst. Vorzugsweise ist das erste Metall Nickel. Das zweite Metall kann Indium sein. Das dritte

Metall kann Zinn sein. Das vierte Metall kann Gold sein. Insbesondere unterscheiden sich die Anteile der entsprechenden Metalle innerhalb der entsprechenden Phasen.

- 5 Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist der Anteil an Silber in der ersten Phase maximal 12 Gew%. Alternativ oder zusätzlich ist der Anteil an Silber in der zweiten Phase maximal 7 Gew%.
- 10 Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist der Anteil an Silber in der ersten Phase maximal 5 Gew%. Alternativ oder zusätzlich ist der Anteil an Silber in der zweiten Phase maximal 2 Gew%.
- 15 Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Konzentration des ersten Metalls, insbesondere Nickel, in der ersten Phase zwischen 10 und 35 Gew%, bevorzugt zwischen 28 und 32 Gew%. Alternativ oder zusätzlich ist die Konzentration des ersten Metalls in der zweiten Phase kleiner als 5 Gew% oder 10 Gew%.
- 20 Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Konzentration des zweiten Metalls, insbesondere Indium, in der ersten Phase zwischen einschließlich 5 Gew% und einschließlich 35 Gew% oder 30 Gew%, insbesondere zwischen einschließlich 25 Gew%
- 25 und einschließlich 35 Gew%. Alternativ oder zusätzlich ist die Konzentration des zweiten Metalls in der zweiten Phase zwischen einschließlich 30 und einschließlich 50 Gew%.
- 30 Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Konzentration des dritten Metalls, insbesondere Zinn, in der ersten Phase zwischen einschließlich 15 Gew% oder 20 Gew% und einschließlich 50 Gew%, bevorzugt zwischen einschließlich 16 Gew% und einschließlich 26 Gew%. Alternativ oder

zusätzlich ist die Konzentration des dritten Metalls in der zweiten Phase kleiner als 5 Gew%.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Konzentration des vierten Metalls, insbesondere Gold, in der ersten Phase zwischen einschließlich 5 Gew% und einschließlich 15 Gew%, bevorzugt zwischen einschließlich 8 Gew% und einschließlich 12 Gew%. Alternativ oder zusätzlich ist die Konzentration des vierten Metalls in der zweiten Phase zwischen einschließlich 20 Gew% und einschließlich 50 Gew%.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die erste und/oder zweite Phase ein quintäres System. Mit anderen Worten bestehen dann die erste und/oder die zweite Phase aus fünf Metallen.

Die oben genannten Anteile der Metalle in der ersten und/oder zweiten Phase können beliebig miteinander kombiniert werden. Insbesondere können die Konzentrationen des ersten Metalls in der ersten Phase mit den Konzentrationen des zweiten Metalls in der ersten Phase und mit den Konzentrationen des dritten Metalls in der ersten Phase und mit den Konzentrationen des vierten Metalls in der ersten Phase und mit den Konzentrationen des Silbers, also des fünften Metalls, in der ersten Phase beliebig miteinander kombiniert werden.

Insbesondere können die Konzentrationen des ersten Metalls in der zweiten Phase, des zweiten Metalls in der zweiten Phase, des dritten Metalls in der zweiten Phase, des vierten Metalls in der zweiten Phase und des Silbers in der zweiten Phase beliebig miteinander kombiniert werden.

Die erste Phase kann eine Zusammensetzung $Me_1xMe_2yMe_3zMe_4rMe_5s$ mit $0,10 \leq x \leq 0,35$; $0,05 \leq y \leq 0,35$; $0,15 \leq z \leq 0,50$;

$0,05 \leq r \leq 0,15$ und $s \leq 0,12$ aufweisen, beispielsweise $\text{Me}_{1,32}\text{Me}_{2,30}\text{Me}_{3,21}\text{Me}_{4,12}\text{Me}_{5,05}$.

Die zweite Phase kann eine Zusammensetzung

- 5 $\text{Me}_a\text{Me}_b\text{Me}_c\text{Me}_d\text{Me}_e$ mit $a \leq 0,10$; $0,30 \leq b \leq 0,50$; $c \leq 0,10$; $0,20 \leq d \leq 0,50$ und $e \leq 0,07$ aufweisen, beispielsweise $\text{Me}_{1,05}\text{Me}_{2,49}\text{Me}_{3,04}\text{Me}_{4,40}\text{Me}_{5,02}$.

- 10 Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die erste Phase und/oder die zweite Phase jeweils als Schicht ausgeformt. Die Schicht kann insbesondere eine Schichtdicke von 30 nm bis 10000 nm, beispielsweise 100 nm bis 2000 nm, aufweisen.

- 15 Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die erste Phase und die zweite Phase als Schichtsystem, insbesondere in Seitenansicht als vertikal gestapelte Schichten, ausgeformt. Insbesondere sind die Schichten in direktem mechanischem und/oder elektrischem Kontakt zueinander angeordnet. Die zweite Phase weist insbesondere Silber und mindestens zwei
20 weitere Metalle auf oder besteht daraus, die auch in der ersten Phase vorhanden sind.

- Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das Verbindungselement zwei erste Phasen und eine zweite Phase
25 auf oder besteht daraus. Die ersten Phasen und die zweite Phase sind jeweils als Schicht ausgeformt. Die zweite Phase ist dabei zwischen den beiden ersten Phasen, insbesondere in direktem mechanischem und/oder elektrischem Kontakt, angeordnet. Der Anteil an Silber in der ersten Phase ist
30 insbesondere größer oder gleich als der Anteil an Silber in der jeweiligen zweiten Phase.

Insbesondere bilden die entsprechenden Metalle in den entsprechenden Phasen eine Legierung. Das Verbindungselement bildet insbesondere ein Lotsystem aus.

- 5 Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist das Verbindungselement frei von Cadmium, Antimon, Bismut, Blei und/oder Kupfer. Mit anderen Worten weist das Verbindungselement keine Anteile an Cadmium, Antimon, Bismut, Blei und/oder Kupfer auf.
- 10 Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist das erste Metall, das zweite Metall, das dritte Metall und das vierte Metall und Silber dazu geeignet, sich bei einer Verarbeitungstemperatur von $< 200\text{ }^{\circ}\text{C}$, insbesondere kleiner
- 15 als $180\text{ }^{\circ}\text{C}$, zu mischen oder zu reagieren. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass das zweite Metall und das dritte Metall bei einer Verarbeitungstemperatur von $< 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ in den flüssigen Aggregatzustand übergehen und mit einem festen ersten Metall und vierten Metall und Silber
- 20 reagieren. Es resultiert daraus eine erste Phase und/oder eine zweite Phase, die eine unterschiedliche Konzentrationszusammensetzung der entsprechenden Metalle aufweist.
- 25 Die Konzentrationen der Metalle in der entsprechenden Phase können mittels EDX (englisch: Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy) bestimmt werden, die eine Fehlertoleranz von maximal 5 %, insbesondere maximal 2 %, aufweisen kann.
- 30 Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das erste Metall einen Schmelzpunkt $> 1400\text{ }^{\circ}\text{C}$ auf. Das zweite Metall weist einen Schmelzpunkt von kleiner als $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ auf. Das dritte Metall weist einen Schmelzpunkt von $< 250\text{ }^{\circ}\text{C}$ auf. Das vierte

Metall weist einen Schmelzpunkt von $< 1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ auf. Das fünfte Metall, insbesondere Silber, weist einen Schmelzpunkt von $< 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ auf. Insbesondere bilden zumindest das zweite und das dritte Metall ein eutektisches Gemisch bei einem

5 Schmelzpunkt von kleiner als $120\text{ }^{\circ}\text{C}$, insbesondere kleiner als $118\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Beispielsweise kann Nickel mit einem Schmelzpunkt von $1455\text{ }^{\circ}\text{C}$, Platin mit einem Schmelzpunkt von $1768\text{ }^{\circ}\text{C}$ und/oder

10 Palladium mit einem Schmelzpunkt von $1555\text{ }^{\circ}\text{C}$ als erstes Metall verwendet werden. Beispielsweise kann Indium mit einer Schmelztemperatur von $156\text{ }^{\circ}\text{C}$ als zweites Metall verwendet werden. Beispielsweise kann Zinn mit einem Schmelzpunkt von $231\text{ }^{\circ}\text{C}$ als drittes Metall verwendet werden. Beispielsweise

15 kann Gold mit einem Schmelzpunkt von $1064\text{ }^{\circ}\text{C}$ als viertes Metall verwendet werden. Beispielsweise kann Silber mit einem Schmelzpunkt von $961,78\text{ }^{\circ}\text{C}$ als fünftes Metall verwendet werden.

20 Insbesondere bilden das zweite und das dritte Metall ein eutektisches Gemisch mit einer Schmelztemperatur zwischen $115\text{ }^{\circ}\text{C}$ und $118\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ist beispielsweise als zweites und drittes Metall Indium und Zinn gewählt, so weist Indium mit einem Anteil von 52 Atom% und Zinn mit einem Anteil von 48 Atom%

25 ein Eutektikum bei einer Schmelztemperatur von $117,5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ auf. Die Kombination des zweiten Metalls mit dem dritten Metall mit einem geringen Schmelzpunkt zeigt den Vorteil, dass das Verbindungselement bei niedrigen Verarbeitungstemperaturen erzeugt wird und damit ein Verbund

30 von zumindest zwei Komponenten mit unterschiedlich großen thermischen Ausdehnungskoeffizienten bei niedrigen Verarbeitungstemperaturen erzeugbar ist.

Das vierte Metall, wie Gold, kann insbesondere sich in die Atomgitter der ersten und/oder zweiten Phase einlagern. Gold kann die Oxidation der Metallschichten des ersten, zweiten, dritten und/oder fünften Metalls verhindern.

5

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Oberfläche der ersten Phasenschicht und/oder der zweiten Phasenschicht wellenförmig ausgeformt. Insbesondere sind die aneinandergrenzenden Oberflächen der ersten und zweiten

10 Phasenschichten wellenförmig ausgeformt. Mit anderen Worten ist die Oberfläche der jeweiligen Phasenschicht nicht planar, sondern die Phasenschichten verzahnen sich ineinander aufgrund ihrer wellenförmigen Ausformung. Die wellenförmige Ausgestaltung kann insbesondere durch Körner
15 unterschiedlicher Größe erzeugt werden.

