



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 061 636 A1** 2007.08.09

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 061 636.7**

(22) Anmeldetag: **27.12.2006**

(43) Offenlegungstag: **09.08.2007**

(51) Int Cl.⁸: **B23K 35/28** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

2005-375621 27.12.2005 JP

(74) Vertreter:

HOFFMANN & EITLÉ, 81925 München

(71) Anmelder:

KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA, Tokyo, JP

(72) Erfinder:

Thantrong, Long, Tokyo, JP; Hisazato, Yuuji, Tokyo, JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Bleifreies Lötmedium, Lötmediumverbindungs-Produkt und elektronische Komponente**

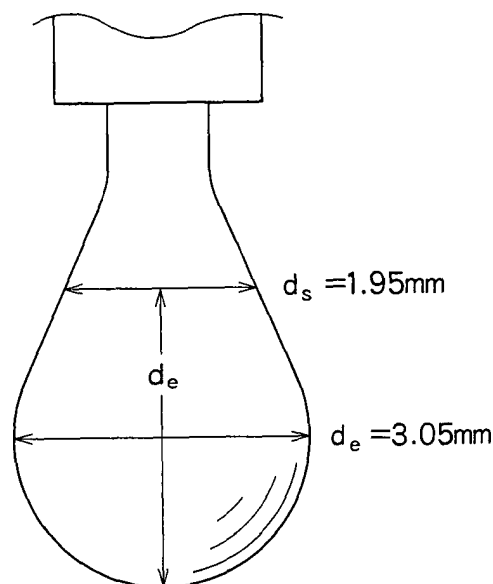
(57) Zusammenfassung: Diese Erfindung stellt bleifreie Lötmedium zur Verfügung, die eine exzellente Oxidationswiderstandsfähigkeit aufweisen und plastisch leicht und gut bearbeitet werden können. Die bleifreien Lötmedium und geformten Produkte dieser bleifreien Lötmedium können mittels Lötung verbundene Produkte und insbesondere elektronische Komponenten zur Verfügung stellen, die hochgradig zuverlässig sind, beispielsweise in Bezug auf die mechanische Festigkeit und die Festigkeit der Verbindung. Die bleifreien Lötmedium, das Lötmedium-Verbindungsprodukt und die elektronischen Komponenten sind die Folgenden.

Ein bleifreies Lötmedium, umfassend eine Legierung auf Zinn(Sn)-Basis, mit einem Tantal(Ta)-Gehalt von nicht weniger als 0,005 Gew.-% und nicht mehr als 2,0 Gew.-%.

Ein bleifreies Lötmedium, umfassend eine Legierung auf Zinn(Sn)-Basis, umfassend nicht weniger als 0,005 Gew.-% und nicht mehr als 2,0 Gew.-% Tantal (Ta) und nicht weniger als 0,1 Gew.-% und nicht mehr als 10,0 Gew.-% Zink (Zn) mit einem Rest, bestehend aus Zinn (Sn) und unvermeidlichen Verunreinigungen.

Ein bleifreies Lötmedium, umfassend eine Legierung auf Zinn(Sn)-Basis, umfassend nicht weniger als 0,005 Gew.-% und nicht mehr als 2,0 Gew.-% Tantal (Ta) und nicht weniger als 0,1 Gew.-% und nicht mehr als 60,0 Gew.-% Wismuth (Bi) mit einem Rest, bestehend aus Zinn (Sn) und unvermeidlichen Verunreinigungen.

Ein bleifreies Lötmedium, umfassend eine Legierung auf Zinn(Sn)-Basis, umfassend nicht weniger als 0,005 ...



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein bleifreies Lötmedium, das eine exzellente Oxidations-Widerstandsfähigkeit, mechanische Eigenschaften und Benetzungseigenschaften aufweist und leicht plastisch bearbeitet werden kann, ein durch Verbinden mit dem bleifreien Lötmedium hergestelltes Lötmediumverbindungsprodukt sowie eine elektronische Komponente.

