

(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  
15. November 2018 (15.11.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2018/206267 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01L 21/60 (2006.01) B22F 7/04 (2006.01)  
H01L 21/48 (2006.01) B22F 1/00 (2006.01)  
H05K 3/32 (2006.01) B23K 35/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/060155

(22) Internationales Anmeldedatum:  
20. April 2018 (20.04.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
17170737.5 12. Mai 2017 (12.05.2017) EP

(71) Anmelder: HERAEUS DEUTSCHLAND GMBH &  
CO. KG [DE/DE]; Heraeusstr. 12-14, 63450 Hanau (DE).

(72) Erfinder: SCHMITT, Wolfgang; Berliner Straße 6 d,  
63110 Rodgau (DE). SCHÄFER, Michael; Am Luhn-  
feld 42, 36093 KÜNZEL (DE). DUCH, Susanne Klau-  
dia; Friedrich-Ebert-Straße 75, 63486 Bruchköbel (DE).  
NACHREINER, Jens; Am Reitacker 17A, 36381 Schläch-  
tern (DE). CHEW, Ly May; Kinzigheimer Weg 6, 63486  
Bruchköbel (DE).

(74) Anwalt: HERAEUS IP; Heraeus Holding GmbH,  
Heraeusstr. 12 - 14, 63450 Hanau (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, JO, JP, KE, KG, KH, 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, 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)

(54) Title: METHOD FOR CONNECTING COMPONENTS BY MEANS OF A METAL PASTE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM VERBINDEN VON BAUELEMENTEN MITTELS METALLPASTE

(57) Abstract: The invention relates to a method for connecting components, comprising the following steps: (1) applying a metal paste containing an organic solvent to the contact surface of a first component; (2) optionally applying the metal paste to the contact surface of a second component to be connected to the first component; (3) producing a sandwich arrangement with the two components and a layer of the metal paste in-between; (4) drying the layer of metal paste between the components; and (5) pressureless sintering of the sandwich arrangement comprising the layer of dried metal paste, the drying and the pressureless sintering being performed by irradiation with IR radiation with a peak wavelength in the wavelength range of between 750 and 1500 nm. The components can be selected from the group consisting of substrates, active components and passive components. One or both of the components can be permeable to IR radiation. Step (4) and/or step (5) can be carried out in an atmosphere containing oxygen or an oxygen-free atmosphere. In both cases, at least one of the components can have an oxidation-sensitive contact surface.

(57) Zusammenfassung: Verfahren zum Verbinden von Bauelementen, umfassend die Schritte: (1) Aufträgen einer organischen Lösemittel enthaltenden Metallpaste auf die Kontaktfläche eines ersten Bauelementes, (2) gegebenenfalls Aufträgen der Metallpaste auf die Kontaktfläche eines mit dem ersten Bauelement zu verbindenden zweiten Bauelementes, (3) Herstellen einer Sandwichanordnung aus den beiden Bauelementen mit einer dazwischen befindlichen Schicht der Metallpaste, (4) Trocknen der zwischen den beiden Bauelementen befindlichen Schicht der Metallpaste, und (5) druckloses Sintern der die Schicht aus getrockneter Metallpaste umfassenden Sandwichanordnung, wobei das Trocknen und das drucklose Sintern unter Bestrahlen mit IR-Strahlung mit einer Peakwellenlänge im Wellenlängenbereich von 750 bis 1500 nm erfolgt. Die Bauelemente können aus der Gruppe bestehend aus Substraten, aktiven Bauelementen und passiven Bauelementen ausgewählt sein. Eines der oder beide Bauelemente können für die IR-Strahlung durchlässig sein. Schritt (4) und/oder Schritt (5) kann in einer Sauerstoff enthaltenden oder in sauerstofffreier Atmosphäre durchgeführt werden, wobei in beiden Fällen eines der oder beide Bauelemente eine oxidationsempfindliche Kontaktfläche besitzen können.



WO 2018/206267 A1

**VERFAHREN ZUM VERBINDEN VON BAUELEMENTEN MITTELS METALLPASTE**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verbinden von Bauelementen mittels Metallpaste.

5 Im Bereich der Leistungs- und Konsumerelektronik stellt das Verbinden von Bauelementen, die eine hohe Druck- und Temperaturempfindlichkeit aufweisen, eine besondere Herausforderung dar. Aus diesem Grund werden solche druck- und temperaturempfindlichen Bauelemente häufig durch Kleben miteinander verbunden. Die Klebetechnik besitzt jedoch den Nachteil, dass damit Kontaktstellen zwischen den Bauelementen geschaffen werden, die eine nur unzureichende Wärmeleitfähigkeit bzw. elektrische Leitfähigkeit aufweisen.

10 Eine bekannte Lösung dieses Problems besteht darin, zu verbindende Bauelemente drucklos durch Sintern zu verbinden. Druckloses Sintern stellt ein sehr einfaches Verfahren zum stabilen Verbinden von Bauelementen dar. Dabei wird üblicherweise eine organische Lösemittel enthaltende Metallpaste auf die zu verbindende Kontaktfläche eines der oder beider der zu verbindenden Bauelemente aufgetragen und die zu verbindenden Kontaktflächen werden zueinander  
15 gewandt mit der dazwischen befindlichen Schicht der Metallpaste miteinander in Kontakt gebracht unter Ausbildung einer Sandwichanordnung. Dabei bilden die beiden zueinander gewandten Kontaktflächen der Bauelemente eine gemeinsame Überlappungsfläche. Es folgen ein Trocknungsschritt bei erhöhter Temperatur und ein sich daran anschließender bei weiter erhöhter Temperatur drucklos (ohne Pressen) durchgeführter Sinterschritt, in dessen Verlauf die feste  
20 mechanische Verbindung zwischen den Bauelementen entsteht. Trocknung und Sintern erfolgen üblicherweise in Konvektionsöfen. Je nach Größe der Verbindungs- bzw. Kontaktfläche respektive Überlappungsfläche der zu verbindenden Bauelemente beispielsweise im Bereich von 1 bis 25 mm<sup>2</sup> benötigt dieser Trocknungsvorgang des Standes der Technik eine Zeitdauer im Bereich von 30 bis 180 Minuten bei Ofentemperaturen im Bereich von 100 bis 160 °C. Bei  
25 Wahl einer zu kurzen Trocknungsdauer bilden sich häufig unerwünschte Fehlstellen wie beispielsweise Lunker in der noch zu sinternden Schicht aus. Derartige Poren oder Fehlstellen können die spätere Verbindung in Form der dann gesinterten Schicht nicht nur mechanisch, sondern auch hinsichtlich ihrer elektrischen Leitfähigkeit sowie Wärmeleitfähigkeit schwächen.

Die vorliegende Erfindung besteht darin, sowohl das Trocknen als auch das drucklose Sintern  
30 nicht durch Konvektion sondern mittels IR-Strahlung (Infrarotstrahlung) zu bewirken.