Der Erfinder hat erkannt, dass durch die Verwendung einer erfindungsgemäßen ersten Phase des Verbindungselements ein Verbinden der ersten und zweiten Komponente, beispielsweise
20 das Bonden von Wafern mit stark unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten bei milden Temperaturen, ermöglicht werden kann, sodass diese Komponenten nach dem Verbinden eine geringe Durchbiegung aufweisen. Zudem zeigt das erfindungsgemäße Verbindungselement eine thermomechanische
25 Stabilität, sodass das Bauelement auch für Folgeprozesse und für den Betrieb des Bauelements hervorragend geeignet ist. Insbesondere sind die Temperaturstabilität sowie die Wiederaufschmelzungstemperatur des erfindungsgemäßen Verbindungselements durch die Verwendung von Silber deutlich
30 heraufgesetzt. Es entsteht ein Verbindungselement, welches bei ähnlich niedrigen Temperaturen ausgebildet wird, jedoch erst nach dem Bonden eine höhere Temperaturstabilität für Folgeprozesse aufweist. Das Verbindungselement ist dazu

eingerrichtet, bei niedrigen Temperaturen zu fixieren und an dieser Stelle bereits eine temperaturstabile Verbindung auszubilden. Eine Abreaktion in einem weiteren Temperaturschritt ist nicht zwingend notwendig, um eine thermomechanisch stabile Schichtenfolge zu erhalten.

Bei diesem Verbindungselement werden insbesondere die Metalle Indium und Zinn und ihre Reaktion mit Silber, Gold und Nickel genutzt. Die Metalle reagieren im Temperaturbereich des Schmelzpunktes von Indium und bilden eine für die Herstellung von insbesondere Dünnsfilm-LEDs ausreichend temperaturstabile Verbindung aus. Der endgültige Schichtenstapel besteht aus intermetallischen Verbindungsschichten, welche in Teilbereichen unterschiedliche Zusammensetzungen aufweisen können. Ein Ausweichen auf teure Substrate mit angepassten thermischen Ausdehnungsverhalten wird daher vermieden, da das hier vorgeschlagene Verbindungselement das Fügen von Komponenten bei ausreichend milden Temperaturen erlaubt. Damit wird der sogenannte Bimetalleffekt auf einen für die Halbleiterfertigung hinreichend geringen Wert begrenzt. Thermisch und elektrisch gut leitfähige und zu relativ geringen Kosten verfügbare Siliziumscheiben können somit trotz ihrer geringen thermischen Ausdehnung etwa mit Saphirscheiben mit hoher thermische Ausdehnung verbunden oder gefügt werden, ohne dass es in der Halbleiterfertigung zu Ausbeuteverluste durch Scheibenbruch sowie Bestückungsprobleme bei Anlagen oder Horden nach sich zieht und ohne das eine langfristige Produktzuverlässigkeit aufs Spiel gesetzt werden muss.

30

Werden beispielsweise zwei Komponenten mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten bei erhöhter Temperatur planar aufeinander fixiert und anschließend abgekühlt,

entsteht aufgrund der unterschiedlichen Kontraktion der beiden Komponenten, beispielsweise von Wafern, eine Verbiegung des Bauelements. Dieser Effekt ist mit dem eines Bimetallstreifens vergleichbar. Diese entstandene mechanische

5 Verspannung resultiert aufgrund der unterschiedlichen großen thermischen Ausdehnungskoeffizienten der ersten und zweiten Komponente. Diese tragen ferner zu einer internen Verspannung in dem restlichen Bauelement bei. Die Durchbiegung (englisch: bow) des Bauelements kann sich sowohl bei der Herstellung als

10 auch auf die Bauelementlebensdauer negativ auswirken. Beispielsweise können die Komponenten in dem Bauelement auch ihre Funktionalität verlieren oder während der Herstellung brechen. Damit entstehen hohe Ausbeuteverluste.

15 Durch das erfindungsgemäße Verbindungselement wird die Verwendung von kostengünstigen Komponenten, beispielsweise Substraten mit geringen thermischen Ausdehnungskoeffizienten, durch die starke Herabsetzung der Verarbeitungstemperatur ermöglicht, ohne dass sich eine zu hohe Durchbiegung der

20 Komponenten einstellt. Somit kann beispielsweise eine Komponente aus Silizium, Quarz-Glas oder Siliziumnitrid mit einem geringen thermischen Ausdehnungskoeffizienten (Si: $2,6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, Quarz-Glas: $0,54 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, Si₃N₄: $1,2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) mit einer Komponente aus Saphir ($6,1 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) oder GaAs,

25 welche einen hohen thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufweisen, in dem Bauelement miteinander verbunden werden, ohne dass es zu einer nennenswerten Durchbiegung kommt. Das Auftreten des Komponentenbruchs wird durch die Verwendung eines erfindungsgemäßen Verbindungselements vermieden oder

30 verringert.

Es wird weiterhin ein Verfahren zur Herstellung eines Bauelements angegeben. Das Verfahren zur Herstellung des

Bauelements stellt vorzugsweise das Bauelement her. Das heißt sämtliche für das Verfahren offenbarten Merkmale sind auch für das Bauelement offenbart und umgekehrt.

- 5 Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das Verfahren die Schritte auf:

A) Bereitstellen einer ersten Komponente und einer zweiten Komponente,

10

B) Aufbringen zumindest einer Schicht aus einem ersten Metall, Aufbringen zumindest einer Schicht aus einem zweiten Metall, Aufbringen zumindest einer Schicht aus einem dritten Metall, Aufbringen zumindest einer Schicht aus einem vierten
15 Metall und Aufbringen zumindest einer Schicht aus einem fünften Metall, insbesondere Silber, auf die erste und/oder zweite Komponente. Die Metalle sind dabei insbesondere voneinander verschieden.

- 20 C) Heizen der unter Schritt B) erzeugten Anordnung auf maximal 200 °C oder 180 °C zur Ausbildung eines Verbindungselements aufweisend zumindest eine erste Phase, die mindestens Silber und vier weitere Metalle aufweist, wobei die erste und zweite Komponente miteinander verbunden
25 werden und zusammen mit dem Verbindungselement eine thermodynamisch und mechanische oder thermomechanisch stabile Anordnung bilden.

- Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das mit dem
30 Verfahren hergestellte Verbindungselements zumindest oder genau zwei Phasen auf, wobei eine Phase mindestens Silber und vier weitere Metalle aufweist.

Bevorzugt müssen die Schritte A) bis C) nicht unmittelbar aufeinanderfolgen. Es sind zwischen den Schritten A) bis C) weitere Prozessschritte möglich.

- 5 Mit "thermodynamisch und mechanisch stabil oder mit thermomechanisch stabil" wird hier und im Folgenden verstanden, dass das erste Metall sich mit dem zweiten Metall, dem dritten Metall, dem vierten Metall und Silber als
10 fünftes Metall soweit vermischt, dass sich die erste und/oder zweite Phase nicht weiter mit dem ersten Metall anreichern und die erste und/oder zweite Phase einen festen Aggregatzustand aufweisen. Insbesondere weisen dann zumindest nach Schritt C) die erste und/oder zweite Phase eine Aufschmelztemperatur auf, die sich von der
15 Aufschmelztemperatur oder Fügetemperatur der ersten und/oder zweiten Phase während Schritt C) unterscheiden. Vor Schritt C) existiert insbesondere die erste und/oder zweite Phase nicht, da sie da erst gebildet werden. Insbesondere ist die Wiederaufschmelztemperatur der ersten und/oder zweiten Phase
20 nach Schritt C) größer als die Fügetemperatur.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform bildet das Verbindungselement zumindest nach Schritt C) eine feste Verbindung zu der ersten Komponente und der zweiten
25 Komponente aus.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist das Verfahren frei von einem weiteren Heizschritt, der beispielsweise als Schritt D) bezeichnet werden kann und nach Schritt C)
30 erfolgt, bei dem die unter Schritt C) erzeugte Anordnung auf eine Temperatur zwischen 200 °C und 400 °C erhitzt wird. Mit anderen Worten muss das Verfahren zur Herstellung eines Bauelements lediglich einen Temperaturschritt, insbesondere

den Schritt C), aufweisen. Das heißt weitere Temperaturschritte, insbesondere Temperaturschritte bei Temperaturen von $> 200\text{ }^{\circ}\text{C}$, sind nicht erforderlich, um das Verbindungselement vollständig abreagieren zu lassen.

5

Das Verfahren ermöglicht die Verbindung einer ersten und einer zweiten Komponente durch ein Verbindungselement, wobei die beiden Komponenten insbesondere einen unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufweisen. Das erlaubt die Verwendung von kostengünstigeren Materialien für die erste und/oder zweite Komponente zur Bildung eines Bauelements. Damit können beispielsweise thermisch und elektrisch gut leitfähige und kostensparende Materialien, wie Siliziumwafer an einen Saphirwafer gefügt oder gebondet werden.

10

Weitere Vorteile, vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen ergeben sich aus den im Folgenden in Verbindung mit den Figuren beschriebenen Ausführungsbeispielen.

15

Es zeigen:

20

Die Figuren 1A und 1B jeweils eine schematische Seitenansicht eines Bauelements gemäß einer Ausführungsform,

die Figur 1C eine detaillierte Ansicht der Figur 1B,

25

die Figuren 2A bis 5B jeweils ein Verfahren zur Herstellung eines Bauelements sowie das Bauelement gemäß einer Ausführungsform, und

30

die Figuren 6A und 6B jeweils zwei DSC-Kurven eines
Ausführungsbeispiels und eines Vergleichsbeispiels.

In den Ausführungsbeispielen und Figuren können gleiche,
5 gleichartige oder gleich wirkende Elemente jeweils mit
denselben Bezugszeichen versehen sein. Die dargestellten
Elemente und deren Größenverhältnisse untereinander sind
nicht als maßstabsgerecht anzusehen. Vielmehr können einzelne
Elemente, wie zum Beispiel Schichten, Bauteile, Bauelemente
10 und Bereiche, zur besseren Darstellbarkeit und/oder zum
besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt werden.

Die Figur 1A zeigt eine schematische Seitenansicht eines
Bauelements 100 gemäß einer Ausführungsform. Das Bauelement
15 100 weist eine erste Komponente 1 und eine zweite Komponente
2 auf. Zwischen der ersten Komponente 1 und der zweiten
Komponente 2 ist ein Verbindungselement 3 angeordnet. Das
Verbindungselement 3 weist insbesondere fünf Metalle auf,
wobei ein Metall davon Silber ist. Die Metalle sind
20 voneinander verschieden und sind geeignet, bei einer
Verarbeitungstemperatur von $< 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ zu reagieren.
Vorzugsweise sind die anderen Metalle Nickel, Indium, Zinn
und Gold. Damit kann ein thermomechanisches stabiles
Verbindungselement bereits nach einem Temperaturschritt von
25 kleiner $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ erzeugt werden.

Die erste Komponente 1 und die zweite Komponente 2 sind zum
Beispiel ausgewählt aus einer Gruppe umfassend: Saphir, ein
keramisches Material, ein Halbleitermaterial und ein Metall.
30 Dabei können die erste Komponente und die zweite Komponente
derart ausgewählt werden, dass sie einen unterschiedlich
starken thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufweisen.
Insbesondere unterscheidet sich der thermische

Ausdehnungskoeffizient mindestens um den Faktor 1,5, zum Beispiel um den Faktor 3 oder höher.

