



(10) **DE 10 2017 114 893 B4 2023.11.23**

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2017 114 893.0**

(51) Int Cl.: **B23K 35/30 (2006.01)**

(22) Anmelddatag: **04.07.2017**

**B23K 35/24 (2006.01)**

(43) Offenlegungstag: **10.01.2019**

**H01L 23/36 (2006.01)**

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **23.11.2023**

**H01L 23/14 (2006.01)**

**C22C 9/00 (2006.01)**

**C22C 9/02 (2006.01)**

**C22C 9/05 (2006.01)**

**H05K 3/34 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

**Rogers Germany GmbH, 92676 Eschenbach, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	<b>10 2015 108 668</b>	A1
DE	<b>698 22 533</b>	T2
US	<b>2014 / 0 126 155</b>	A1
US	<b>4 603 090</b>	A
US	<b>4 426 033</b>	A
US	<b>4 784 313</b>	A
JP	<b>2003- 283 064</b>	A

(74) Vertreter:

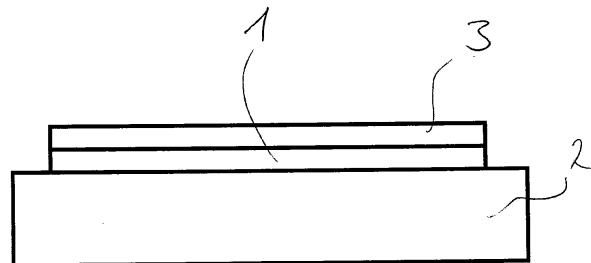
**Müller Schupfner & Partner Patent- und  
Rechtsanwaltspartnerschaft mbB, 80336  
München, DE**

(72) Erfinder:

**Britting, Stefan, 91220 Schnaittach, DE; Meyer,  
Andreas, 93173 Wenzenbach, DE**

(54) Bezeichnung: **Lötmaterial zum Aktivlöten und Verfahren zum Aktivlöten**

(57) Hauptanspruch: Lötmaterial (1) zum Aktivlöten, insbesondere zum Aktivlöten einer Metallisierung (3) an eine Keramik umfassende Trägerschicht (2), wobei das Lötmaterial Kupfer umfasst und silberfrei ist, wobei das Lötmaterial (1) eine Paste ist, dadurch gekennzeichnet dass das Lötmaterial zur Herabsetzung der Schmelztemperatur ein Begleitmaterial in Form von Indium aufweist, wobei das Begleitmaterial einen Anteil von 5 bis 15 Gew.-% am Lötmaterial hat.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Lötmaterial zum Aktivlöten und ein Verfahren zum Aktivlöten von elektronischen Komponenten und Bauteilen.

**[0002]** Lötmaterialien sind aus dem Stand der Technik hinlänglich, z.B. aus US 2014/0 126 155 A1, bekannt und dienen der stoffschlüssigen Verbindung von Bauteilen. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung solche Lötmaterialien, die zum Aktivlöten vorgesehen sind und der Anbindung einer Metallisierung an ein Keramik umfassendes Trägersubstrat dienen. Typischerweise umfassen solche Lötmaterialien einen vergleichsweise hohen Silberanteil, wenn die Lötzung bei Temperaturen von unter 1000°C erfolgen soll. Mit diesem hohen Silberanteil gehen vergleichsweise hohe Materialkosten einher. Außerdem besteht die Gefahr einer Silbermigration an den Rändern der Lötschicht an dem Keramik umfassenden Trägersubstrat, wenn elektrische Felder im Betrieb angelegt werden.

**[0003]** Aus der US 4 603 990 A ist eine duktile Lötfolie bekannt. Dabei kann die Lötfolie aus 0,1 - 5 Gew.-% eines reaktiven Metalls aus der Gruppe Ti, V, Zr oder aus einer Mischung von Elementen aus dieser Gruppe sowie 1 - 30 Gew.-% Indium und 55-99,8 Gew.-% Kuper bestehen.

**[0004]** Aus der DE 10 2015 108 668 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung einer Leiterplatte bekannt, wobei die Leiterplatte ein flächiges Basismaterial, insbesondere eine Keramik, aufweist, an welcher ein- oder beidseitig mittels einer Lotschicht eine Metallisierung angebracht wird.

**[0005]** Die US 4 426 033 A betrifft reaktive Metall-Kupfer-Legierungen mit einer bestimmten Menge an einem dritten Metall aus der Gruppe von Silizium, Zinn, Germanium, Mangan, Nickel, Kobalt oder Mischungen daraus, wobei diese Legierung geeignet ist Keramiken zu löten.