## 2

Es handelt sich bei dem erfindungsgemäßen Verfahren um ein Verfahren zum Verbinden von Bauelementen, umfassend die Schritte:

- (1) Auftragen einer organischen Lösemittel enthaltenden Metallpaste auf die Kontaktfläche eines ersten Bauelementes,
- 5 (2) gegebenenfalls Auftragen der Metallpaste auf die Kontaktfläche eines mit dem ersten Bauelement zu verbindenden zweiten Bauelementes,
- (3) Herstellen einer Sandwichanordnung aus den beiden Bauelementen mit einer dazwischen befindlichen Schicht der Metallpaste,
- (4) Trocknen der zwischen den beiden Bauelementen befindlichen Schicht der Metallpaste, und
- 10 (5) druckloses Sintern der die Schicht aus getrockneter Metallpaste umfassenden Sandwichanordnung,

dadurch gekennzeichnet, dass das Trocknen und das drucklose Sintern unter Bestrahlen mit IR-Strahlung (Infrarotstrahlung) mit einer Peakwellenlänge im Wellenlängenbereich von 750 bis 1500 nm erfolgt.

- 15 Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst die Schritte (1) bis (5). Dabei handelt es sich insbesondere um aufeinander folgende Schritte, speziell um direkt aufeinander folgende Schritte ohne Zwischenschritte.

Im Rahmen der Erfindung soll der Begriff Bauelement vorzugsweise Einzelteile umfassen. Diese Einzelteile sind vorzugsweise nicht weiter zerlegbar.

- 20 Die Bauelemente haben jeweils eine, gegebenenfalls auch mehrere Kontaktflächen. Die Kontaktflächen sind im Allgemeinen metallisch, beispielsweise in Form einer Metallisierungsschicht. Das Metall der Bauelemente oder der Kontaktflächen kann reines Metall oder eine Legierung des Metalls sein. Beispiele für das Metall sind Aluminium, Kupfer, Silber, Gold, Nickel, Palladium, Eisen und Platin.
- 25 Die Kontaktfläche der im erfindungsgemäßen Verfahren verwendeten Bauelemente liegt im Bereich von beispielsweise 1 bis 150 mm<sup>2</sup>, insbesondere >20 bis 150 mm<sup>2</sup>, speziell 40 bis 150 mm<sup>2</sup>. Vorteilhaft ist, dass das erfindungsgemäße Verfahren gerade auch mit Bauelementen mit großer Kontaktfläche bei dennoch vertretbar kurzer Dauer von Trocknung und drucklosem Sin-

tern durchgeführt werden kann, ohne dabei eine Bildung von Fehlstellen der vorerwähnten Art in Kauf nehmen zu müssen.

Das erste und das damit zu verbindende zweite Bauelement können von derselben Art sein, d.h. es kann sich beispielsweise in beiden Fällen um Substrate handeln, oder es handelt sich jeweils um aktive oder passive Bauelemente oder um ein aktives und ein passives Bauelement. Es kann aber auch sein, dass es sich bei dem einen Bauelement um ein Substrat und bei dem anderen Bauelement um ein aktives oder passives Bauelement handelt, oder umgekehrt. Bei den Substraten, den aktiven und den passiven Bauelementen handelt es sich insbesondere um Teile, die in der Elektronik verwendet werden.

10 Beispielsweise lassen sich so folgende Ausführungsformen unterscheiden:

<b>Erstes Bauelement:</b>	<b>Zweites Bauelement:</b>
Substrat	Substrat
Aktives Bauelement	Passives Bauelement
Passives Bauelement	Aktives Bauelement
Aktives Bauelement	Aktives Bauelement
Passives Bauelement	Passives Bauelement
Substrat	Aktives Bauelement
Substrat	Passives Bauelement
Passives Bauelement	Substrat
Aktives Bauelement	Substrat

Beispiele für Substrate sind IMS-Substrate (insulated metal-Substrate), DCB-Substrate (direct copper bonded-Substrate), AMB-Substrate (active metal braze-Substrate), keramische Substrate, PCBs (printed circuit boards) und Leadframes.

Beispiele für aktive Bauelemente sind Dioden, LEDs (light emitting diodes, lichtemittierende Dioden), Dies (Halbleiterchips), IGBTs (insulated-gate bipolar transistors, Bipolartransistoren mit isolierter Gate-Elektrode), ICs (integrated circuits, integrierte Schaltungen) und MOSFETs (metal-oxide-semiconductor field-effect transistors, Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistoren).

- 5 Beispiele für passive Bauelemente sind Sensoren, Bodenplatten, Kühlkörper, Widerstände, Kondensatoren und Spulen.

In Schritt (1) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird eine organische Lösemittel enthaltende Metallpaste auf die Kontaktfläche eines ersten Bauelementes aufgetragen.

- 10 Bei der organischen Lösemittel enthaltenden Metallpaste handelt es sich um eine übliche dem Fachmann als Mittel zur Herstellung einer Sinterverbindung zwischen Bauelementen bzw. deren Kontaktflächen bekannte Metallpaste, auch bezeichnet als Metallsinterpaste. Solche Metallpasten enthalten beispielsweise 25 bis 90 Gew.-% sinterfähige Metallpartikel, insbesondere Silber-, Silberlegierungs-, Kupfer- und/oder Kupferlegierungspartikel; 5 bis 30 Gew.-% organisches Lösemittel; 0 bis 65 Gew.-% Metallvorläuferverbindungen (Metallprekursoren), insbesondere Silberoxid, Silbercarbonat; 0 bis 5 Gew.-% Sinterhilfsmittel, beispielsweise Peroxide, Formiate; und 0 bis 5 Gew.-% andere Additive, beispielsweise gesättigte Fettsäuren und/oder Polymere wie Ethylcellulose oder Polyimid.

- 20 Solche Metallpasten sind in vielfältigen Ausführungsformen beispielsweise in WO 2016/071005 A1, EP 3 009 211 A1, WO 2016/028221 A1, WO 2015/193014 A1, WO 2014/177645 A1, WO 2014/170050 A1, WO 2011/026624 A1, WO 2011/026623 A1, EP 2 572 814 A1, EP 2 425 920 A1 und EP 2 158 997 A2 offenbart.

- 25 Die Auftragung der Metallpaste auf die Kontaktfläche des ersten Bauelements kann mittels herkömmlicher Verfahren erfolgen, beispielsweise mittels Druckverfahren wie Siebdruck, Schablonendruck oder Jetten. Andererseits kann die Auftragung der Metallpaste auch mittels Dispensetechnik, mittels Pintransfer oder durch Dippen erfolgen.

Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst einen optionalen Schritt (2). Falls Schritt (2) stattfindet, so wird die schon vorerwähnte Metallpaste auch auf die Kontaktfläche des zweiten Bauelementes aufgetragen. Mögliche Auftragungsmethoden sind die schon Vorerwähnten.

- 30 In Schritt (3) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird eine Sandwichanordnung aus den beiden Bauelementen mit der zwischen den beiden Bauelementen befindlichen Metallpaste hergestellt. Dazu wird entweder das erste Bauelement mit seiner mit der Metallpaste versehenen Kontakt-

fläche auf die gegebenenfalls ebenfalls mit der Metallpaste versehene Kontaktfläche des zweiten Bauelements aufgesetzt oder das zweite Bauelement wird mit seiner gegebenenfalls mit der Metallpaste versehenen Kontaktfläche auf die mit der Metallpaste versehene Kontaktfläche des ersten Bauelements aufgesetzt. Im Ergebnis befindet sich zwischen den zu verbindenden Bauelementen eine Schicht der Metallpaste.