Das Verbindungselement 3 ist zwischen der ersten Komponente 1 und der zweiten Komponente 2 angeordnet. Das Verbindungselement 3 ist in direktem Kontakt mit der ersten Komponente 1 und der zweiten Komponente 2 angeordnet.

Die Figur 1B zeigt eine schematische Seitenansicht eines Bauelements 100 gemäß einer Ausführungsform. Das Bauelement 100 der Figur 1B unterscheidet sich von dem Bauelement 100 der Figur 1A dadurch, dass das Verbindungselement 3 aus zwei Phasen 31 und 32 gebildet ist. Beispielsweise besteht oder umfasst die erste Phase 31 die folgenden Metalle mit den Konzentrationen:

Erstes Metall Me1 10 bis 35 Gew%,
zweites Metall Me2 5 bis 35 Gew%,
drittes Metall Me3 15 bis 50 Gew%,
viertes Metall Me4 5 bis 15 Gew%,
Silber $\leq$ 12 Gew%.

Die zweite Phase 32 kann aus Silber und mindestens zwei weiteren Metallen bestehen oder diese umfassen, die aus den folgenden Metallen und deren Konzentrationen ausgewählt sein können:

Erstes Metall Me1 $\leq$ 10 Gew%,
zweites Metall Me2 30 bis 50 Gew%,
drittes Metall Me3 $\leq$ 10 Gew%,
viertes Metall Me4 20 bis 50 Gew%,
Silber als fünftes Metall Me5 $\leq$ 7 Gew%.

Mit anderen Worten weist das Verbindungselement 3 zwei Phasen 31, 32 auf, wobei die erste Phase 31 alle fünf Metalle aufweisen kann und die zweite Phase 32 neben Silber zumindest zwei Metalle aufweist, die gegebenenfalls auch in der ersten Phase 31 vorhanden sind.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die erste Phase 31 und/oder die zweite Phase 32 jeweils als Schicht ausgeformt. Insbesondere sind die beiden Phasen 31, 32 übereinandergestapelt. Die Grenzflächen zwischen benachbarten Schichten der ersten und/oder zweiten Phase 31, 32 können planar sein. Alternativ, wie in Figur 1C gezeigt, können die Grenzflächen zwischen der ersten Phase 31 und der zweiten Phase 32 nicht planar sein, sondern eine wellenförmige Form aufweisen. Dadurch kann die erste Phase 31 mit der zweiten Phase 32 verzahnt werden. Dies kann durch das individuelle Wachstum der Körner in der jeweiligen Schicht verursacht sein. Insbesondere ist das Verbindungselement 3 in direktem mechanischem und/oder elektrischem Kontakt zu den jeweiligen Komponenten 1, 2 angeordnet. Dabei ist die zweite Phase 32 in direktem mechanischem und/oder elektrischem Kontakt zur zweiten Komponente 2 und die erste Phase 31 in direktem und/oder elektrischem Kontakt zur ersten Komponente 1 angeordnet.

Die Figuren 2A und 2B zeigen jeweils ein Bauelement 100 gemäß einer Ausführungsform sowie deren Herstellung. Das Bauelement 100 der Figur 2A zeigt ein Bauelement 100, wie es vor Einfluss der Temperatur, also vor dem Verfahrensschritt C), aufgebaut sein kann. Die Figur 2B zeigt das fertige Bauelement 100 nach zumindest dem Verfahrensschritt C).

Die Figur 2A zeigt eine erste Komponente 1 und zweite Komponente 2. Zwischen der ersten und zweiten Komponente 1, 2 ist ein Schichtsystem aus einem ersten Metall Me1, einem zweiten Metall Me2, einem dritten Metall Me3, einem vierten Metall Me4 und einem fünften Metall Me5 aufgebracht. Die erste Komponente 1 kann beispielsweise ein Saphirsubstrat sein. Die zweite Komponente 2 kann beispielsweise eine lichtemittierende Leuchtdiode sein. Nach erfolgtem Verfahrensschritt C), das heißt nach Heizen der im Schritt B) erzeugten Anordnung auf maximal 200 °C, kann ein Verbindungselement 3 erzeugt werden, das zumindest eine erste Phase 31 und optional eine zweite Phase 32 aufweist. Zumindest die erste Phase 31 weist bis zu fünf Metalle, darunter Silber, auf. Die zweite Phase 32 weist Silber und mindestens zwei weitere Metalle auf, die gegebenenfalls auch in der ersten Phase 31 vorhanden sind. Bevorzugt sind Indium und Gold die zwei weiteren Metalle in der zweiten Phase 32.

Damit kann ein Verbindungselement 3 erzeugt werden, das thermodynamisch und mechanisch stabil ist und die erste und die zweite Komponente 1, 2 miteinander verbindet.

Die Figuren 3A und 3B zeigen jeweils ein Bauelement 100 gemäß einer Ausführungsform sowie deren Herstellung. Das Bauelement 100 der Figur 3A zeigt den Aufbau vor Einfluss der Temperatur vor dem Verfahrensschritt C) und das Bauelement 100 der Figur 3B zeigt ein Bauelement nach dem Verfahrensschritt C). Das Bauelement 100 der Figur 3A unterscheidet sich von dem Bauelement der Figur 2A dadurch, dass die Schicht aus dem fünften Metall Me5 und die Schicht Me4 aus dem vierten Metall vertauscht sind. Mit anderen Worten grenzt die Schicht aus dem fünften Metall Me5 direkt an die Schicht aus dem dritten Metall Me3 und die Schicht aus dem vierten Metall Me4 ist

zwischen der zweiten Komponente 2 und der Schicht aus dem fünften Metall Me5 angeordnet. Optional kann in dem Bauelement der Figur 3A zwischen der Schicht aus dem vierten Metall Me4 und der zweiten Komponente 2 eine Schicht aus dem ersten Metall Me1 angeordnet sein.

Das Bauelement 100 der Figur 3B unterscheidet sich von dem Bauelement 100 der Figur 2B dadurch, dass es drei Phasen 31, 32 aufweist. Das Verbindungselement 3 weist zumindest zwei erste Phasen 31 und eine zweite Phase 32 auf, die zwischen den beiden ersten Phasen 31 angeordnet ist und somit die beiden ersten Phasen 31 voneinander separiert. Insbesondere weisen die beiden ersten Phasen 31 eine gleiche Zusammensetzung auf, wobei die Zusammensetzung der beiden ersten Phasen 31 sich von der Zusammensetzung der zweiten Phase 32 unterscheidet. Insbesondere weisen die ersten Phasen 31 zumindest das erste Metall Me1, insbesondere Nickel, das zweite Metall Me2, insbesondere Indium, das dritte Metall Me3, insbesondere Zinn, und das vierte Metall Me4, insbesondere Gold, und das fünfte Metall Me5, insbesondere Silber, auf. Die zweite Phase 32 weist insbesondere Gold als viertes Metall Me4 und Indium als zweites Metall Me2 und gegebenenfalls Silber als fünftes Metall Me5 auf.

Die Figuren 4A und 4B zeigen eine schematische Seitenansicht eines Bauelements 100 sowie dessen Herstellung. In dieser Ausführungsform wird die erste Komponente 1 durch einen Trägerwafer 1 geformt. Der Trägerwafer 1 ist mit einer Schicht aus einem ersten Metall Me1 bedeckt. Das erste Metall Me1 ist insbesondere Platin, Nickel oder Palladium und weist eine Schichtdicke von 650 nm auf. Die Schicht aus Me1 kann mittels Kathodensputtering aufgebracht werden. Auf der Schicht aus Me1 sind zumindest zwei zweite Komponenten 2

nachgeordnet. Zwischen den zumindest zwei nachgeordneten Komponenten 2 sind jeweils eine Schicht aus einem zweiten Metall Me₂, eine Schicht aus einem dritten Metall Me₃, eine Schicht aus einem vierten Metall Me₄ und eine Schicht aus einem fünften Metall Me₅ angeordnet (Figur 4A). Mit anderen Worten weist das in Figur 4A dargestellte Bauelement 100 eine erste gemeinsame Komponente 1 und zumindest zwei zweite Komponenten 2 auf.

10 Anschließend erfolgt die Behandlung der Anordnung der Figur 4A mit einer Temperatur von maximal 200 °C oder 180 °C gemäß dem Verfahrensschritt C). Dabei bildet sich ein Verbindungselement 3 aus, das eine erste Phase 31 und gegebenenfalls eine zweite Phase 32 aufweist. Die erste Phase 15 31 und gegebenenfalls die zweite Phase 32 weisen jeweils das erste Metall Me₁, das zweite Metall Me₂, das dritte Metall Me₃, das vierte Metall Me₄ und das fünfte Metall Me₅ auf oder bestehen daraus (Figur 4B). Damit kann ein thermomechanisch stabiles Verbindungselement 3 erzeugt werden. Ein 20 anschließender Aufheizschritt, beispielsweise bei Temperaturen zwischen 230 und 400 °C, zur Abreaktion des Verbindungselements 3 ist nicht erforderlich. Es resultiert eine Anordnung, die eine erste Komponente 1 und eine zweite Komponente 2 aufweist, wobei jeweils zwischen den beiden 25 Komponenten 1, 2 ein Verbindungselement 3 angeordnet ist, das thermodynamisch und mechanisch stabil ist.

Die Figuren 5A und 5B zeigen die Herstellung eines Bauelements 100 gemäß einer Ausführungsform. Die Figur 5A 30 zeigt, dass eine erste Komponente 1, welche eine Halbleiterschichtenfolge und ein Saphirsubstrat aufweisen kann, bereitgestellt werden kann. Ferner kann eine zweite Komponente 2 bereitgestellt werden. Anschließend kann auf der

ersten Komponente 1 eine Schicht aus einem ersten Metall Me1, anschließend eine Schicht aus einem zweiten Metall Me2 und anschließend eine Schicht aus einem dritten Metall Me3 aufgebracht werden. Auf die zweite Komponente 2 kann eine
5 Schicht aus einem vierten Metall Me4 und eine Schicht aus einem fünften Metall Me5 aufgebracht werden. Anschließend erfolgt die Verbindung der beiden Komponenten 1, 2, sodass die Schicht aus dem dritten Metall Me3 und die Schicht aus dem fünften Metall Me5 in direktem Kontakt zueinander
10 angeordnet sind. Anschließend kann ein Aufheizen der in Figur 5A erzeugten Anordnung auf maximal 180 °C oder 200 °C erfolgen. Damit können die erste Komponente 1 und die zweite Komponente 2 miteinander verbunden werden. Es bildet sich ein Verbindungselement 3, das eine erste Phase 31, eine zweite
15 Phase 32 und eine weitere erste Phase 31 aufweist.