**[0006]** Die US 4 784 313 A nennt ein Verfahren zum Verbinden von Formteilen aus SiC-Keramik miteinander oder mit Formteilen aus anderer Keramik oder Metall, bei dem die zu verbindenden Oberflächen unter Zwischenschaltung einer Metallschicht unter Diffusionsschweißbedingungen vereinigt werden. Dabei ist es vorgesehen, dass als Metallschicht eine Manganlegierungsschicht aus MnCu (mit 25-82 Gew.-% Cu) oder MnCo (mit 5-50 Gew.-% Co) vorgesehen wird, die ggf. zusätzlich je 2-45 Gew.-% von zumindest einem der Metalle Cr, Ti, Zr, Fe, Ni und/oder Ta aufweist, wobei die Summe der Zusätze 70 Gew.-% nicht überschreiten soll.

**[0007]** Die DE 698 22 533 T2 kennt ferner ein Keramikelement, das einen elektrischen Stromversor-

gungsanschluss aufweist, worin ein metallisches Element in das Keramikelement eingebettet ist und gegenüber einer Ausnehmung des Keramikelements teilweise frei liegt, ein röhrenförmiges Atmosphärenabschirmungselement in die Ausnehmung hineingesetzt ist und mit dem eingebetteten metallischen Element verbunden ist.

**[0008]** Aus der JP 2003 283064 A ist ferner eine Lötmaterialzusammensetzung bekannt, die silberfrei ist und als Begleitmaterial 6 bis 60 % Zinn aufweist.

**[0009]** Es ist somit eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Lötmaterial bereitzustellen, das sich im Vergleich zum Stand der Technik kostengünstig herstellen lässt und bei dem eine Silbermigration vermieden werden kann.

**[0010]** Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Lötmaterial zum Aktivlöten gemäß Anspruch 1, durch eine Trägerschicht gemäß Anspruch 6 und durch ein Verfahren gemäß Anspruch 7. Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie der Beschreibung und den beigefügten Figuren.

**[0011]** Erfindungsgemäß ist ein Lötmaterial zum Aktivlöten, insbesondere zum Aktivlöten einer Metallisierung an eine Keramik umfassende Trägerschicht, vorgesehen, wobei das Lötmaterial Kupfer umfasst und im Wesentlichen silberfrei ist.

**[0012]** Im Gegensatz zum Stand der Technik wird beim erfindungsgemäßen Lötmaterial mit Vorteil auf Silber verzichtet, wodurch Herstellungskosten reduziert werden können und eine Silbermigration vermieden werden kann. Dabei ist statt Silber Kuper oder eine Kupferlegierung der Hauptbestandteil des Lötmaterials. Unter „im Wesentlichen silberfrei“ ist insbesondere zu verstehen, dass das Lötmaterial ein Anteil an Silber im Bereich von Verunreinigungen, d.h. von weniger als 0,5 Gew.-%, bevorzugt weniger als 0,1 Gew.-% und besonders bevorzugt weniger als 0,05 Gew.-% des Lötmaterials aufweist. Grundsätzlich lassen sich beispielsweise mittels des Lötmaterials mehrere Keramiksichten miteinander verbinden oder eine Metallisierung, bevorzugt eine Kupferschicht, an eine Keramik umfassende Trägerschicht, anbinden. Vorzugsweise ist es vorgesehen, dass die an die Trägerschicht angebundene Metallisierung strukturiert wird, insbesondere strukturiert wird, um beispielsweise Leiterbahnen oder Anschlussstellen für elektrische bzw. elektronische Bauteile auszubilden.

**[0013]** Unter einem Aktivlöt-Verfahren, z. B. zum Verbinden von Metallschichten oder Metallfolien, insbesondere auch von Kupferschichten oder Kupferfolien mit Keramikmaterial, ist ein Verfahren zu verstehen, bei dem bei einer Temperatur zwischen ca. 650 -

1000 °C unter Verwendung des Lötmaterials eine Verbindung zwischen einer Metallfolie, beispielsweise einer Kupferfolie, und einem Keramiksubstrat, beispielsweise einer Aluminiumnitrid-Keramik, hergestellt wird. Dabei enthält das Lötmaterial zusätzlich zu einer Hauptkomponente Kupfer auch ein Aktivmetall. Dieses Aktivmetall, welches beispielsweise wenigstens ein Element der Gruppe Hf, Ti, Zr, Nb, Ce, Cr, V, Y, Sc ist, stellt durch chemische Reaktion mit der Keramik eine Verbindung zwischen dem Lötmaterial und der Keramik mittels einer Reaktionschicht her, während die Verbindung zwischen dem Lötmaterial und dem Metall eine metallische Hartlöt-Verbindung ist.