Stand der Technik

[0002] In den vergangenen Jahren bestanden wachsende Bedenken in Bezug auf Umweltprobleme vom Gesichtspunkt des globalen Umweltschutzes aus. Unter solchen Umständen wird der Anstieg der Menge an deponierten Industrieabfällen ein ernstes Problem. Lötmedium wird beispielsweise in Substraten von Computern für die elektrische Energiesteuerung, in elektrischen Haushaltsanwendungen und Personalcomputern, die sämtlich zu Industrieabfällen zählen, verwendet. Schädliche Schwermetalle sowie Blei fließen manchmal aus diesem Lötmedium aus. Beispielsweise wirkt das Blei, wenn es ausfließt, auf sauren Regen und dergleichen ein, um eine Blei enthaltende wässrige Lösung zu erzeugen, und diese wässrige Lösung tritt häufig in das Grundwasser ein.

[0003] In Japan wurde das Recycling-Gesetz für Haushaltsgeräte im Jahre 1998 in Kraft gesetzt und das Recycling von gebrauchten Geräten wurde für elektrische Haushaltsgeräte im Jahr 2001 erforderlich. In Europa wurde die Verwendung von Blei als spezielle Substanz durch eine Richtlinie des Europäischen Parlaments sowie des Rats über Abfälle von elektrischen und elektronischen Geräten seit dem Jahr 2004 verboten. Auf diese Weise wurde eine gesetzliche Regulierung in Bezug auf die Verwendung von Blei verschärft und die Entwicklung von bleifreiem Lötmedium wurde dringend erforderlich (siehe beispielsweise das Nicht-Patent-Dokument Nr. 1).

[0004] Lötmedium spielt eine wichtige Rolle bei der mechanischen und elektrischen Verbindung einer Vielzahl von Element-Komponenten, die unter erschwerten Bedingungen inklusive Wärmezyklen, mechanischen Einwirkungen, mechanischer Vibration und dergleichen verwendet werden. Auch bei bleifreiem Lötmedium wurde ein bleifreies Lötmedium gefordert, das einen Schmelzpunkt ähnlich dem von konventionellem Zinn(Sn)-Blei(Pb)-Lötmedium hat, exzellente mechanische Eigenschaften und Benetzungseigenschaften aufweist und eine exzellente plastische Bearbeitbarkeit, die gut genug ist, in ein Band oder eine Fadenform umgeformt zu werden, aufweist.

[0005] In konventionellem bleifreiem Lötmedium ist es jedoch übliche Praxis, Sn(Zinn)-Zn(Zink) oder Sn(Zinn)-Bi(Wismuth)-Lötmedium anzuwenden, und einen Schmelzpunkt ähnlich dem von Sn(Zinn)-37 Gew-% Pb(Blei)-Lötmedium (Schmelzpunkt: 183 °C) zur Verfügung zu stellen, oder eine große Menge an In (Indium) oder Bi (Wismuth) beispielsweise zu Sn(Zinn)-Cu(Kupfer), Sn(Zinn)-Ag(Silber) oder zu Sn(Zinn)-Cu(Kupfer)-Ag(Silber) Lötmedium hinzuzugeben, um den Schmelzpunkt abzusenken. Beispielsweise werden Sn(Zinn)-9,0 Gew-% Zn(Zink) (Schmelzpunkt: 199 °C), Sn(Zinn)-58,0 Gew-% Bi(Wismuth) (Schmelzpunkt: 138 °C), Sn(Zinn)-0,5 Gew-% Cu(Kupfer)-4,0 Gew-% Ag(Silber)-8 Gew-% In(Indium) (Schmelzpunkt: 208 °C) als solche Lötmedium erwähnt. Da diese Lötmedium jedoch eine große Menge von Elementen enthalten, die beispielsweise für eine Versprödung ursächlich sind, werden die mechanischen Eigenschaften und die plastische Bearbeitbarkeit gestört, was es erschwert, eine ausreichende Lötmedium-Bindungsfestigkeit und -Zuverlässigkeit zu gewährleisten. Darüber hinaus bewirken diese bleifreien Lötmedium möglicherweise einen Spröbruch oder dergleichen als Folge der plastischen Bearbeitung und somit ist es sehr schwer, dass diese bleifreien Lötmedium erfolgreich einer Extrusion, Walzung, einem Drahtziehprozess und dergleichen unterzogen werden können. Dementsprechend konnten geformte Produkte in Band- oder Fadenform bisher im Wesentlichen nicht produziert werden. Aufgrund dessen waren die Anwendungen von bleifreiem Lötmedium bisher stark begrenzt.