Zusätzlich kann zwischen der Schicht aus dem vierten Metall Me4 und der zweiten Komponente 2 eine Schicht aus einem ersten Metall Me1 aufgebracht werden (hier nicht gezeigt). Es
20 können damit beispielsweise ein Saphirsubstrat (z.B. strukturlos, 4 Zoll) als erste Komponente 1 und eine Quarzglassträgerscheibe als zweite Komponente 2 miteinander verbunden oder verbondet werden. Aufgrund der stark unterschiedlich thermischen Ausdehnungskoeffizienten ist dies
25 aber nur bei geringen Temperaturen möglich. Als Verbindungselement 3 kann daher auf die erste Komponente 1, wie einer Saphirscheibe, beispielsweise eine 300 nm dicke Schicht aus dem ersten Metall Me1, vorzugsweise Nickel, sowie eine 300 nm dicke Schicht aus einem zweiten Metall Me2,
30 vorzugsweise Indium, gefolgt von einer 450 nm dicken Schicht aus einem dritten Metall Me3, vorzugsweise Zinn, aufgebracht werden. Auf die zweite Komponente, die insbesondere eine Quarzglassträgerscheibe ist, kann eine 50 nm dicke Schicht aus

einem ersten Metall Me1, vorzugsweise Nickel, gefolgt von einer 40 nm dicken Schicht aus einem vierten Metall Me4, vorzugsweise Gold, und einer 100 nm dicken Schicht aus einem fünften Metall Me5, vorzugsweise Silber, aufgebracht werden.

- 5 Das Verbinden der Komponenten 1, 2 erfolgt insbesondere bei Temperaturen $< 200\text{ }^{\circ}\text{C}$, beispielsweise bei $165\text{ }^{\circ}\text{C}$, und gegebenenfalls unter einem uniaxialen Druck, beispielsweise von 1 mPa.
- 10 In dem Bondverfahren können die Scheiben zunächst aufeinander platziert und in diesem Zustand mit einer Heizrate, beispielsweise von 10 K/min ausgehend von Raumtemperatur auf die zum Bonden verwendete Temperatur beheizt werden. Es kann erst der Druck aufgebracht und für eine bestimmte Zeit,
- 15 beispielsweise für 600 s, gehalten werden. Anschließend können die Scheiben wieder mit einer Abkühlrampe, beispielsweise von 10 K/min, auf Raumtemperatur abgekühlt werden. Der hier ausgebildete Scheibenverbund weist einen ausreichend niedrigen Bimetalleffekt auf, sodass eine
- 20 automatische Horden- oder Anlagenbestückung möglich ist. Ferner ist das hier ausgebildete Verbindungselement 3 ausreichend stabil für mechanische sowie für thermische Folgeprozesse.
- 25 Die Figur 6A zeigt eine DSC-Kurve (DSC, Differential Scanning Calorimetry) eines Verbindungselements 3 gemäß einer Ausführungsform. Die Figur 6B zeigt eine DSC-Kurve eines Verbindungselements 3 eines Vergleichsbeispiels. Es ist jeweils die Heizrate Q in W/g in Abhängigkeit von der
- 30 Temperatur T in $^{\circ}\text{C}$ dargestellt. Es wurden jeweils die Aufheizkurve 6-1 und die Abkühlkurve 6-2 vermessen. Das Verbindungselement 3 der Figur 6A unterscheidet sich von dem Verbindungselement 3 der Figur 6B dadurch, dass das

Verbindungselement 3 der Figur 6A neben dem ersten Metall Me1, dem zweiten Metall Me2, dem dritten Metall Me3, dem vierten Metall Me4 ein fünftes Metall Me5 aufweist.

Insbesondere weist das Verbindungselement 3 der Figur 6A als
5 erstes Metall Me1 Nickel, als zweites Metall Me2 Indium, als drittes Metall Me3 Zinn, als viertes Metall Me4 Gold und als fünftes Metall Me5 Silber auf. Das Vergleichsbeispiel der Figur 6B weist Nickel, Indium, Zinn und gegebenenfalls Gold auf. Aus der Aufheizkurve der Figur 6A ist erkennbar, dass
10 es, verglichen mit der Aufheizkurve der Figur 6B, zu keiner Nachreaktion 6-3 bei hohen Temperaturen, insbesondere bei 400 °C, kommt. Damit zeigt das erfindungsgemäße Verbindungselement 3 bereits bei niedrigen Temperaturen eine thermomechanische Stabilität.

15 Die in Verbindung mit den Figuren beschriebenen Ausführungsbeispiele und deren Merkmale können gemäß weiterer Ausführungsbeispiele auch miteinander kombiniert werden, auch wenn solche Kombinationen nicht explizit in den Figuren
20 gezeigt sind. Weiterhin können die in Verbindung mit den Figuren beschriebenen Ausführungsbeispiele zusätzliche oder alternative Merkmale gemäß der Beschreibung im allgemeinen Teil aufweisen.

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

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung 10 2015 120 773.7, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Bezugszeichenliste

	100	Optoelektronisches Bauelement
	1	erste Komponente
5	2	zweite Komponente
	3	Verbindungselement
	31	erste Phase
	32	zweite Phase
	312	wellenförmige Grenzfläche
10	Me1	Schicht des ersten Metalls oder erstes Metall
	Me2	Schicht des zweiten Metalls oder zweites Metall
	Me3	Schicht des dritten Metalls oder drittes Metall
	Me4	Schicht des vierten Metalls oder viertes Metall
	Me5	Schicht des fünften Metalls oder fünftes Metall

Patentansprüche

1. Bauelement (100) aufweisend

- eine erste Komponente (1),
- 5 - eine zweite Komponente (2),
- ein Verbindungselement (3), das zwischen der ersten Komponente (1) und der zweiten Komponente (2) angeordnet ist, wobei das Verbindungselement (3) zumindest eine erste Phase (31) aufweist,

10 wobei die erste Phase (31) Silber (Me5) und mindestens vier weitere Metalle (Me1, Me2, Me3, Me4) aufweist, wobei die Metalle voneinander verschieden sind und geeignet sind, bei einer Verarbeitungstemperatur von kleiner 200 °C zu reagieren, so dass ein thermomechanisch stabiles
15 Verbindungselement (3) erzeugt ist.

2. Bauelement (100) nach Anspruch 1,

wobei der Anteil (c15) an Silber in der ersten Phase (31) maximal 12 Gew% ist.

20

3. Bauelement (100) nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei die vier weiteren Metalle ein erstes Metall (Me1), ein zweites Metall (Me2), ein drittes Metall (Me3) und ein

25 viertes Metall (Me4) sind, wobei das erste Metall (Me1) aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Nickel, Platin und Palladium umfasst,

wobei das zweite Metall (Me2) Indium ist,

wobei das dritte Metall (Me3) Zinn ist, und

30 wobei das vierte Metall (Me4) Gold ist.

4. Bauelement (100) nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei das Verbindungselement (3) eine zweite Phase (32) aufweist, die mit der ersten Phase (31) als Schichtsystem ausgeformt ist, wobei die zweite Phase (32) Silber und mindestens zwei weitere Metalle aufweist, die auch in der
5 ersten Phase (31) vorhanden sind.

5. Bauelement (100) nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei das Verbindungselement (3) zwei erste Phasen (31) und
10 eine zweite Phase (32) aufweist, die jeweils als Schicht ausgeformt sind, wobei die zweite Phase (32) zwischen den beiden ersten Phasen (31) angeordnet ist, wobei der Anteil (c15) an Silber in der ersten Phase (31) größer als der Anteil (c25) an Silber in der jeweiligen zweiten Phase (32)
15 ist.

6. Bauelement (100) nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei das Verbindungselement (3) frei von Cadmium, Antimon,
20 Bismut, Blei und/oder Kupfer ist.

7. Bauelement (100) nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Konzentration (c11) des ersten Metalls (Me1) in der
25 ersten Phase (31) zwischen 10 und 35 Gew% und/oder die Konzentration (c21) des ersten Metalls (Me1) in einer zweiten Phase (32) kleiner 10 Gew% ist.

8. Bauelement (100) nach zumindest einem der vorhergehenden
30 Ansprüche,
wobei die Konzentration (c12) des zweiten Metalls (Me2) in der ersten Phase (31) zwischen 5 und 35 Gew% und/oder die

Konzentration (c22) des zweiten Metalls (Me2) in einer zweiten Phase (32) zwischen 30 und 50 Gew% ist.

9. Bauelement (100) nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei die Konzentration (c13) des dritten Metalls (Me3) in der ersten Phase (31) zwischen 15 und 50 Gew% und/oder die Konzentration (c23) des dritten Metalls (Me3) in einer zweiten Phase (32) kleiner 5 Gew% ist.

10. Bauelement (100) nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei die Konzentration (c14) des vierten Metalls (Me4) in der ersten Phase (31) zwischen 5 und 15 Gew% und/oder die Konzentration (c24) des vierten Metalls (Me4) in einer zweiten Phase (32) zwischen 20 Gew% und 50 Gew% ist.

11. Bauelement (100) nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei die zweite Komponente (2) eine lichtemittierende Leuchtdiode umfasst, und wobei zumindest die erste Komponente (1) aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Saphir, Siliziumnitrid, ein Halbleitermaterial, ein keramisches Material, ein Metall und Glas umfasst.

12. Bauelement (100) nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei das erste Metall (Me1) einen Schmelzpunkt größer 1400 °C, das zweite Metall (Me2) einen Schmelzpunkt von kleiner als 180 °C, das dritte Metall (Me3) einen Schmelzpunkt kleiner 250 °C und das vierte Metall (Me4) einen Schmelzpunkt kleiner 1100 °C aufweisen, wobei zumindest das zweite und das dritte Metall (Me2, Me3) ein eutektisches

Gemisch bei einem Schmelzpunkt kleiner oder gleich 120 °C bilden.

13. Bauelement (100) nach zumindest einem der vorhergehenden
5 Ansprüche,
wobei die erste Komponente (1) aufweisend einen ersten
thermischen Ausdehnungskoeffizienten (α_1) von der zweiten
Komponente (2) aufweisend einen zweiten thermischen
Ausdehnungskoeffizienten (α_2) verschieden ist und sich die
10 thermischen Ausdehnungskoeffizienten um mindestens den Faktor
1,5 voneinander unterscheiden.