**[0014]** Insbesondere ist es vorgesehen, dass die Trägerschicht Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, AlN, BeO oder eine ZTA (Zirconia toughened Alumina) - Keramik im weiteren HPSX Keramik genannt (, d. h. einer Keramik mit einer Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- Matrix, die einen x-prozentigen Anteil an ZrO<sub>2</sub> umfasst, beispielsweise Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mit 9% ZrO<sub>2</sub> = HPS9 oder Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mit 25% ZrO<sub>2</sub> = HPS25) aufweist, wobei auch Kombinationen der genannten Trägermaterialien denkbar sind.

**[0015]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass das Lötmaterial einen Kupferanteil zwischen 50 und 90 Gew.-%, bevorzugt zwischen 55 und 85 Gew.-% und besonders bevorzugt zwischen 50 Gew.-% und 75 Gew.-% aufweist. Hier ersetzt mit Vorteil der Kupferanteil den üblicherweise vergleichsweise hohen Anteil an Silber. Der Kupferanteil kann dabei abhängig von den einzelnen weiteren Bestandteilen eingestellt werden.

**[0016]** Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass das Lötmaterial zur Herabsetzung der Schmelztemperatur ein Begleitmaterial, nämlich Indium (In) aufweist. Durch das Hinzufügen der Begleitmaterialien, wie Begleitmetalle, lässt sich mit Vorteil eine Schmelztemperatur zwischen 700 - 900 °C einstellen. Das Begleitmetall In erweist sich dabei als besonders vorteilhaft, weil sie sich für ein Lötprozess auch bei niedrigen Dampfdrücken, beispielsweise unterhalb von 10 <sup>-3</sup> mbar, beispielsweise beim Vakuumlöten, eignen.

**[0017]** Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass das Begleitmaterial am Lötmaterial einen Anteil von 5 bis 15 - Gew- %, aufweist. Die Zugabemenge des Begleitmaterials richtet sich vorzugsweise nach einer gewünschten Schmelztemperatur, die für den Lötprozess vorgesehen ist. Hierbei gilt insbesondere für In: Je mehr Begleitmaterialien desto niedriger die Schmelz- bzw. Löttemperatur. Allerdings wird die Schmelztemperaturerniedrigung dahingehend beschränkt, dass die Schmelz- bzw. Löttemperatur so hoch sein muss, dass eine chemische Reaktion zwischen dem Aktivmetall und der keramischen

Oberfläche erfolgt. Typischerweise muss die Schmelztemperatur dabei oberhalb von 700 und 800 °C liegen. Mit einer Zusammensetzung, bei der der Anteil des Begleitmaterials zwischen 5 und 35 - Gew. % liegt, lässt sich mit Vorteil ein Aktivmetall bereitstellen, bei dem einerseits die Schmelztemperaturerniedrigung ausreichend groß ist und das andererseits mit einer möglichst großen Vielzahl an verschiedenen keramischen Oberflächen kompatibel ist. Außerdem lässt sich ein Anteil an intermetallischen Phasen, die zu einer verminderten mechanischen Festigkeit der Lötverbindung führen können, reduzieren, da mit zunehmendem Anteil an Begleitmaterialien auch der Anteil von intermetallischen Phasen steigt.

**[0018]** Zweckmäßig ist es vorgesehen, dass das Lötmaterial als Aktivmetall Ti, Zr, Hf, Cr, V, Y, Sc oder Ce aufweist. Dabei ist es insbesondere vorgesehen, dass das Aktivmetall einen Anteil von 0,5 bis 10 Gew.-%, bevorzugt von 1 bis 5 Gew.-% und besonders bevorzugt von 1 bis 3 Gew.-% am Lötmaterial aufweist. Der Anteil an Aktivmetall wird vorzugsweise anwendungsfallabhängig, beispielsweise in Abhängigkeit von den zu fügenden Materialien, angepasst.