Die Nassschichtdicke der Schicht der Metallpaste zwischen den Bauelementen liegt vorzugsweise im Bereich von 20 bis 200  $\mu\text{m}$ . Unter Nassschichtdicke wird hier der Abstand zwischen den einander zugewandten bzw. gegenüberliegenden Kontaktflächen der Bauelemente vor dem Trocknen verstanden. Die Nassschichtdicke kann beispielsweise abhängig sein vom gewählten Verfahren zum Auftragen der Metallpaste. Bei mittels Siebdruckverfahren aufgetragener Metallpaste kann die Nassschichtdicke beispielsweise im Bereich von 20 bis 50  $\mu\text{m}$  liegen, bei Schablonendruck beispielsweise im Bereich von 50 bis 200  $\mu\text{m}$ , bei Dispensauftrag beispielsweise im Bereich von 20 bis 100  $\mu\text{m}$  und bei Auftrag durch Jetten beispielsweise im Bereich von 20 bis 70  $\mu\text{m}$ .

In Schritt (4) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die zwischen den Kontaktflächen der beiden Bauelemente befindliche Schicht der Metallpaste getrocknet. Bei der Trocknung wird organisches Lösemittel aus der Metallpaste entfernt. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform liegt der Anteil an organischem Lösemittel in der getrockneten Metallpaste beispielsweise bei 0 bis 5 Gew.-% oder 0 bis <1 Gew.-% bezogen auf den ursprünglichen Anteil an organischem Lösemittel in der Metallpaste, d.h. applikationsbereiten Metallpaste. Mit anderen Worten, gemäß dieser bevorzugten Ausführungsform werden beispielsweise 95 bis 100 Gew.-% oder >99 bis 100 Gew.-% des oder der ursprünglich in der Metallpaste enthaltenen organischen Lösemittel bei der Trocknung entfernt.

Das Trocknen erfolgt unter Bestrahlen mit IR-Strahlung mit einer Peakwellenlänge im Wellenlängenbereich von 750 bis 1500 nm, bevorzugt von 750 bis 1200 nm. Falls gewünscht kann zugleich eine Unterstützung durch Konvektion stattfinden, dies ist jedoch weder notwendig noch bevorzugt. Mit anderen Worten, es ist nicht nur möglich, sondern auch bevorzugt das Trocknen alleinig durch das Bestrahlen mit IR-Strahlung mit einer Peakwellenlänge im Wellenlängenbereich von 750 bis 1500 nm, bevorzugt von 750 bis 1200 nm zu bewirken.

Beispiele für für solche IR-Strahlung verwendbare Strahlungsquellen umfassen übliche NIR-Strahler (Nahinfrarot-Strahler). Solche NIR-Strahler sind beispielsweise von Heraeus erhältlich. Es kann sich bei den NIR-Strahlern beispielsweise um Hochleistungskurzwellenstrahler handeln. Der oder die einzelnen NIR-Strahler können mit einer Leistung beispielsweise im Bereich

von 15 bis 100 W/cm (Watt pro Zentimeter Strahlerlänge), bevorzugt im Bereich von 20 bis 50 W/cm betrieben werden. Die Strahleroberflächentemperatur (Glühwendeltemperatur) der NIR-Strahler liegt dabei beispielsweise im Bereich von 1800 bis 3000 °C, bevorzugt im Bereich von 1850 bis 2500 °C. Geeignete NIR-Strahler haben beispielsweise ein Emissionsspektrum mit  
5 einem Maximum im Bereich von 750 bis 1500 nm, bevorzugt von 750 bis 1200 nm, insbesondere zwischen 750 und 1500 nm oder zwischen 750 und 1200 nm.

Die IR-Bestrahlung kann statisch oder in einer Durchlaufanlage erfolgen, wobei die zu bestrahlenden Sandwichanordnungen aus Bauelementen mit dazwischen befindlicher zu trocknender Metallpaste und/oder die IR-Strahlungsquelle oder -quellen relativ zueinander bewegt werden.

10 Eines der oder beide Bauelemente sind für die IR-Strahlung durchlässig, d.h. teilweise oder vollständig und in jedem Falle hinreichend durchlässig für die Zwecke des erfindungsgemäßen Verfahrens. Mit anderen Worten, wenigstens eines der Bauelemente absorbiert die IR-Strahlung nicht vollständig. Die IR-Bestrahlung erfolgt durch das eine oder durch beide für die IR-Strahlung durchlässigen Bauelemente hindurch. Bevorzugt ist der Fall, bei dem die IR-  
15 Bestrahlung nur durch eines oder das eine für die IR-Strahlung durchlässige Bauelement hindurch erfolgt. Bevorzugt erfolgt die IR-Bestrahlung von oberhalb durch das oben befindliche Bauelement hindurch. Beispiele für für die IR-Strahlung durchlässige Bauelemente sind Substrate wie keramische Substrate, aktive Bauelemente wie Dioden, LEDs, Dies, IGBTs, ICs, MOSFETs, und passive Bauelemente wie Sensoren, keramische Kühlkörper, Widerstände,  
20 Kondensatoren und Spulen.

Der Abstand zwischen IR-Strahlungsquelle oder - genauer - zwischen Strahlenaustrittsfläche der IR-Strahlungsquelle oder -quellen und der zu trocknenden Schicht der Metallpaste liegt beispielsweise im Bereich von 1 bis 50 cm, bevorzugt 5 bis 20 cm.

Die zueinander gewandten Kontaktflächen der beiden Bauelemente bilden eine gemeinsame  
25 Überlappungsfläche miteinander. Im Allgemeinen wird dabei die Kontaktfläche des Bauelements mit der kleineren Kontaktfläche vollständig ausgenutzt, d.h. im Allgemeinen entspricht die Größe der Überlappungsfläche der der vollständigen Kontaktfläche des Bauelements mit der kleineren Kontaktfläche.

Je nach Größe der aus den zueinander gewandten Kontaktflächen der beiden Bauelemente  
30 gebildeten gemeinsamen Überlappungsfläche beispielsweise im Bereich von 1 bis 150 mm<sup>2</sup> benötigt der insbesondere alleinig durch die IR-Bestrahlung bewirkte Trocknungsvorgang eine Zeitdauer beispielsweise im Bereich von lediglich 1 bis 60 Minuten und ist damit bedeutend kür-

zer als im Falle der vorerwähnten Ofentrocknung gemäß Stand der Technik. Qualitätsnachteile entstehen keine beim Vergleich mit der Ofentrocknung. Bei kleinen Überlappungsflächen am unteren Ende des genannten Bereichs reichen kurze Trocknungsdauern aus, bei großen Überlappungsflächen bewegen sich die Trocknungsdauern am oberen Ende des genannten Bereichs.

Der Fachmann kann die IR-Bestrahlungsparameter und/oder die Trocknungsdauer für Schritt (4) so auswählen, dass ein Sintern oder Ansintern der trocknenden oder getrockneten Metallpaste vermieden werden kann.

In Schritt (5) des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die die Schicht der getrockneten Metallpaste umfassende Sandwichanordnung drucklos gesintert.

Das drucklose Sintern erfolgt wie beim Trocknen gemäß Schritt (4) ebenfalls unter Bestrahlen mit besagter IR-Strahlung. Die Schritte (4) und (5) können dabei zweckmäßigerweise unmittelbar aneinander anschließen, beispielsweise indem die IR-Bestrahlung nach Beendigung des Trocknens gemäß Schritt (4) ohne Unterbrechung für die Zwecke von Schritt (5) fortgeführt wird. Die Schritte (4) und (5) können so praktisch miteinander verschmelzen. Es ist aber auch möglich, Schritt (4) und Schritt (5) mit dazwischen liegender Unterbrechung und zwischenzeitlicher Abkühlung durchzuführen.