[0006] [Nicht-Patentdokument Nr. 1] Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rats in Bezug auf Abfälle von elektrischem und elektronischem Gerät, Kommission der Europäischen Union, Brüssel, 13. Juni 2000.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0007] Wie oben beschrieben, ist es, da konventionelle bleifreie Lötmedium große Mengen an Elementen enthalten, die beispielsweise für eine Versprödung ursächlich sind, und daher die mechanischen Eigenschaften und die plastische Bearbeitbarkeit gestört sind, schwierig, eine ausreichende Lötmedium-Bindungsfestigkeit und -Zuverlässigkeit zu gewährleisten. Darüber hinaus bewirken diese bleifreien Lötmedium einen Spröbruch oder dergleichen als Folge der plastischen Bearbeitung und somit ist es für diese bleifreien Lötmedium sehr schwierig, erfolgreich einer Extrusion, Walzung, einem Drahtzieh-Prozess und dergleichen unterzogen zu werden. Dementsprechend konnten umgeformte Produkte des Lötmittels in Band- oder Fadenform bisher im Wesentlichen nicht erzeugt werden. Aufgrund dessen waren bisher die Anwendungen von bleifreiem Lötmedium stark eingeschränkt.

[0008] Die vorliegende Erfindung wurde im Hinblick darauf gemacht, die oben genannten Probleme des Stands der Technik zu lösen und es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, ein bleifreies Lötmedium zur Verfügung zu stellen, welches einen exzellenten Oxidations-Widerstand, mechanische Eigenschaften und plastische Bearbeitbarkeit aufweist und das eine ausreichende Lötmedium-Bindestärke und -Zuverlässigkeit gewährleisten kann und in ein Band oder einen Faden umgeformt werden kann, sowie ein hochgradig zuverlässiges Lötmediumverbindungs-Produkt zur Verfügung zu stellen, das durch die Verbindung mit bleifreiem Lötmedium hergestellt wurde, sowie eine elektronische Komponente zur Verfügung zu stellen.

[0009] Das oben genannte Ziel kann durch ein bleifreies Lötmedium erreicht werden, das eine auf Zinn (Sn) basierende Legierung umfasst, die einen Tantal(Ta)-Gehalt von nicht weniger als 0,005 Gew-% und nicht mehr als 2,0 Gew-% aufweist.

[0010] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ebenso ein bleifreies Lötmedium zur Verfügung gestellt, das eine auf Zinn (Sn) basierende Legierung umfasst, die nicht weniger als 0,005 Gew-% und nicht mehr als 2,0 Gew-% Tantal (Ta) und nicht weniger als 0,1 Gew-% und nicht mehr als 10,0 Gew-% Zink (Zn) mit einem Rest, der aus Zinn (Sn) und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht, umfasst.

[0011] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ebenso ein bleifreies Lötmedium bereitgestellt, das eine auf Zinn (Sn) basierende Legierung umfasst, die nicht weniger als 0,005 Gew-% und nicht mehr als 2,0 Gew-% Tantal (Ta) und nicht weniger als 0,1 Gew-% und nicht mehr als 60,0 Gew-% Wismuth (Bi) mit einem Rest, der aus Zinn (Sn) und unvermeidlichen Verunreinigungen besteht, umfasst.

[0012] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ebenso ein bleifreies Lötmedium zur Verfügung gestellt, das eine auf Zinn (Sn) basierende Legierung umfasst, die nicht weniger als 0,005 Gew-% und nicht mehr als 2,0 Gew-% Tantal (Ta) und nicht weniger als 0,1 Gew-% und nicht mehr als 10,0 Gew-% Indium (In) mit einem Rest, bestehend aus Zinn (Sn) und unvermeidlichen Verunreinigungen, umfasst.

[0013] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ebenso ein bleifreies Lötmedium zur Verfügung gestellt, das eine auf Zinn (Sn) basierende Legierung umfasst, die nicht weniger als 0,005 Gew-% und nicht mehr als 2,0 Gew-% Tantal (Ta) und nicht weniger als 0,01 Gew-% und nicht mehr als 7,5 Gew-% Kupfer (Cu) mit einem Rest, bestehend aus Zinn (Sn) und unvermeidlichen Verunreinigungen, umfasst.

[0014] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ebenso ein bleifreies Lötmedium zur Verfügung gestellt,

das eine auf Zinn (Sn) basierende Legierung umfasst, die nicht weniger als 0,005 Gew-% und nicht mehr als 2,0 Gew-% Tantal (Ta) und nicht weniger als 0,01 Gew-% und nicht mehr als 5,0 Gew-% Silber (Ag) mit einem Rest, bestehend aus Zinn (Sn) und unvermeidlichen Verunreinigungen, umfasst.