**[0019]** Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass das Lötmaterial eine Paste ist. Beispielsweise wird die Paste bevorzugt als Zusammensetzung aus einem Pulver, das neben Kupfer und dem Aktivmetall auch das Begleitmaterial umfasst, und organischen Stoffen bereitgestellt. Die organischen Stoffe machen die Paste mit Vorteil siebdruckfähig und austrocknend. In einer vorteilhaften Ausführungsform ist es vorgesehen, dass das Kupfer und die Begleitmaterialien als mikrolegiertes Pulver vorliegen. Beispielsweise handelt es sich um ein mikrolegiertes Pulver, das im Rahmen eines Verdüsungsprozesses mittels einer Verdüsungsanlage entsteht. Das Aktivmetall wird vorzugsweise pulverförmig beigemischt, beispielsweise als Ti, Zr, TiH und/oder ZrH. Zur Erhöhung einer Löslichkeit des Aktivmetalls im Lötprozess, ist es vorteilhaft vorgesehen, dass das Aktivmetall auch zusammen mit den anderen Materialien des Lötmaterials als binäre oder ternäre Legierung dem Lötmaterial pulverförmig zugefügt bzw. beigemischt ist. Für eine möglichst homogene Verteilung des Aktivmetalls, ist es denkbar, dass das Aktivmetall in das in der Verdüsungsanlage zu legierenden Pulver integriert wird. Da das Aktivmetall mit einer Wandung der Verdüsungsanlage reagiert, ist hier bevorzugt ein Anteil des Aktivmetalls von 1 bis 2 Vol- % vorgesehen.

**[0020]** Sofern das Lötmaterial als Folie bereitgestellt wird, lässt sich mit Vorteil auf organische Zusatzstoffe verzichten. Zur Bildung der Lötschicht wird dabei die Folie zwischen der Metallisierung und der Trägerschicht angeordnet. Besonders bevorzugt ist

hierbei ein vergleichsweise niedriger Anteil an Begleitmaterialien und Aktivmetallen im Lötmaterial.

**[0021]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es vorgesehen, dass das Lötmaterial im Wesentlichen

- 69 Gew.-% Kupfer, 12 Gew.-% Zinn, 7 Gew.-% Mangan, 10 Gew.-% Indium und 2 Gew.-% Titan,

sowie unvermeidbare Verunreinigungen von weniger als 0,5 Gew.-% aufweist. Insbesondere sind unter dem Ausdruck „im Wesentlichen“ solche Abweichungen zu verstehen, die vom jeweiligen exakten Wert um +/- 10%, bevorzugt um +/- 5% abweichen und/oder Abweichungen in Form von für die Funktion unbedeutenden Änderungen entsprechen.

**[0022]** Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Trägerschicht mit einer Metallisierung, wobei die Metallisierung über das Lötmaterial gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche an die Trägerschicht angebunden ist. Alle für das erfindungsgemäße Lötmaterial beschriebenen Merkmale und deren Vorteile lassen sich sinngemäß ebenfalls auf die erfindungsgemäße Trägerschicht übertragen und andersherum. Vorzugsweise ist die Metallisierung, beispielsweise eine Kupfer- oder Molybdän-schicht, zur Ausbildung von Leiterbahnen und Anschlussstellen für elektrische oder elektronische Bauteile, strukturiert. Die Strukturierung ist vorzugsweise durch ein Einätzen realisiert worden.

**[0023]** Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Anbinden einer Metallisierung an eine Trägerschicht, insbesondere eine Keramik umfassende Trägerschicht, wobei ein Lötmaterial gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche verwendet wird. Alle für das erfindungsgemäße Lötmaterial beschriebenen Merkmale und deren Vorteile lassen sich sinngemäß ebenfalls auf das erfindungsgemäße Verfahren übertragen und andersherum.

**[0024]** Weitere Vorteile und Merkmale ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Gegenstands mit Bezug auf die beigefügte Figur. Einzelne Merkmale der einzelnen Ausführungsform können dabei im Rahmen der Erfindung miteinander kombiniert werden.

**[0025]** Es zeigt:

**Fig. 1:** eine Trägerschicht mit einer Metallisierung gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

**[0026]** In **Fig. 1** ist eine Trägerschicht 2 mit einer Metallisierung gemäß einer beispielhaften Ausfüh-

rungsform der vorliegenden Erfindung dargestellt. Hierbei handelt es sich vorzugsweise um eine Trägerschicht 2, auf der elektronische oder elektrische Bauteile angeordnet werden. Hierfür ist eine Metallisierung 3 vorgesehen, vorzugsweise eine strukturiert Metallisierung 3, um Leiterbahnen oder Anschlussstellen für die elektrischen oder elektronischen Bau-teile bereitzustellen. Die Metallisierung 3 ist vorzugsweise mittels eines Aktivlötverfahrens an die Trägerschicht 2, die insbesondere Kupfer umfasst, gebunden worden. Zur Senkung der Herstellungs-kosten und zur Vermeidung einer Silbermigration ist es bevorzugt vorgesehen, dass zum Aktivlöten Lötmaterial 1 verwendet wurde, das Kupfer umfasst und im Wesentlichen silberfrei ist.