14. Verfahren zur Herstellung eines Bauelements (100) nach
einem der Ansprüche 1 bis 13 mit den Schritten:
15 A) Bereitstellen einer ersten Komponente (1) und einer
zweiten Komponente (2),
B) Aufbringen zumindest einer Schicht aus einem ersten Metall
(Me1), zumindest einer Schicht aus einem zweiten Metall
(Me2), zumindest einer Schicht aus einem dritten Metall
20 (Me3), zumindest einer Schicht aus einem vierten Metall (Me4)
und zumindest einer Schicht aus Silber (Me5) auf die erste
und/oder zweite Komponente (1, 2), wobei die Metalle
verschieden voneinander sind,
C) Heizen der unter Schritt B) erzeugten Anordnung auf
25 maximal 200 °C zur Ausbildung eines Verbindungselements (3)
aufweisend zumindest eine erste Phase (31), die mindestens
Silber (Me5) und vier weitere Metalle (Me11, Me12, Me13,
Me14) aufweist,
wobei die erste und zweite Komponente (1, 2) miteinander
30 verbunden werden und zusammen mit dem Verbindungselement (3)
eine thermodynamisch und mechanisch stabile Anordnung bilden.

15. Verfahren nach Anspruch 14,

wobei das Verfahren frei von einem weiteren Heizschritt ist, bei dem die unter Schritt C) erzeugte Anordnung auf eine Temperatur zwischen 200 °C und 400 °C erhitzt wird.