Das drucklose Sintern erfolgt unter Bestrahlen mit IR-Strahlung mit einer Peakwellenlänge im Wellenlängenbereich von 750 bis 1500 nm, bevorzugt von 750 bis 1200 nm. Falls gewünscht kann zugleich eine Unterstützung durch Konvektion stattfinden, dies ist jedoch weder notwendig noch bevorzugt. Mit anderen Worten, es ist nicht nur möglich, sondern auch bevorzugt das drucklose Sintern wie im Falle des Trocknens alleinig durch das Bestrahlen mit IR-Strahlung mit einer Peakwellenlänge im Wellenlängenbereich von 750 bis 1500 nm, bevorzugt von 750 bis 1200 nm zu bewirken.

Bezüglich der Strahlungsquellen für die IR-Strahlung und deren Betriebszustände wird auf das im Zusammenhang mit Trocknungsschritt (4) Vorerwähnte verwiesen.

Die IR-Bestrahlung kann wie beim Trocknungsschritt (4) statisch oder in einer Durchlaufanlage erfolgen, wobei die zu bestrahlenden Sandwichanordnungen aus Bauelementen mit dazwischen befindlicher drucklos zu sinternder Metallpaste und/oder die IR-Strahlungsquelle oder -quellen relativ zueinander bewegt werden.

Die IR-Bestrahlung erfolgt wie beim Trocknungsschritt (4) durch das eine oder durch beide für die IR-Strahlung durchlässigen Bauelemente hindurch. Bevorzugt ist der Fall, bei dem die IR-Bestrahlung nur durch eines oder das eine für die IR-Strahlung durchlässige Bauelement hindurch erfolgt. Bevorzugt erfolgt die IR-Bestrahlung von oberhalb durch das oben befindliche Bauelement hindurch.

Der Abstand zwischen IR-Strahlungsquelle oder - genauer - zwischen Strahlenaustrittsfläche der IR-Strahlungsquelle oder -quellen und der drucklos zu sinternden Schicht der Metallpaste liegt beispielsweise im Bereich von 1 bis 50 cm, bevorzugt 5 bis 20 cm.

Je nach Größe der aus den zueinander gewandten Kontaktflächen der beiden Bauelemente gebildeten gemeinsamen Überlappungsfläche beispielsweise im Bereich von 1 bis 150 mm<sup>2</sup> benötigt das durch die IR-Bestrahlung bewirkte drucklose Sintern eine Zeitdauer beispielsweise im Bereich von lediglich 15 bis 90 Minuten. Qualitätsnachteile entstehen keine beim Vergleich mit einem drucklosen Sintern im Ofen. Bei kleinen Überlappungsflächen am unteren Ende des genannten Bereichs reichen kurze Zeitdauern für das drucklose Sintern aus, bei großen Überlappungsflächen bewegen sich die Zeitdauern am oberen Ende des genannten Bereichs.

Sowohl Schritt (4) als auch Schritt (5) können in einer Atmosphäre erfolgen, die keinen besonderen Beschränkungen unterliegt. So können Trocknen und druckloses Sintern in einer Atmosphäre durchgeführt werden, die Sauerstoff enthält, beispielsweise Luft. Vermutlich als Folge der durch das erfindungsgemäße Verfahren ermöglichten vergleichsweise kurzen Trocknungsdauer und ebenfalls kurzen Dauer des drucklosen Sinterns kann selbst im Falle von Bauelementen mit an sich oxidationsempfindlicher Kontaktfläche, wie beispielsweise einer Kupfer- oder Nickelkontaktfläche, in sauerstoffhaltiger Atmosphäre, beispielsweise Luft gearbeitet werden.

Falls gewünscht, ist es selbstverständlich auch möglich, das Trocknen und drucklose Sintern in sauerstofffreier Atmosphäre durchzuführen. Unter sauerstofffreier Atmosphäre ist im Rahmen der Erfindung eine Atmosphäre zu verstehen, deren Sauerstoffgehalt nicht mehr als 100 Vol.-ppm (Volumen-ppm), vorzugsweise nicht mehr als 10 Vol.-ppm und noch mehr bevorzugt nicht mehr als 1 Vol.-ppm beträgt.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass das erfindungsgemäße Verfahren zum Verbinden von Bauelementen Vorteile gegenüber dem mit Konvektion arbeitenden Stand der Technik aufweist wie eine Verkürzung der Trocknungsdauer und der Dauer des drucklosen Sinterns ohne Qualitätseinbußen, die Ausweitung der Anwendbarkeit der drucklosen Sinterverbindungstechnik

auch auf Bauelemente mit großer Kontaktfläche und die Nichtnotwendigkeit einer Inertisierung selbst im Falle des Arbeitens mit Bauelementen mit oxidationsempfindlicher Kontaktfläche, beispielsweise Kupfer- oder Nickelkontaktfläche.

Beispiele:

- 5 Referenzbeispiel 1, Herstellung einer Metallpaste: 85 Gew.-Teile Silberpartikel (mit 0,6 Gew.-% Laurinsäure/Stearinsäure im Gewichtsverhältnis 25:75 gecoatete Silberflakes), 7,4 Gew.-Teile  $\alpha$ -Terpineol, 7,4 Gew.-Teile Iso-Tridecanol und 0,2 Gew.-Teile Ethylcellulose wurden zu einer Metallpaste vermischt.

- 10 Referenzbeispiel 2, Applikation der Metallpaste aus Beispiel 1 und Bildung einer Sandwichanordnung: Die Metallpaste aus Beispiel 1 wurde mittels Schablonendruck auf ein DCB-Substrat in einer Nassschichtdicke von 75  $\mu\text{m}$  und mit einer Fläche von 4 mm  $\cdot$  4 mm vollflächig appliziert. Auf die so applizierte Paste wurde ein Siliziumchip mit seiner Silberkontaktfläche von 4 mm  $\cdot$  4 mm unter Bildung einer Sandwichanordnung mit einer gemeinsamen Überlappungsfläche von DCB-Substrat und Chip von 4 mm  $\cdot$  4 mm aufgesetzt.

- 15 Referenzbeispiel 3a, Trocknung der Sandwichanordnung aus Beispiel 2 in einem Ofen: Die gemäß Beispiel 2 geschaffene Sandwichanordnung wurde unter Stickstoffatmosphäre bei 150°C Ofentemperatur getrocknet bis auf einen Restlösemittelgehalt von < 0,5 Gew.-%, bezogen auf ursprünglich in der Metallpaste enthaltenes organisches Lösemittel (gravimetrisch bestimmt). Der Trocknungsvorgang benötigte 60 Minuten.

- 20 Referenzbeispiel 3b, Trocknung der Sandwichanordnung aus Beispiel 2 unter IR-Bestrahlung: Die gemäß Beispiel 2 geschaffene Sandwichanordnung wurde aus einem Abstand von 10 cm mit einem NIR-Strahler einer Länge von 30 cm, einer Leistung von 30 W/cm, einer Filamenttemperatur von 2009 °C und mit einer Peakwellenlänge von 1100 nm von oberhalb des Siliziumchips an der Luft bestrahlt und so vom organischen Lösemittel befreit bis auf einen  
25 Restlösemittelgehalt von < 0,5 Gew.-%, bezogen auf ursprünglich in der Metallpaste enthaltenes organisches Lösemittel (gravimetrisch bestimmt). Der allein durch die IR-Bestrahlung bewirkte Trocknungsvorgang benötigte 10 Minuten.