**[0027]** Beim Aktivlöt-Verfahren wird bei einer Tem-peratur zwischen ca. 650-1000°C eine Verbindung zwischen einer Metallfolie, beispielsweise einer Kupferfolie, und einem Keramiksubstrat, beispielsweise einer Aluminiumnitrid-Keramik, unter Verwendung des Lötmaterials 1 hergestellt, welches zusätzlich zu einer Hauptkomponente Kupfer auch ein Aktivme-tall enthält. Dieses Aktivmetall, welches beispiels-weise wenigstens ein Element der Gruppe Hf, Ti, Zr, Nb, Ce ist, stellt durch chemische Reaktion eine Verbindung zwischen dem Lötmaterial und der Kera-mik her, während die Verbindung zwischen dem Lötmaterial und dem Metall eine metallische Hartlöt-Ver-bindung ist.

**[0028]** Um das Lötmaterial an die erforderlichen Schmelztemperaturen anzupassen, ist es vorgese-hen, dass das Lötmaterial 1 ein Begleitmaterial, näm-lich In aufweist.

## Patentansprüche

1. Lötmaterial (1) zum Aktivlöten, insbesondere zum Aktivlöten einer Metallisierung (3) an eine Kera-mik umfassende Trägerschicht (2), wobei das Lötmaterial Kupfer umfasst und silberfrei ist, wobei das Lötmaterial (1) eine Paste ist, **dadurch gekenn-zeichnet** dass das Lotmaterial zur Herabsetzung der Schmelztemperatur ein Begleitmaterial in Form von Indium aufweist, wobei das Begleitmaterial einen Anteil von 5 bis 15 Gew.-% am Lötmaterial hat.

2. Lötmaterial (1) gemäß Anspruch 1, wobei das Kupfer einen Anteil zwischen 50 und 90 Gew.-%, bevorzugt zwischen 55 und 85 Gew.-% und beson-ders bevorzugt zwischen 50 und 75 Gew.-% am Lötmaterial hat.

3. Lötmaterial (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Lötmaterial (1) ein Aktivmetall bevorzugt Ti, Zr, Hf, Nb, Cr, V, Y, Sc oder Ce aufweist.

4. Lötmaterial (1) gemäß Anspruch 3, wobei das Aktivmetall einen Anteil von 0,5 bis 10 Gew.-%, bevorzugt von 1 bis 5 Gew.-% und besonders bevorzugt von 1 bis 3 Gew.-% am Lötmaterial hat.

5. Lötmaterial (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Lötmaterial (1) im Wesentlichen

- 69 Gew.-% Kupfer, 12 Gew.-% Zinn, 7 Gew.-% Mangan, 10 Gew.-% Indium und 2 Gew.-% Titan, ansonsten unvermeidbare Verunreinigungen von weniger als 0,5 Gew.-% aufweist.

6. Trägerschicht (2) mit einer Metallisierung (3), wobei die Metallisierung (3) über das Lötmaterial (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche an die Trägerschicht (2) angebunden ist.

7. Verfahren zum Anbinden einer Metallisierung (3) an eine Trägerschicht (2), insbesondere eine Keramik umfassende Trägerschicht (2), wobei ein Lötmaterial (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5 verwendet wird.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

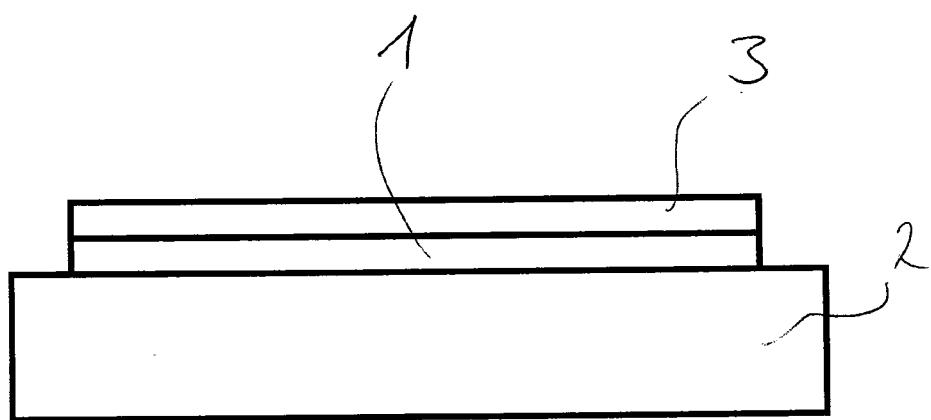


Fig. 1