FIG 1A

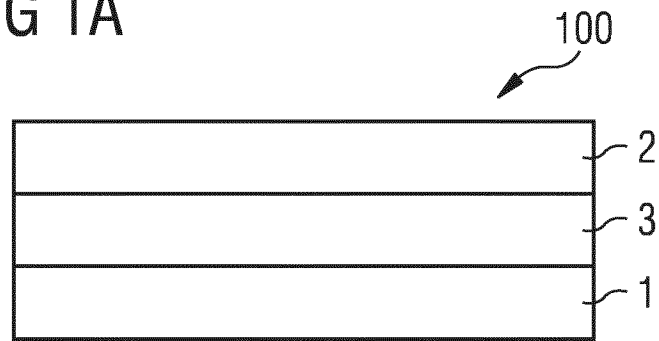


FIG 1B

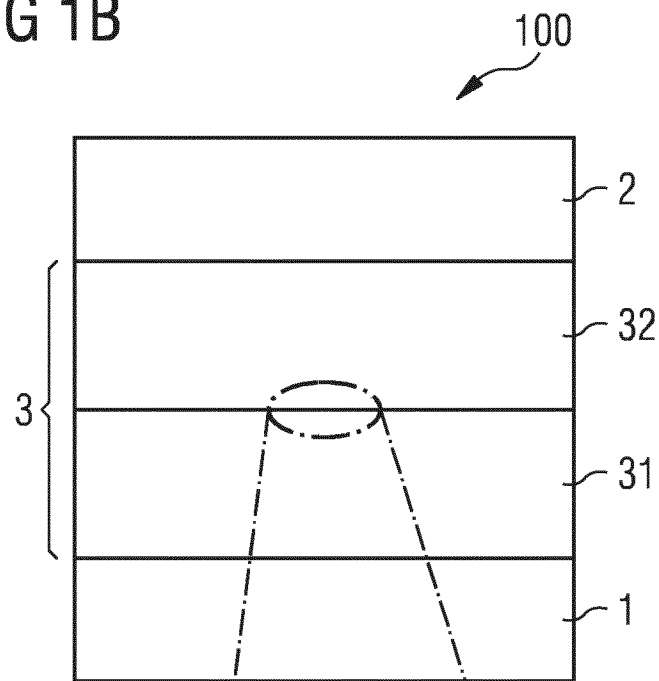


FIG 1C

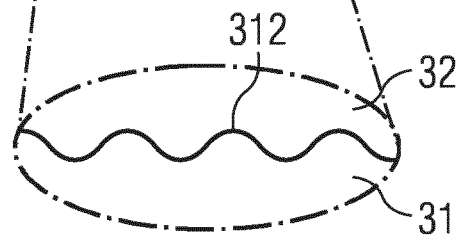


FIG 2A

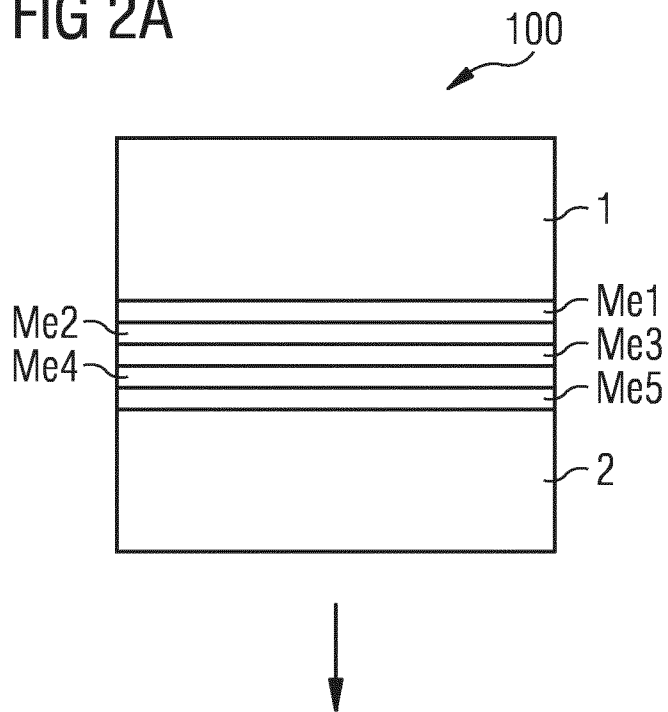


FIG 2B

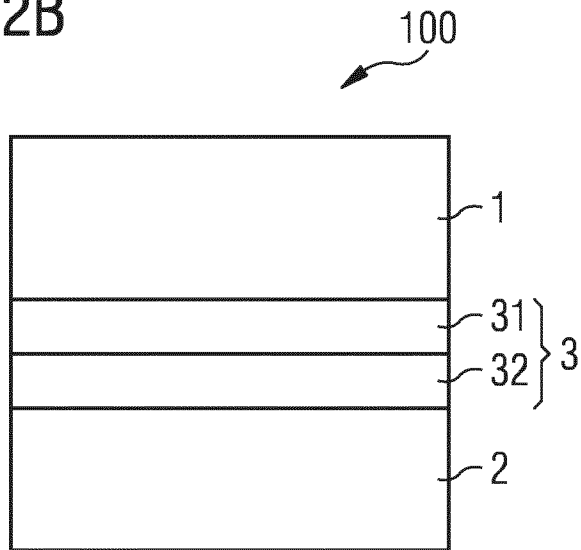


FIG 3A

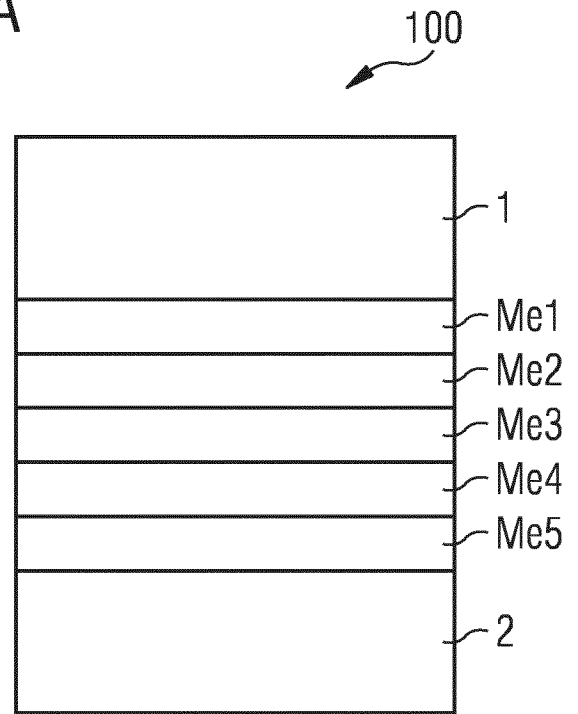


FIG 3B

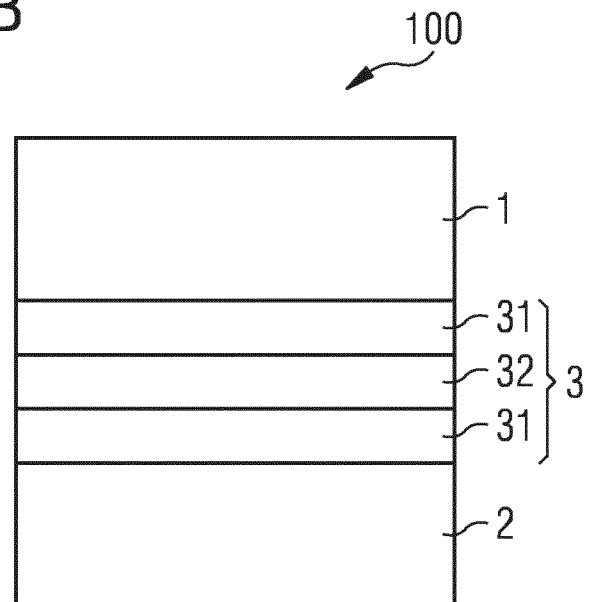


FIG 3A

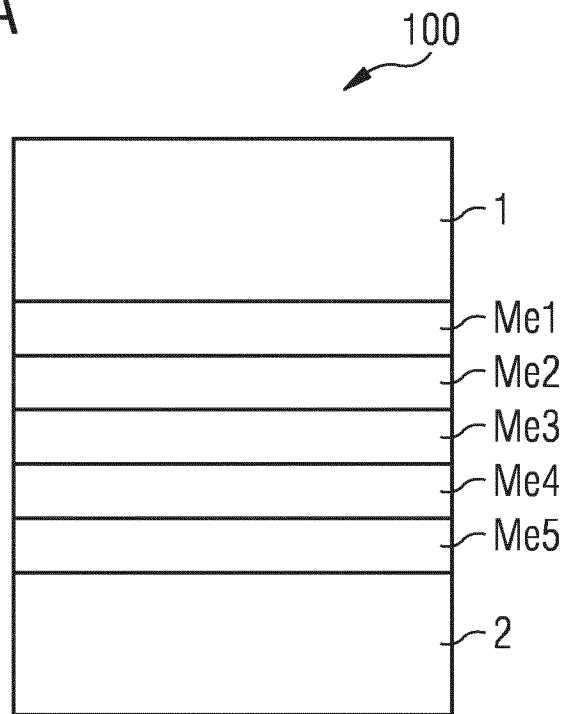


FIG 3B

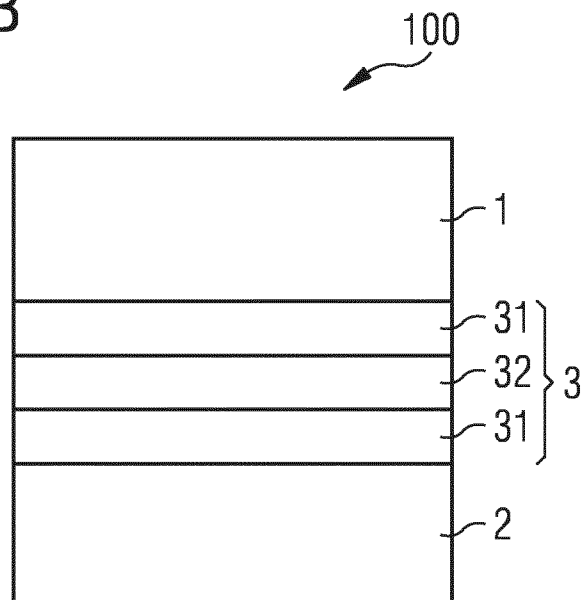


FIG 4A

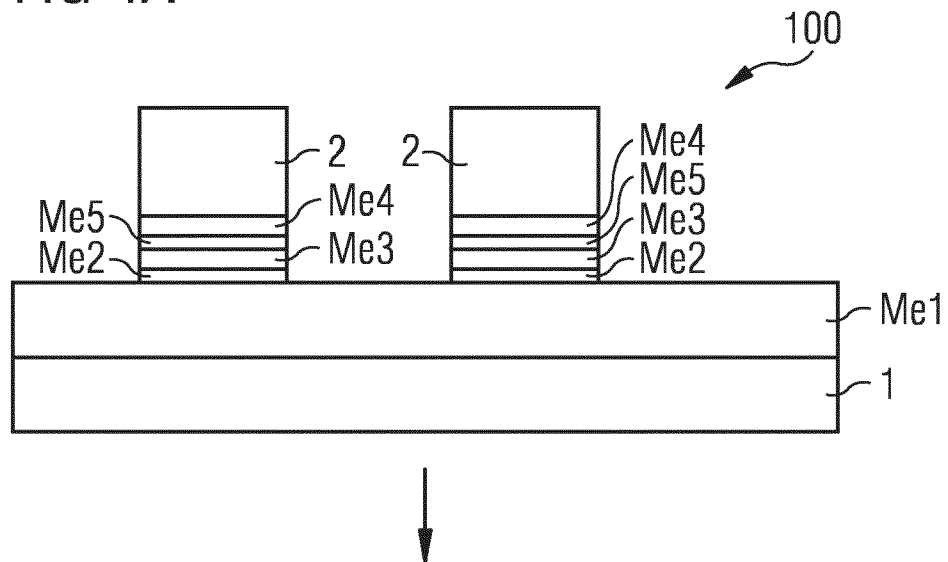


FIG 4B

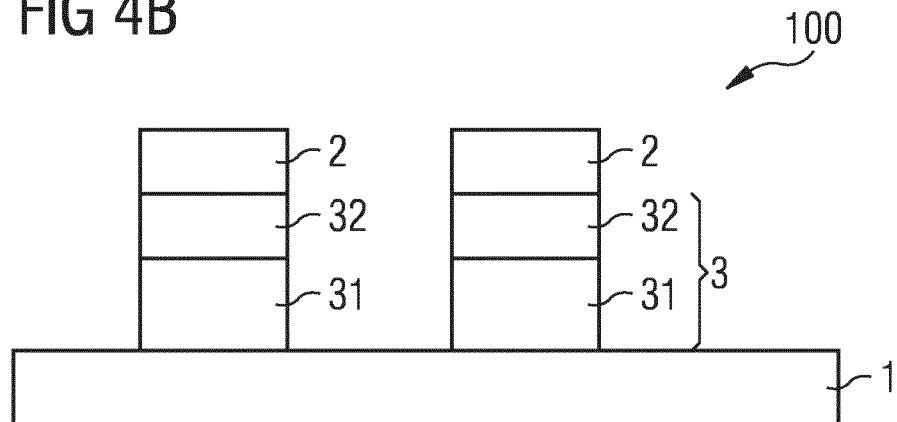


FIG 5A

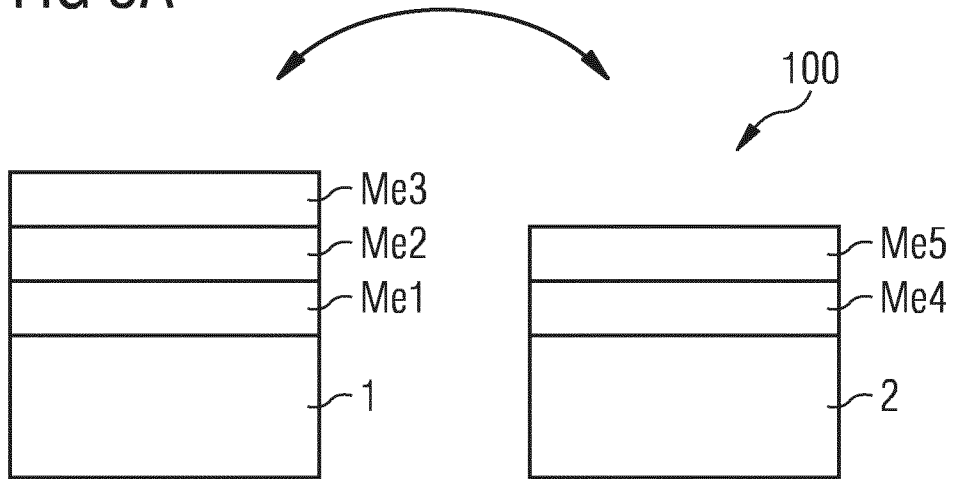


FIG 5B

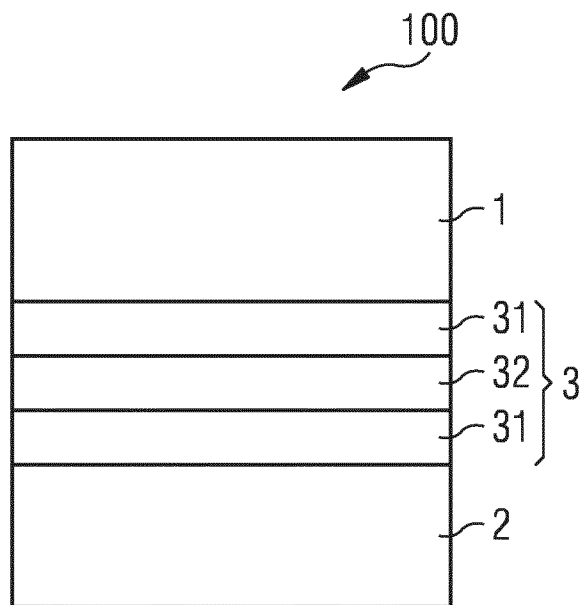


FIG 6A

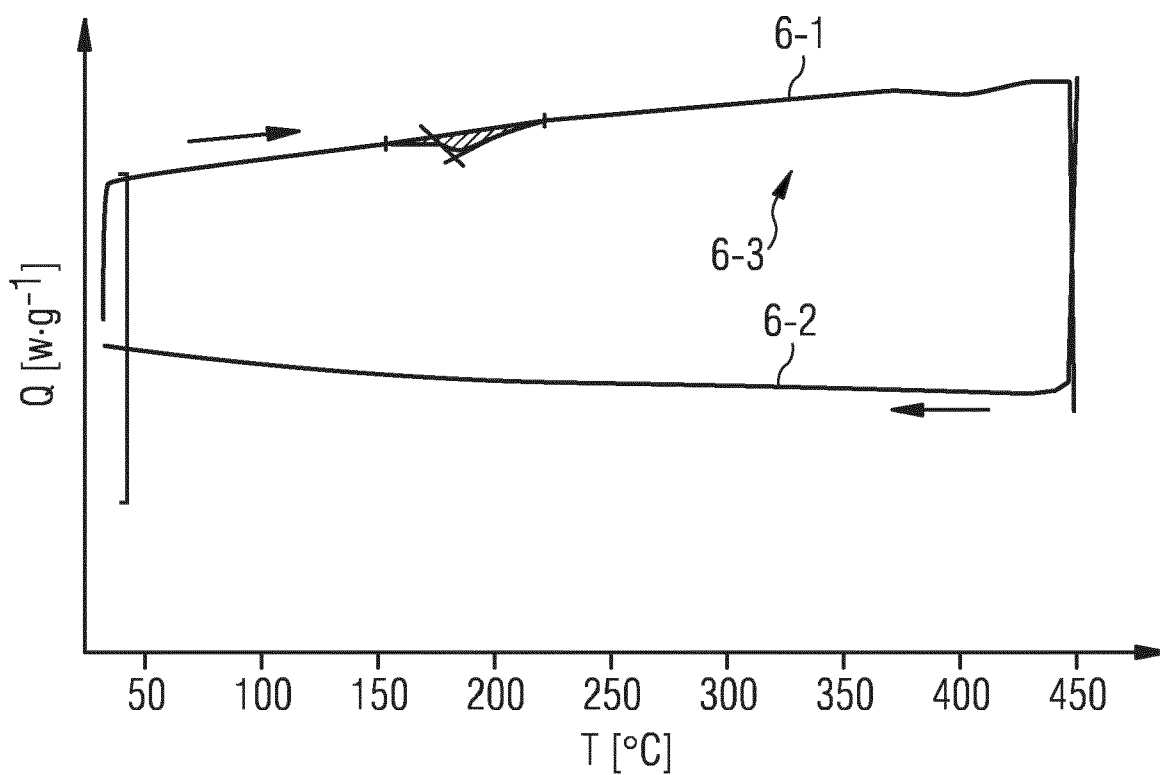
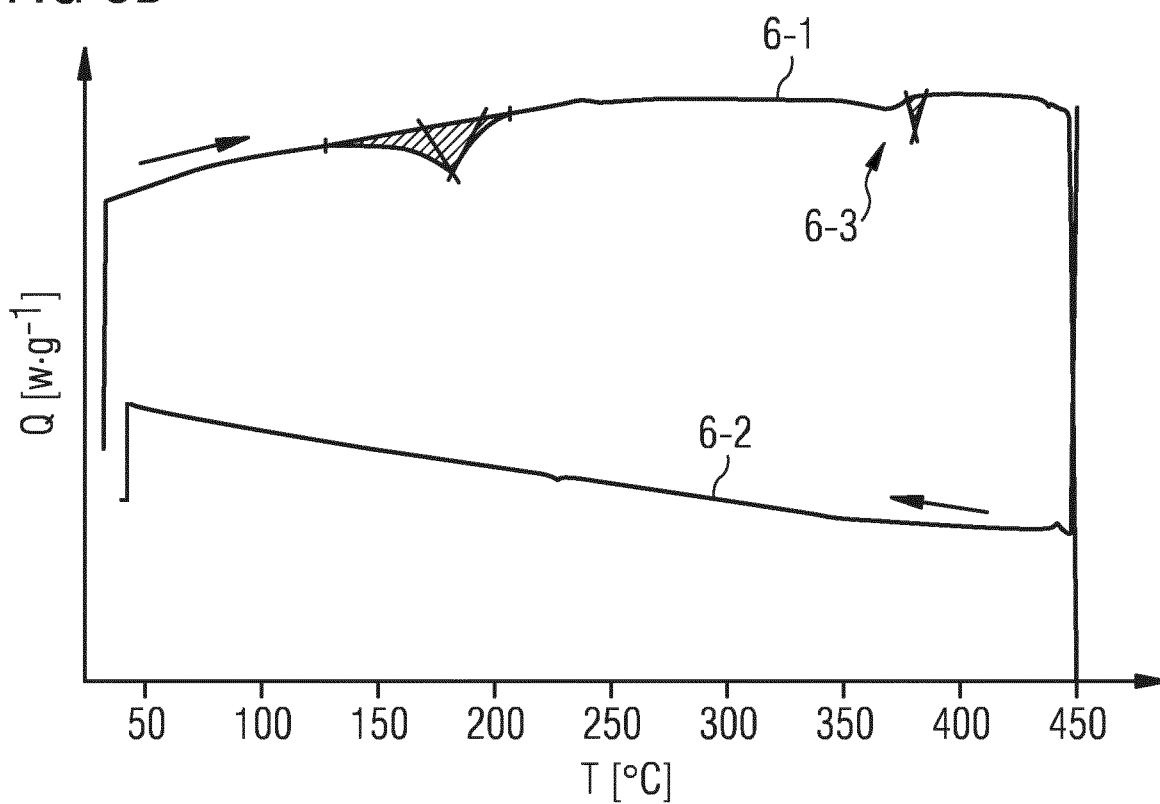