- Vergleichsbeispiel 4a, Drucklossintern der gemäß Beispiel 3a getrockneten Sandwichanordnung in einem Ofen: Die gemäß Beispiel 3a getrocknete Sandwichanordnung wurde in einem  
30 Konvektionsofen unter Stickstoffatmosphäre 60 Minuten bei 230 °C Ofentemperatur drucklos gesintert. Nach dem Abkühlen wurde die Haftung über die Scherfestigkeit bestimmt. Dabei wur-

den die Siliziumchips mit einem Schermeißel bei einer Geschwindigkeit von 0,3 mm/s bei 260 °C abgeschert. Die Kraft wurde mittels einer Kraftmessdose aufgenommen (Gerät DAGE 2000 der Firma DAGE, Deutschland). Scherfestigkeiten über 20 N/mm<sup>2</sup> stellen zufriedenstellende Ergebnisse dar. Gemessene Scherfestigkeit: 23 N/mm<sup>2</sup>.

5 Vergleichsbeispiel 4b, Drucklossintern der gemäß Beispiel 3b getrockneten Sandwichanordnung in einem Ofen: Die gemäß Beispiel 3b getrocknete Sandwichanordnung wurde in einem Konvektionsofen unter Stickstoffatmosphäre 60 Minuten bei 230 °C Ofentemperatur drucklos gesintert. Danach wurde die Haftung wie in Beispiel 4a über die Scherfestigkeit bestimmt. Gemessene Scherfestigkeit: 24 N/mm<sup>2</sup>.

10 Erfindungsgemäßes Beispiel 4c, Drucklossintern der gemäß Beispiel 3b getrockneten Sandwichanordnung unter IR-Bestrahlung: Die gemäß Beispiel 3b getrocknete Sandwichanordnung wurde aus einem Abstand von 10 cm mit einem NIR-Strahler einer Länge von 30 cm, einer Leistung von 30 W/cm, einer Filamenttemperatur von 2009 °C und mit einer Peakwellenlänge von 1100 nm 20 Minuten von oberhalb des Siliziumchips bestrahlt und so drucklos gesintert,  
15 indem der IR-Bestrahlungsvorgang aus Beispiel 3b ohne Unterbrechung fortgesetzt wurde. Danach wurde die Haftung wie in Beispiel 4a über die Scherfestigkeit bestimmt. Gemessene Scherfestigkeit: 21 N/mm<sup>2</sup>.

Referenzbeispiel 5, Applikation der Metallpaste aus Beispiel 1 und Bildung einer Sandwichanordnung: Die Metallpaste aus Beispiel 1 wurde mittels Schablonendruck auf ein DCB-Substrat  
20 in einer Nassschichtdicke von 75 µm und mit einer Fläche von 5 mm · 8 mm vollflächig appliziert. Auf die so applizierte Paste wurde ein Siliziumchip mit seiner Silberkontaktfläche von 5 mm · 8 mm unter Bildung einer Sandwichanordnung mit einer gemeinsamen Überlappungsfläche von DCB-Substrat und Chip von 5 mm · 8 mm aufgesetzt.

Referenzbeispiel 6a, Trocknung der Sandwichanordnung aus Beispiel 5 in einem Ofen: Die  
25 gemäß Beispiel 5 geschaffene Sandwichanordnung wurde unter Stickstoffatmosphäre bei 150 °C Ofentemperatur getrocknet bis auf einen Restlösemittelgehalt von < 0,5 Gew.-%, bezogen auf ursprünglich in der Metallpaste enthaltenes organisches Lösemittel (gravimetrisch bestimmt). Der Trocknungsvorgang benötigte 90 Minuten.

Referenzbeispiel 6b, Trocknung der Sandwichanordnung aus Beispiel 5 unter IR-Bestrahlung:  
30 Die gemäß Beispiel 5 geschaffene Sandwichanordnung wurde aus einem Abstand von 10 cm mit einem NIR-Strahler einer Länge von 30 cm, einer Leistung von 30 W/cm, einer Filamenttemperatur von 2009 °C und mit einer Peakwellenlänge von 1100 nm von oberhalb des

Siliziumchips an der Luft bestrahlt und so vom organischen Lösemittel befreit bis auf einen Restlösemittelgehalt von < 0,5 Gew.-%, bezogen auf ursprünglich in der Metallpaste enthaltenes organisches Lösemittel (gravimetrisch bestimmt). Der allein durch die IR-Bestrahlung bewirkte Trocknungsvorgang benötigte 20 Minuten.

- 5 Vergleichsbeispiel 7a, Drucklossintern der gemäß Beispiel 6a getrockneten Sandwichanordnung in einem Ofen: Die gemäß Beispiel 6a getrocknete Sandwichanordnung wurde in einem Konvektionsofen unter Stickstoffatmosphäre 60 Minuten bei 230 °C Ofentemperatur drucklos gesintert. Nach dem Abkühlen wurde die Haftung über die Scherfestigkeit bestimmt. Dabei wurden die Siliziumchips mit einem Schermeißel bei einer Geschwindigkeit von 0,3 mm/s bei  
10 260 °C abgeschert. Die Kraft wurde mittels einer Kraftmessdose aufgenommen (Gerät DAGE 2000 der Firma DAGE, Deutschland). Gemessene Scherfestigkeit: 22 N/mm<sup>2</sup>.

- Vergleichsbeispiel 7b, Drucklossintern der gemäß Beispiel 6b getrockneten Sandwichanordnung in einem Ofen: Die gemäß Beispiel 6b getrocknete Sandwichanordnung wurde in einem Konvektionsofen unter Stickstoffatmosphäre 60 Minuten bei 230 °C Ofentemperatur drucklos  
15 gesintert. Danach wurde die Haftung wie in Beispiel 7a über die Scherfestigkeit bestimmt. Gemessene Scherfestigkeit: 22 N/mm<sup>2</sup>.