[0015] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ebenso ein bleifreies Lötmedium zur Verfügung gestellt, das eine auf Zinn (Sn) basierende Legierung umfasst, die nicht weniger als 0,005 Gew-% und nicht mehr als 2,0 Gew-% Tantal (Ta), nicht weniger als 0,01 Gew-% und nicht mehr als 5,0 Gew-% Silber (Ag) und nicht weniger als 0,01 Gew-% und nicht mehr als 7,5 Gew-% Kupfer (Cu) mit einem Rest, bestehend aus Zinn (Sn) und unvermeidlichen Verunreinigungen, umfasst.

[0016] In einer bevorzugten Ausführungsform des bleifreien Lötmediums gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst die auf Zinn basierende Legierung zumindest ein additives Element (Y), das aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Indium und Wismuth besteht.

[0017] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des bleifreien Lötmediums gemäß der vorliegenden Erfindung beträgt in der auf Zinn basierenden Legierung der Gehalt des additiven Elements (Y), ausgewählt aus der Gruppe, die aus Indium und Wismuth besteht, nicht mehr als 10 Gew-% für Indium und nicht mehr als 60% für Wismuth).

[0018] In einer bevorzugten Ausführungsform des bleifreien Lötmediums gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst die auf Zinn basierende Legierung zumindest ein additives Element (X), das aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Kobalt (Co), Titan (Ti), Nickel (Ni), Palladium (Pd), Antimon (Sb), und Germanium (Ge) besteht.

[0019] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des bleifreien Lötmediums gemäß der vorliegenden Erfindung ist in der auf Zinn basierenden Legierung der Gehalt des additiven Elements (X), das aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Kobalt, Titan, Nickel, Blei, Antimon und Germanium besteht, dergestalt, dass für jedes der additiven Elemente (X) der Gehalt nicht mehr als 0,5 Gew-% beträgt und dann, wenn eine Vielzahl von additiven Elementen (X) enthalten sind, der Gesamtgehalt der Vielzahl von additiven Elementen (X) nicht mehr als 1,0 Gew-% beträgt.

[0020] Das bleifreie Lötmedium gemäß der vorliegenden Erfindung kann in der Form einer Creme, eines Bands, eines Fadens oder einer Stange vorliegen.

[0021] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ebenso ein Lötmediumverbindungs-Produkt zur Verfü-

gung gestellt, das durch Verbindung mit einem der oben genannten bleifreien Lötmetalle hergestellt wurde.

[0022] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine elektronische Komponente zur Verfügung gestellt, die durch Verbindung mit einem der oben genannten bleifreien Lötmetalle hergestellt wurde.

[0023] Das bleifreie Lötmetall gemäß der vorliegenden Erfindung weist eine exzellente Oxidations-Widerstandsfähigkeit auf und kann eine plastische Bearbeitung sowie Extrusion, Walzen und ein Drahtziehen sehr leicht und gut realisieren. Darüber hinaus ist das bleifreie Lötmetall gemäß der vorliegenden Erfindung dann, wenn es als Lötmetall verwendet wird, exzellent in verschiedenen Eigenschaften, die für Lötmetalle erforderlich sind, beispielsweise in Bezug auf mechanische Eigenschaften und Benetzungseigenschaften. Somit kann die vorliegende Erfindung ein bleifreies Lötmetall zur Verfügung stellen, das einen exzellenten Oxidations-Widerstand, mechanische Eigenschaften und plastische Bearbeitbarkeit aufweist und kann ein Lötmetall gewährleisten, das eine ausreichende Binde-Festigkeit und -Zuverlässigkeit aufweist und plastisch in ein Band oder einen Faden bearbeitet werden kann.