FIG 6B



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/078879

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
INV.	H01L21/58 B23K20/02	H01L21/60 B23K35/02
	H01L33/48 B23K35/26	H01L33/62 B23K35/30
		H05K3/34
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	WO 2006/074165 A2 (ROCKWELL SCIENT LICENSING LLC [US]) 13 July 2006 (2006-07-13) paragraph [0001] paragraph [0003] - paragraph [0004] paragraph [0007] paragraph [0025] - paragraph [0026] paragraph [0029] - paragraph [0040] paragraph [0042] paragraph [0046] paragraph [0051] - paragraph [0052] paragraph [0054] figure 3 ----- -/-	1,3,6, 11-15
☒ 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 23 February 2017		Date of mailing of the international search report 03/03/2017
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/EP2016/078879

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2011/099934 A1 (AGENCY SCIENCE TECH & RES [SG]; CHOI WON KYOUNG [SG]; PREMACHANDRAN CH) 18 August 2011 (2011-08-18)	1,3,6, 11-15
Y	paragraph [0004] paragraph [0011] paragraph [0040] paragraph [0043] paragraph [0062] - paragraph [0063] paragraph [0068] - paragraph [0070] paragraph [0079] - paragraph [0082] Absatz [0088] - Absatz [00132] Absatz [00169] figures 1-4	4
Y	----- US 2014/097534 A1 (CHANG JING-YAO [TW] ET AL) 10 April 2014 (2014-04-10) the whole document	1,3,4,6, 11-15
Y	----- CHANG T-C ET AL: "Dual-phase solid-liquid interdiffusion bonding, a solution for the die attachment of WBG", ELECTRONIC MATERIALS AND PACKAGING (EMAP), 2012 14TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, 13 December 2012 (2012-12-13), pages 1-5, XP032383448, DOI: 10.1109/EMAP.2012.6507922 ISBN: 978-1-4673-4945-1 the whole document	1,3,4,6, 11-15
Y	----- WO 2009/026030 A1 (CREE INC [US]; DONOFRIO MATTHEW [US]; SLATER DAVID B [US]; EDMOND JOHN) 26 February 2009 (2009-02-26) paragraph [0013] - paragraph [0015] paragraph [0029] paragraph [0046] paragraph [0054] paragraph [0058] - paragraph [0072] paragraph [0075] claims 19-20 figures 13-15	1,3,4,6, 11-15
Y	----- DE 10 2007 029891 A1 (CREE INC [US]) 3 January 2008 (2008-01-03) paragraph [0004] paragraph [0025] - paragraph [0056] paragraph [0060] - paragraph [0081] paragraph [0089] - paragraph [0090] figures 1-4, 7-9 ----- -/-	1,3,4,6, 11-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/078879

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 2013/140936 A1 (HITACHI LTD [JP]) 26 September 2013 (2013-09-26) paragraph [0019] - paragraph [0022] paragraph [0028] - paragraph [0031] figures 6-7 -----	1,3,4,6, 11-15
A	US 2014/175495 A1 (CHUANG TUNG-HAN [TW] ET AL) 26 June 2014 (2014-06-26) the whole document -----	11,13
A	-: "Liste der chemischen Elemente", WIKIPEDIA, 15 October 2015 (2015-10-15), XP055347251, Retrieved from the Internet: URL: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Liste_der_chemischen_Elemente&oldid=147037150 [retrieved on 2017-02-17] the whole document -----	12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2016/078879

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.: 2, 5, 7-10
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:

See Supplemental Sheet PCT/ISA/210

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:

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.:

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.

Continuation of Box II.2

Claims 2, 5, 7-10

Reference is made to the following document:

D1 “List of the chemical elements” , WIKIPEDIA, 15 October 2015, found on the Internet:
URL:https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Liste_der_chemischen_Elemente&oldid=147037150

The application relates to a connection element having preferably two phases, the compositions of which are specified on page 9, line 31 - page 10, line 7 of the description. However, it is not disclosed in detail how such a connection element is to be produced. On page 10, lines 9-12, the layer thicknesses of the two phases are specified in general terms (in very wide ranges), but neither the individual thicknesses of the initial layers of the metals Me1-Me5 nor the ratio of thicknesses of the two phases in the produced connection element are specified. Therefore, a person skilled in the art has no knowledge of the total quantities of the materials Me1-Me5 or of their ratios required to calculate the corresponding thicknesses of the input layers Me1-Me5 from the compositions of the two phases. On page 25, line 17 - page 26, line 8, specific thicknesses of Ni, In, Sn, Au and Ag layers are stated, but the alloys resulting therefrom do not correspond to the compositions stated on page 9, line 31 - page 10, line 7: an In layer having a thickness of 300 nm and a Sn layer having a thickness of 450 nm correspond (with respect to the densities (d): $d_{\text{In}} = 7.31 \text{ g/cm}^3$, $d_{\text{Sn}} = 7.29 \text{ g/cm}^3$ - see the corresponding lines of the table in D1) to a In:Sn weight ratio of 0.69, i.e. less In than Sn, but according to page 10, line 2 and page 10, line 7 both the first phase and the second phase contain more In (Me2) than Sn (Me3) (Me2 = In and Me3 = Sn according to page 7, line 33 - page 8, line 1). The same also applies for Au and Ag: on page 26, lines 2-4, the thicknesses of Au = 40 nm and Ag = 100 nm are disclosed which, with respect to their densities ($d_{\text{Au}} = 19.32 \text{ g/cm}^3$, $d_{\text{Sn}} = 10.49 \text{ g/cm}^3$) leads to a Au:Ag weight ratio of 0.40, i.e. less Au than Ag, but according to page 10, line 2, and page 10, line 7, both the first and the second phase contain more Au (Me4) than Ag (Me5) (Me4 = Au and Me5 = Ag according to page 8, line 1, and page 9, line 24). Consequently, the disclosure on page 9, line 31 - page 10, line 7 is inconsistent with the specific example on page 25, line 17 - page 26, line 8. Therefore, the application lacks disclosure as regards the production of the connection element with the composition as specified on page 9, line 32 - page 10, line 7. Not mentioned either is an example of an initial layer arrangement which results in a one-phase connection element (cf. the embodiments of figures 2-5, in which two phases (31, 32) result always from the connection). No mention is made of a detailed example of an initial layer arrangement which results in a two-layered connection element (the thicknesses of the individual layers Me1-Me5 are not disclosed for the embodiment of figure 2). With reference to claims 2, 5 and 7-10, in which the composition of the connection element is claimed, the application thus does not specify any example of a connection element with a specific composition of the produced connection element and whose production is at the same time sufficiently disclosed (PCT Article 5).

Owing to this deficiency (PCT Article 5), the subject matter of claims 2, 5 and 7-10 was therefore not searched.

The applicant is advised that claims relating to inventions in respect of which no international search report has been established cannot normally be the subject of an international preliminary examination (PCT Rule 66.1(e)). In its capacity as International Preliminary Examining Authority the EPO generally will not carry out a preliminary examination for subject matter that has not been searched. This also applies in cases where the claims were amended after receipt of the international search report (PCT Article 19) or where the applicant submits new claims in the course of the procedure under PCT Chapter II. However, after entry into the regional phase before the EPO an additional search may be carried out in the course of the examination (cf. EPO Guidelines, C-IV, 7.2) if the deficiencies that led to the declaration under PCT Article 17(2) have been corrected.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/078879

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2006074165 A2	13-07-2006	TW 200711069 A US 2006151871 A1 US 2008211104 A1 US 2010127046 A1 WO 2006074165 A2	16-03-2007 13-07-2006 04-09-2008 27-05-2010 13-07-2006
WO 2011099934 A1	18-08-2011	SG 182771 A1 US 2013037603 A1 WO 2011099934 A1	27-09-2012 14-02-2013 18-08-2011
US 2014097534 A1	10-04-2014	CN 103715178 A TW 201415592 A US 2014097534 A1	09-04-2014 16-04-2014 10-04-2014
WO 2009026030 A1	26-02-2009	CN 101828274 A CN 102447025 A EP 2183793 A1 TW 200915625 A US 2008210971 A1 US 2011180839 A1 WO 2009026030 A1	08-09-2010 09-05-2012 12-05-2010 01-04-2009 04-09-2008 28-07-2011 26-02-2009
DE 102007029891 A1	03-01-2008	CN 101097847 A CN 101958379 A DE 102007029891 A1 JP 2008016843 A TW 200812121 A TW 201526313 A US 2008003777 A1	02-01-2008 26-01-2011 03-01-2008 24-01-2008 01-03-2008 01-07-2015 03-01-2008
WO 2013140936 A1	26-09-2013	JP 5677346 B2 JP 2013197427 A WO 2013140936 A1	25-02-2015 30-09-2013 26-09-2013
US 2014175495 A1	26-06-2014	CN 103887404 A KR 20140081654 A TW 201427113 A US 2014175495 A1	25-06-2014 01-07-2014 01-07-2014 26-06-2014