- Erfindungsgemäßes Beispiel 7c, Drucklossintern der gemäß Beispiel 6b getrockneten Sandwichanordnung unter IR-Bestrahlung: Die gemäß Beispiel 6b getrocknete Sandwichanordnung wurde aus einem Abstand von 10 cm mit einem NIR-Strahler einer Länge von 30 cm, einer  
20 Leistung von 30 W/cm, einer Filamenttemperatur von 2009°C und mit einer Peakwellenlänge von 1100 nm 20 Minuten von oberhalb des Siliziumchips bestrahlt und so drucklos gesintert, indem der IR-Bestrahlungsvorgang aus Beispiel 6b ohne Unterbrechung fortgesetzt wurde. Danach wurde die Haftung wie in Beispiel 7a über die Scherfestigkeit bestimmt. Gemessene Scherfestigkeit: 23 N/mm<sup>2</sup>.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Verbinden von Bauelementen, umfassend die Schritte:
  - 5 (1) Auftragen einer organischen Lösemittel enthaltenden Metallpaste auf die Kontaktfläche eines ersten Bauelementes,  
(2) gegebenenfalls Auftragen der Metallpaste auf die Kontaktfläche eines mit dem ersten Bauelement zu verbindenden zweiten Bauelementes,  
(3) Herstellen einer Sandwichanordnung aus den beiden Bauelementen mit einer dazwischen  
10 befindlichen Schicht der Metallpaste,  
(4) Trocknen der zwischen den beiden Bauelementen befindlichen Schicht der Metallpaste, und  
(5) druckloses Sintern der die Schicht aus getrockneter Metallpaste umfassenden Sandwichanordnung,  
dadurch gekennzeichnet, dass das Trocknen und das drucklose Sintern unter Bestrahlung mit  
15 IR-Strahlung mit einer Peakwellenlänge im Wellenlängenbereich von 750 bis 1500 nm erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Kontaktfläche der Bauelemente im Bereich von 1 bis 150 mm<sup>2</sup> liegt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Bauelemente ausgewählt sind aus der Gruppe bestehend aus Substraten, aktiven Bauelementen und passiven Bauelementen.
- 20 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die in Schritt (1) und gegebenenfalls Schritt (2) aufgetragene Metallpaste 25 bis 90 Gew.-% sinterfähige Metallpartikel, 5 bis 30 Gew.-% organisches Lösemittel, 0 bis 65 Gew.-% Metallvorläuferverbindungen, 0 bis 5 Gew.-% Sinterhilfsmittel und 0 bis 5 Gew.-% andere Additive enthält.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei während Schritt (4) 95 bis  
25 100 Gew.-% des oder der ursprünglich in der Metallpaste enthaltenen organischen Lösemittel entfernt werden.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Peakwellenlänge im Wellenlängenbereich von 750 bis 1200 nm liegt.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Trocknen und das drucklose Sintern jeweils allein durch das Bestrahlen mit der IR-Strahlung bewirkt werden.
- 5 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein oder mehrere mit einer Leistung im Bereich von 15 bis 100 W/cm betriebene NIR-Strahler als Strahlungsquellen für die IR-Strahlung verwendet werden.
9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Strahleroberflächentemperatur des oder der NIR-Strahler im Bereich von 1800 bis 3000 °C liegt.
- 10 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eines der oder beide Bauelemente für die IR-Strahlung durchlässig sind.
11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei die IR-Bestrahlung von oberhalb durch das oben befindliche für die IR-Strahlung durchlässige Bauelement hindurch erfolgt.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Abstand zwischen  
15 der Strahlenaustrittsfläche der IR-Strahlungsquelle oder -quellen und der Schicht der Metallpaste im Bereich von 1 bis 50 cm liegt.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei Schritt (4) und Schritt (5)  
20 in einer Sauerstoff enthaltenden oder in sauerstofffreier Atmosphäre durchgeführt werden, wobei in beiden Fällen eines der oder beide Bauelemente eine oxidationsempfindliche Kontaktfläche besitzen.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schritte (4) und (5) unmittelbar aneinander anschließen.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2018/060155

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 INV. H01L21/60 H01L21/48 H05K3/32 B22F7/04  
 ADD. B22F1/00 B23K35/02

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 2012/061511 A2 (FRY METALS INC [US]; KHASELEV OSCAR [US]; SINGH BAWA [US]; MO BIN [US]) 10 May 2012 (2012-05-10)	1-9, 12-14
Y	page 5, lines 3-27 page 6, line 1 - page 8, line 11 page 12, line 12 - page 14, line 18 page 14, lines 27-32 page 15, line 14 - page 17, line 7 page 17, line 27 - page 18, line 7 page 19, lines 3-24 page 19, line 29 - page 20, line 31 page 21, lines 13-25 figures 6-7	10,11
	----- -/--	

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 <b>29 June 2018</b>	Date of mailing of the international search report <b>11/07/2018</b>
--	---

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 <b>Maslankiewicz, Pawel</b>
--	---

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2018/060155

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2013 125769 A (FUJI ELECTRIC CO LTD) 24 June 2013 (2013-06-24)	1-9,12, 14
Y	paragraph [0013] - paragraph [0015] paragraph [0017] - paragraph [0018] paragraph [0031] - paragraph [0032] figure 6	10,11,13
X,P	----- SCHMITT W ET AL: "A new alternative non-pressure silver sinter process by using IR", INTERNATIONAL EXHIBITION AND CONFERENCE FOR POWER ELECTRONICS, INTELLIGENT MOTION, RENEWABLE ENERGY AND ENERGY MANAGEMENT (PCIM EUROPE 2017), 16-18 MAY 2017, NUREMBERG, GERMANY, 18 May 2017 (2017-05-18), pages 1426-1431, XP055487009,	1-9,12, 14
Y,P	the whole document	10,11,13
Y	----- US 6 046 076 A (MITCHELL CRAIG S [US] ET AL) 4 April 2000 (2000-04-04)	10,11
A	column 3, line 50 - column 4, line 11 column 13, lines 17-47 figure 8	1-9, 12-14
Y	----- WO 2010/050209 A1 (TORAY INDUSTRIES [JP]; TORAY ENG CO LTD [JP]; TOMABECHI SHIGENAO [JP];) 6 May 2010 (2010-05-06) paragraph [0020] paragraph [0048] - paragraph [0049] paragraph [0058] paragraph [0060] - paragraph [0061] paragraph [0065] paragraph [0067] - paragraph [0069] figures 3, 6	10,11
Y	----- US 6 284 086 B1 (CARDELLINO TERRI [US] ET AL) 4 September 2001 (2001-09-04) column 5, line 51 - column 6, line 24 figure 3	10,11
Y	----- WO 99/05719 A1 (SIEMENS AG [DE]; GROETSCH STEFAN [DE]; ALTHAUS HANS LUDWIG [DE]; SPAET) 4 February 1999 (1999-02-04) page 2, lines 16-23 page 3, lines 2-34	13
	----- -/--	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2018/060155

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2009/012450 A1 (FRY METALS INC [US]; BOUREGHDA MONNIR [US]; DESAI NITIN [US]; LIFTON A) 22 January 2009 (2009-01-22) paragraph [0020] paragraph [0023] paragraph [0035] paragraph [0038] paragraph [0041] - paragraph [0047] paragraph [0049] - paragraph [0067] claims 1, 7-8, 20-21 figures 1-2	1-14
A	WO 2009/077458 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]; KRAUSS MANFRED [DE]; LEOPOLDSBERGER GUD) 25 June 2009 (2009-06-25) page 16, line 4 - page 17, line 15 figure 2	1-14
A	EP 0 110 307 A (BURROUGHS CORP) 13 June 1984 (1984-06-13) page 8, line 19 - page 9, line 13 figure 1	1-14
A	WO 2016/023535 A1 (ATV TECHNOLOGIE GMBH [DE]) 18 February 2016 (2016-02-18) page 9, lines 6-17 page 11, lines 2-6 page 11, line 19 - page 12, line 2 page 13, line 24 - page 14, line 1 figures 1-2	1-14
A	ZHANG ZH ET AL: "Nanoscale Silver Sintering for High-Temperature Packaging of Semiconductor Devices", SURFACES AND INTERFACES IN NANOSTRUCTURED MATERIALS AND TRENDS IN LIGA, MINIATURIZATION AND NANOSCALE MATERIALS, MATERIALS PROCESSING AND MANUFACTURING DIVISION FIFTH GLOBAL SYMPOSIUM, TMS (THE MINERALS, METALS & MATERIALS SOCIETY), 2004, pages 129-135, XP001248317, the whole document	1-14
A	WO 01/65603 A1 (SIEMENS AG [DE]; SCHWARZBAUER HERBERT [DE]) 7 September 2001 (2001-09-07) page 12, line 5 - page 13, line 36 figures 1-3	1-14
A	WO 2014/177645 A1 (HERAEUS MATERIALS TECH GMBH [DE]) 6 November 2014 (2014-11-06) cited in the application the whole document	3,4
	----- -/--	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2018/060155

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2011/026624 A1 (HERAEUS GMBH W C [DE]; SCHAEFER MICHAEL [DE]; SCHMITT WOLFGANG [DE]; Z) 10 March 2011 (2011-03-10) cited in the application the whole document	4
A	----- WO 2015/193014 A1 (HERAEUS DEUTSCHLAND GMBH & CO KG [DE]) 23 December 2015 (2015-12-23) cited in the application the whole document -----	4

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2018/060155

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2012061511 A2	10-05-2012	CN 103262172 A EP 2636043 A2 JP 6300525 B2 JP 2014503936 A KR 20130129965 A SG 190123 A1 SG 10201509037S A US 2012114927 A1 US 2016225737 A1 WO 2012061511 A2	21-08-2013 11-09-2013 28-03-2018 13-02-2014 29-11-2013 28-06-2013 30-12-2015 10-05-2012 04-08-2016 10-05-2012
JP 2013125769 A	24-06-2013	NONE	
US 6046076 A	04-04-2000	US 6046076 A US 6126428 A	04-04-2000 03-10-2000
WO 2010050209 A1	06-05-2010	CN 102204419 A JP W02010050209 A1 KR 20110076876 A TW 201031297 A WO 2010050209 A1	28-09-2011 29-03-2012 06-07-2011 16-08-2010 06-05-2010
US 6284086 B1	04-09-2001	NONE	
WO 9905719 A1	04-02-1999	CN 1265226 A EP 0998756 A1 JP 3484414 B2 JP 2001511603 A KR 100426839 B1 US 6353202 B1 WO 9905719 A1	30-08-2000 10-05-2000 06-01-2004 14-08-2001 13-04-2004 05-03-2002 04-02-1999
WO 2009012450 A1	22-01-2009	CN 101803016 A EP 2171755 A1 HK 1147349 A1 JP 5439667 B2 JP 5934079 B2 JP 2010533984 A JP 2013070080 A KR 20100043245 A KR 20150117707 A US 2009025967 A1 US 2014153203 A1 WO 2009012450 A1	11-08-2010 07-04-2010 01-02-2013 12-03-2014 15-06-2016 28-10-2010 18-04-2013 28-04-2010 20-10-2015 29-01-2009 05-06-2014 22-01-2009
WO 2009077458 A1	25-06-2009	DE 102007060784 A1 EP 2231544 A1 US 2010288422 A1 WO 2009077458 A1	18-06-2009 29-09-2010 18-11-2010 25-06-2009
EP 0110307 A	13-06-1984	CA 1200625 A CA 1218764 A DE 3380430 D1 EP 0110307 A2 HK 81492 A JP S60500046 A SG 70892 G US 4487638 A	11-02-1986 03-03-1987 21-09-1989 13-06-1984 30-10-1992 17-01-1985 04-09-1992 11-12-1984

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2018/060155

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
		WO 8402097 A1	07-06-1984
-----			
WO 2016023535 A1	18-02-2016	CN 106716614 A	24-05-2017
		DE 102014111634 A1	18-02-2016
		EP 3180801 A1	21-06-2017
		JP 2017525163 A	31-08-2017
		KR 20170041267 A	14-04-2017
		US 2017243851 A1	24-08-2017
		WO 2016023535 A1	18-02-2016
-----			
WO 0165603 A1	07-09-2001	DE 10009678 C1	19-07-2001
		EP 1259987 A1	27-11-2002
		JP 2003525974 A	02-09-2003
		US 2003020159 A1	30-01-2003
		WO 0165603 A1	07-09-2001
-----			
WO 2014177645 A1	06-11-2014	CN 105324198 A	10-02-2016
		EP 2799164 A1	05-11-2014
		JP 6162885 B2	12-07-2017
		JP 2016523426 A	08-08-2016
		KR 20160005087 A	13-01-2016
		SG 11201509049S A	28-01-2016
		TW 201503984 A	01-02-2015
		US 2016082512 A1	24-03-2016
		WO 2014177645 A1	06-11-2014
-----			
WO 2011026624 A1	10-03-2011	CN 102791421 A	21-11-2012
		DE 102009040078 A1	10-03-2011
		DK 2396139 T3	11-08-2014
		EP 2396139 A1	21-12-2011
		HR P20140735 T1	26-09-2014
		JP 5667191 B2	12-02-2015
		JP 2013504149 A	04-02-2013
		KR 20120068015 A	26-06-2012
		SG 178362 A1	27-04-2012
		US 2012153012 A1	21-06-2012
		WO 2011026624 A1	10-03-2011
-----			
WO 2015193014 A1	23-12-2015	EP 2957366 A1	23-12-2015
		HU E031080 T2	28-06-2017
		TW 201603933 A	01-02-2016
		WO 2015193014 A1	23-12-2015
-----			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	H01L21/60 H01L21/48	H05K3/32 B22F7/04
ADD.	B22F1/00	B23K35/02
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 2012/061511 A2 (FRY METALS INC [US]; KHASELEV OSCAR [US]; SINGH BAWA [US]; MO BIN [US]) 10. Mai 2012 (2012-05-10)	1-9, 12-14
Y	Seite 5, Zeilen 3-27 Seite 6, Zeile 1 - Seite 8, Zeile 11 Seite 12, Zeile 12 - Seite 14, Zeile 18 Seite 14, Zeilen 27-32 Seite 15, Zeile 14 - Seite 17, Zeile 7 Seite 17, Zeile 27 - Seite 18, Zeile 7 Seite 19, Zeilen 3-24 Seite 19, Zeile 29 - Seite 20, Zeile 31 Seite 21, Zeilen 13-25 Abbildungen 6-7 ----- -/--	10,11
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
29. Juni 2018		11/07/2018
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, Pawel