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	H01L21/58 B23K20/02	H01L21/60 B23K35/02
	H01L33/48 B23K35/26	H01L33/62 B23K35/30
	H05K3/34	
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	WO 2006/074165 A2 (ROCKWELL SCIENT LICENSING LLC [US]) 13. Juli 2006 (2006-07-13) Absatz [0001] Absatz [0003] - Absatz [0004] Absatz [0007] Absatz [0025] - Absatz [0026] Absatz [0029] - Absatz [0040] Absatz [0042] Absatz [0046] Absatz [0051] - Absatz [0052] Absatz [0054] Abbildung 3 ----- - / - -	1,3,6, 11-15
☒ 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 23. Februar 2017		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 03/03/2017
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.
X	WO 2011/099934 A1 (AGENCY SCIENCE TECH & RES [SG]; CHOI WON KYOUNG [SG]; PREMACHANDRAN CH) 18. August 2011 (2011-08-18)	1,3,6, 11-15
Y	Absatz [0004] Absatz [0011] Absatz [0040] Absatz [0043] Absatz [0062] - Absatz [0063] Absatz [0068] - Absatz [0070] Absatz [0079] - Absatz [0082] Absatz [0088] - Absatz [00132] Absatz [00169] Abbildungen 1-4	4
Y	----- US 2014/097534 A1 (CHANG JING-YAO [TW] ET AL) 10. April 2014 (2014-04-10) das ganze Dokument	1,3,4,6, 11-15
Y	----- CHANG T-C ET AL: "Dual-phase solid-liquid interdiffusion bonding, a solution for the die attachment of WBG", ELECTRONIC MATERIALS AND PACKAGING (EMAP), 2012 14TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, 13. Dezember 2012 (2012-12-13), Seiten 1-5, XP032383448, DOI: 10.1109/EMAP.2012.6507922 ISBN: 978-1-4673-4945-1 das ganze Dokument	1,3,4,6, 11-15
Y	----- WO 2009/026030 A1 (CREE INC [US]; DONOFRIO MATTHEW [US]; SLATER DAVID B [US]; EDMOND JOHN) 26. Februar 2009 (2009-02-26) Absatz [0013] - Absatz [0015] Absatz [0029] Absatz [0046] Absatz [0054] Absatz [0058] - Absatz [0072] Absatz [0075] Ansprüche 19-20 Abbildungen 13-15	1,3,4,6, 11-15
Y	----- DE 10 2007 029891 A1 (CREE INC [US]) 3. Januar 2008 (2008-01-03) Absatz [0004] Absatz [0025] - Absatz [0056] Absatz [0060] - Absatz [0081] Absatz [0089] - Absatz [0090] Abbildungen 1-4, 7-9 ----- -/-	1,3,4,6, 11-15

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 2013/140936 A1 (HITACHI LTD [JP]) 26. September 2013 (2013-09-26) Absatz [0019] - Absatz [0022] Absatz [0028] - Absatz [0031] Abbildungen 6-7 -----	1,3,4,6, 11-15
A	US 2014/175495 A1 (CHUANG TUNG-HAN [TW] ET AL) 26. Juni 2014 (2014-06-26) das ganze Dokument -----	11,13
A	-: "Liste der chemischen Elemente", WIKIPEDIA, 15. Oktober 2015 (2015-10-15), XP055347251, Gefunden im Internet: URL: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Liste_der_chemischen_Elemente&oldid=147037150 [gefunden am 2017-02-17] das ganze Dokument -----	12

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. 2, 5, 7-10
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
siehe BEIBLATT PCT/ISA/210

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:

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:

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

Fortsetzung von Feld II.2

Ansprüche Nr.: 2, 5, 7-10

Es wird auf das folgende Dokument verwiesen:

D1 "Liste der chemischen Elemente", WIKIPEDIA, 15. Oktober 2015,
Gefunden im Internet:
URL:https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Liste_der_chemischen_Elements&oldid=147037150

Die Anmeldung betrifft ein Verbindungselement mit vorzugsweise zwei Phasen, deren Zusammensetzungen auf S. 9, Z. 31 - S. 10, Z. 7 der Beschreibung angegeben werden. Darin wird aber nicht detailliert offenbart, wie ein solches Verbindungselement herzustellen ist. Auf S. 10, Z. 9-12 werden zwar die Schichtdicken der zwei Phasen im Allgemeinen (in sehr breiten Bereichen) angegeben, jedoch nicht spezifisch die Einzeldicken der Ausgangsschichten der Metalle Me1-Me5 noch das Verhältnis der Dicken der zwei Phasen in dem hergestellten Verbindungselement. Der Fachmann weiß deswegen nicht, was die Gesamtmengen der Materialien Me1-Me5, oder deren Verhältnisse, sein sollten, was notwendig wäre, um die entsprechenden Dicken der Eingangsschichten Me1-Me5 aus den Zusammensetzungen der zwei Phasen zu berechnen. Auf S. 25, Z. 17 - S. 26, Z. 8 werden zwar spezifische Dicken der Ni, In, Sn, Au und Ag Schichten angegeben, jedoch entsprechen die daraus resultierenden Legierungen den auf S. 9, Z. 31 - S. 10, Z. 7 angegebenen Zusammensetzungen nicht: eine 300 nm dicke In-Schicht und eine 450 nm dicke Sn-Schicht entsprechen (mit Bezug auf die Dichten (d): $d_{\text{In}} = 7,31 \text{ g/cm}^3$, $d_{\text{Sn}} = 7,29 \text{ g/cm}^3$ - siehe die entsprechenden Zeilen der Tabelle von D1) einem In:Sn-Gewichtverhältnis von 0,69, d.h. mit weniger In als Sn, jedoch gemäß S. 10, Z. 2 und S. 10, Z. 7 haben sowohl die erste Phase als auch die zweite Phase mehr In (Me2) als Sn (Me3) (Me2=In und Me3=Sn gemäß S. 7, Z. 33 - S. 8, Z. 1). Ähnliches gilt auch für Au und Ag: auf S. 26, Z. 2-4 werden die Dicken von 40 nm Au und 100 nm Ag offenbart, was mit Bezug auf deren Dichten ($d_{\text{Au}} = 19,32 \text{ g/cm}^3$, $d_{\text{Sn}} = 10,49 \text{ g/cm}^3$) zu einem Au:Ag-Gewichtverhältnis von 0,40 führt, d.h. mit weniger Au als Ag, jedoch gemäß S. 10, Z. 2 und S. 10, Z. 7 haben sowohl die erste als auch die zweite Phase mehr Au (Me4) als Ag (Me5) (Me4=Au und Me5=Ag laut S. 8, Z. 1 und S. 9, Z. 24). Die Offenbarung auf S. 9, Z. 31 - S. 10, Z. 7 ist deswegen mit dem spezifischen Beispiel auf S. 25, Z. 17 - S. 26, Z. 8 inkonsistent und somit fehlt der Anmeldung an Offenbarung, was die Herstellung des Verbindungselements mit Zusammensetzung wie auf S. 9, Z. 32 - S. 10, Z. 7 angegeben betrifft. Es wird auch kein Beispiel einer Ausgangsschichtanordnung erwähnt, die in einem einphasigen Verbindungselement resultiert (vgl. die Ausführungsformen von Abb. 2-5, wobei immer zwei Phasen (31, 32) nach der Verbindung entstehen) und auch kein detailliertes Beispiel einer Ausgangsschichtanordnung, die in einem zweilagigen Verbindungselement resultiert (für die Ausführungsform von Fig. 2 werden die Dicken der Einzelschichten Me1-Me5 nicht offenbart). Damit verfügt die Anmeldung aber von keinem Beispiel eines Verbindungselements mit spezifischer Zusammensetzung des gefertigten Verbindungselements und gleichzeitig ausreichend offenkundiger Herstellung (Artikel 5 PCT), was die Ansprüche 2,

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

5 und 7-10 betrifft, in denen die Zusammensetzung des Verbindungselements beansprucht wird. Der Gegenstand der Ansprüche 2, 5 und 7-10 wurde wegen diesem Mangel nach Artikel 5 PCT nicht recherchiert.

Der Anmelder wird darauf hingewiesen, dass Patentansprüche auf Erfindungen, für die kein internationaler Recherchenbericht erstellt wurde, normalerweise nicht Gegenstand einer internationalen vorläufigen Prüfung sein können (Regel 66.1(e) PCT). In seiner Eigenschaft als mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde wird das EPA also in der Regel keine vorläufige Prüfung für Gegenstände durchführen, zu denen keine Recherche vorliegt. Dies gilt auch für den Fall, dass die Patentansprüche nach Erhalt des internationalen Recherchenberichtes geändert wurden (Art. 19 PCT), oder für den Fall, dass der Anmelder im Zuge des Verfahrens gemäss Kapitel II PCT neue Patentansprüche vorlegt. Nach Eintritt in die regionale Phase vor dem EPA kann jedoch im Zuge der Prüfung eine weitere Recherche durchgeführt werden (Vgl. EPA-Richtlinien C-IV, 7.2), sollten die Mängel behoben sein, die zu der Erklärung gemäss Art. 17 (2) PCT geführt haben.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/078879

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2006074165 A2	13-07-2006	TW 200711069 A US 2006151871 A1 US 2008211104 A1 US 2010127046 A1 WO 2006074165 A2	16-03-2007 13-07-2006 04-09-2008 27-05-2010 13-07-2006
WO 2011099934 A1	18-08-2011	SG 182771 A1 US 2013037603 A1 WO 2011099934 A1	27-09-2012 14-02-2013 18-08-2011
US 2014097534 A1	10-04-2014	CN 103715178 A TW 201415592 A US 2014097534 A1	09-04-2014 16-04-2014 10-04-2014
WO 2009026030 A1	26-02-2009	CN 101828274 A CN 102447025 A EP 2183793 A1 TW 200915625 A US 2008210971 A1 US 2011180839 A1 WO 2009026030 A1	08-09-2010 09-05-2012 12-05-2010 01-04-2009 04-09-2008 28-07-2011 26-02-2009
DE 102007029891 A1	03-01-2008	CN 101097847 A CN 101958379 A DE 102007029891 A1 JP 2008016843 A TW 200812121 A TW 201526313 A US 2008003777 A1	02-01-2008 26-01-2011 03-01-2008 24-01-2008 01-03-2008 01-07-2015 03-01-2008
WO 2013140936 A1	26-09-2013	JP 5677346 B2 JP 2013197427 A WO 2013140936 A1	25-02-2015 30-09-2013 26-09-2013
US 2014175495 A1	26-06-2014	CN 103887404 A KR 20140081654 A TW 201427113 A US 2014175495 A1	25-06-2014 01-07-2014 01-07-2014 26-06-2014