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP 2013 125769 A (FUJI ELECTRIC CO LTD) 24. Juni 2013 (2013-06-24)	1-9,12, 14
Y	Absatz [0013] - Absatz [0015] Absatz [0017] - Absatz [0018] Absatz [0031] - Absatz [0032] Abbildung 6	10,11,13
X,P	----- SCHMITT W ET AL: "A new alternative non-pressure silver sinter process by using IR", INTERNATIONAL EXHIBITION AND CONFERENCE FOR POWER ELECTRONICS, INTELLIGENT MOTION, RENEWABLE ENERGY AND ENERGY MANAGEMENT (PCIM EUROPE 2017), 16-18 MAY 2017, NUREMBERG, GERMANY, 18. Mai 2017 (2017-05-18), Seiten 1426-1431, XP055487009,	1-9,12, 14
Y,P	das ganze Dokument	10,11,13
Y	----- US 6 046 076 A (MITCHELL CRAIG S [US] ET AL) 4. April 2000 (2000-04-04)	10,11
A	Spalte 3, Zeile 50 - Spalte 4, Zeile 11 Spalte 13, Zeilen 17-47 Abbildung 8	1-9, 12-14
Y	----- WO 2010/050209 A1 (TORAY INDUSTRIES [JP]; TORAY ENG CO LTD [JP]; TOMABECHI SHIGENAO [JP];) 6. Mai 2010 (2010-05-06) Absatz [0020] Absatz [0048] - Absatz [0049] Absatz [0058] Absatz [0060] - Absatz [0061] Absatz [0065] Absatz [0067] - Absatz [0069] Abbildungen 3, 6	10,11
Y	----- US 6 284 086 B1 (CARDELLINO TERRI [US] ET AL) 4. September 2001 (2001-09-04) Spalte 5, Zeile 51 - Spalte 6, Zeile 24 Abbildung 3	10,11
Y	----- WO 99/05719 A1 (SIEMENS AG [DE]; GROETSCH STEFAN [DE]; ALTHAUS HANS LUDWIG [DE]; SPAET) 4. Februar 1999 (1999-02-04) Seite 2, Zeilen 16-23 Seite 3, Zeilen 2-34	13
	----- -/--	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2009/012450 A1 (FRY METALS INC [US]; BOUREGHDA MONNIR [US]; DESAI NITIN [US]; LIFTON A) 22. Januar 2009 (2009-01-22) Absatz [0020] Absatz [0023] Absatz [0035] Absatz [0038] Absatz [0041] - Absatz [0047] Absatz [0049] - Absatz [0067] Ansprüche 1, 7-8, 20-21 Abbildungen 1-2	1-14
A	WO 2009/077458 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]; KRAUSS MANFRED [DE]; LEOPOLDSBERGER GUD) 25. Juni 2009 (2009-06-25) Seite 16, Zeile 4 - Seite 17, Zeile 15 Abbildung 2	1-14
A	EP 0 110 307 A (BURROUGHS CORP) 13. Juni 1984 (1984-06-13) Seite 8, Zeile 19 - Seite 9, Zeile 13 Abbildung 1	1-14
A	WO 2016/023535 A1 (ATV TECHNOLOGIE GMBH [DE]) 18. Februar 2016 (2016-02-18) Seite 9, Zeilen 6-17 Seite 11, Zeilen 2-6 Seite 11, Zeile 19 - Seite 12, Zeile 2 Seite 13, Zeile 24 - Seite 14, Zeile 1 Abbildungen 1-2	1-14
A	ZHANG ZH ET AL: "Nanoscale Silver Sintering for High-Temperature Packaging of Semiconductor Devices", SURFACES AND INTERFACES IN NANOSTRUCTURED MATERIALS AND TRENDS IN LIGA, MINIATURIZATION AND NANOSCALE MATERIALS, MATERIALS PROCESSING AND MANUFACTURING DIVISION FIFTH GLOBAL SYMPOSIUM, TMS (THE MINERALS, METALS & MATERIALS SOCIETY), 2004, Seiten 129-135, XP001248317, das ganze Dokument	1-14
A	WO 01/65603 A1 (SIEMENS AG [DE]; SCHWARZBAUER HERBERT [DE]) 7. September 2001 (2001-09-07) Seite 12, Zeile 5 - Seite 13, Zeile 36 Abbildungen 1-3	1-14
A	WO 2014/177645 A1 (HERAEUS MATERIALS TECH GMBH [DE]) 6. November 2014 (2014-11-06) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	3,4
	----- -/--	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2011/026624 A1 (HERAEUS GMBH W C [DE]; SCHAEFER MICHAEL [DE]; SCHMITT WOLFGANG [DE]; Z) 10. März 2011 (2011-03-10) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	4
A	WO 2015/193014 A1 (HERAEUS DEUTSCHLAND GMBH & CO KG [DE]) 23. Dezember 2015 (2015-12-23) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	4

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/060155

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2012061511 A2	10-05-2012	CN 103262172 A EP 2636043 A2 JP 6300525 B2 JP 2014503936 A KR 20130129965 A SG 190123 A1 SG 10201509037S A US 2012114927 A1 US 2016225737 A1 WO 2012061511 A2	21-08-2013 11-09-2013 28-03-2018 13-02-2014 29-11-2013 28-06-2013 30-12-2015 10-05-2012 04-08-2016 10-05-2012
JP 2013125769 A	24-06-2013	KEINE	
US 6046076 A	04-04-2000	US 6046076 A US 6126428 A	04-04-2000 03-10-2000
WO 2010050209 A1	06-05-2010	CN 102204419 A JP W02010050209 A1 KR 20110076876 A TW 201031297 A WO 2010050209 A1	28-09-2011 29-03-2012 06-07-2011 16-08-2010 06-05-2010
US 6284086 B1	04-09-2001	KEINE	
WO 9905719 A1	04-02-1999	CN 1265226 A EP 0998756 A1 JP 3484414 B2 JP 2001511603 A KR 100426839 B1 US 6353202 B1 WO 9905719 A1	30-08-2000 10-05-2000 06-01-2004 14-08-2001 13-04-2004 05-03-2002 04-02-1999
WO 2009012450 A1	22-01-2009	CN 101803016 A EP 2171755 A1 HK 1147349 A1 JP 5439667 B2 JP 5934079 B2 JP 2010533984 A JP 2013070080 A KR 20100043245 A KR 20150117707 A US 2009025967 A1 US 2014153203 A1 WO 2009012450 A1	11-08-2010 07-04-2010 01-02-2013 12-03-2014 15-06-2016 28-10-2010 18-04-2013 28-04-2010 20-10-2015 29-01-2009 05-06-2014 22-01-2009
WO 2009077458 A1	25-06-2009	DE 102007060784 A1 EP 2231544 A1 US 2010288422 A1 WO 2009077458 A1	18-06-2009 29-09-2010 18-11-2010 25-06-2009
EP 0110307 A	13-06-1984	CA 1200625 A CA 1218764 A DE 3380430 D1 EP 0110307 A2 HK 81492 A JP S60500046 A SG 70892 G US 4487638 A	11-02-1986 03-03-1987 21-09-1989 13-06-1984 30-10-1992 17-01-1985 04-09-1992 11-12-1984

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/060155

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
		WO 8402097 A1	07-06-1984
-----			
WO 2016023535 A1	18-02-2016	CN 106716614 A	24-05-2017
		DE 102014111634 A1	18-02-2016
		EP 3180801 A1	21-06-2017
		JP 2017525163 A	31-08-2017
		KR 20170041267 A	14-04-2017
		US 2017243851 A1	24-08-2017
		WO 2016023535 A1	18-02-2016
-----			
WO 0165603 A1	07-09-2001	DE 10009678 C1	19-07-2001
		EP 1259987 A1	27-11-2002
		JP 2003525974 A	02-09-2003
		US 2003020159 A1	30-01-2003
		WO 0165603 A1	07-09-2001
-----			
WO 2014177645 A1	06-11-2014	CN 105324198 A	10-02-2016
		EP 2799164 A1	05-11-2014
		JP 6162885 B2	12-07-2017
		JP 2016523426 A	08-08-2016
		KR 20160005087 A	13-01-2016
		SG 11201509049S A	28-01-2016
		TW 201503984 A	01-02-2015
		US 2016082512 A1	24-03-2016
		WO 2014177645 A1	06-11-2014
-----			
WO 2011026624 A1	10-03-2011	CN 102791421 A	21-11-2012
		DE 102009040078 A1	10-03-2011
		DK 2396139 T3	11-08-2014
		EP 2396139 A1	21-12-2011
		HR P20140735 T1	26-09-2014
		JP 5667191 B2	12-02-2015
		JP 2013504149 A	04-02-2013
		KR 20120068015 A	26-06-2012
		SG 178362 A1	27-04-2012
		US 2012153012 A1	21-06-2012
		WO 2011026624 A1	10-03-2011
-----			
WO 2015193014 A1	23-12-2015	EP 2957366 A1	23-12-2015
		HU E031080 T2	28-06-2017
		TW 201603933 A	01-02-2016
		WO 2015193014 A1	23-12-2015
-----			