[0024] Da das bleifreie Lötmetall gemäß der vorliegenden Erfindung verbesserte Benetzungseigenschaften aufweist, die ohne einen wesentlichen Anstieg des Schmelzpunkts realisiert werden können, kann eine signifikante Verbesserung bei der Lötmetall-Bindefestigkeit und -Zuverlässigkeit realisiert werden, während eine Störung in einem zu verbindenden Objekt durch Wärme effektiv verhindert werden kann. Dementsprechend kann die vorliegende Erfindung Lötmetallverbindungs-Produkte zur Verfügung stellen, die eine exzellente Binde-Festigkeit und Binde-Zuverlässigkeit aufweisen, vorzugsweise elektronische Komponenten mit verschiedenen elektronischen Elementen, beispielsweise LED Licht emittierende Elemente, SEDs (surface-conduction electron-emitter displays) oder damit verbundene befestigte Substrate.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0025] **Fig. 1** ist eine Fotografie, die den Zustand eines dünnen Films einer Schmelze aus einem Sn-3Ag-0,5Cu-4In-0,05Ta-Lötmetall gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, das auf einem Substrat ausgebildet ist;

[0026] **Fig. 2** ist eine Fotografie, die den Zustand eines dünnen Films eines Sn-3Ag-0,5Cu-Lötmetalls zeigt, das auf einem Substrat ausgebildet ist;

[0027] **Fig. 3** ist eine Fotografie, die den Zustand eines dünnen Films eines Sn-3Ag-0,5Cu-4In-Lötmetalls

zeigt, das auf einem Substrat ausgebildet ist;

[0028] **Fig. 4** ist ein Diagramm, das die Form eines Tröpfchens eines Sn-3Ag-0,5Cu-4In-0,05Ta-Lötmetalls gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, das auf bei der Bewertung der Oberflächenspannung des Sn-3Ag-0,5Cu-4In-0,05Ta-Lötmetalls mittels Tropfverfahrens ausgebildet wurde;

[0029] **Fig. 5** ist ein Diagramm, das die Form eines Tröpfchens eines Sn-3Ag-0,5Cu-Lötmetalls zeigt, welches bei der Bewertung der Oberflächenspannung des Sn-3Ag-0,5Cu-Lötmetalls mittels eines Tropfverfahrens ausgebildet wurde;

[0030] **Fig. 6** ist ein Diagramm, das die Form eines Tröpfchens eines Sn-3Ag-0,5Cu-4In-Lötmetalls zeigt, welches bei der Bewertung der Oberflächenspannung eines Sn-3Ag-0,5Cu-4In-Lötmetalls mittels eines Tropf-Verfahrens ausgebildet wurde; und

[0031] **Fig. 7** ist eine Zeichnung, die kurz den "thermischen Zyklustest" illustriert, der in den Beispielen 1 und 2 ausgeführt wurde.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

<Bleifreies Lötmetall>

[0032] Das bleifreie Lötmetall gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst eine auf Sn (Zinn) basierende Legierung, die nicht weniger als 0,005 Gew-% und nicht mehr als 2,0 Gew-% Ta (Tantal) umfasst. Der Begriff "bleifreies Lötmetall", wie er hierin verwendet wird, bezieht sich generell auf eine Legierung mit einem Pb(Blei)-Gehalt von nicht mehr als 1000 ppm.

[0033] Bleifreie Lötmetalle gemäß der vorliegenden Erfindung, die eine vorab bestimmte Menge an Tantal enthalten, können klassifiziert werden in (i) auf Sn-Ta basierende Legierungen, (ii) auf Sn-Zn-Ta basierende Legierungen, (iii) auf Sn-Bi-Ta basierende Legierungen, (iv) auf Sn-Cu-Ta basierende Legierungen, (v) auf Sn-Cu-Ta basierende Legierungen und (vi) auf Sn-Cu-Ag-Ta basierenden Legierungen.

[0034] In der vorliegenden Erfindung sollte auch dann, wenn ein bleifreies Lötmetall zu einer der Legierungen (i) bis (vi) gehört, Tantal als unersetzliche Komponente in einer Menge von nicht weniger als 0,005 Gew-% und nicht mehr als 2,0 Gew-% enthalten sein.

[0035] Tantal ist eine Komponente, die hauptsächlich zur Verbesserung der Benetzungseigenschaften des Lötmetalls und der mechanischen Eigenschaften des Lötmetall-Verbindungsteils wichtig ist. Dass Tantal als hinzugegebenes Element reduziert die Oberflächenspannung einer Schmelze aus Zinn

oder einer Zinnlegierung, um die Eignung des Lötmittels zu verbessern, das zu lötende Element zu benetzen. Darüber hinaus bewirkt Tantal die Keimbildung einer Sn-Ta-intermetallischen Verbindung beim Erstarrungsprozess des Zinns oder der Zinnlegierung und trägt somit zur Verfeinerung des Kristallgefüges bei. Wenn der Tantal-Gehalt geringer als 0,005 Gew-% ist, kann der Effekt der Verbesserung der Benetzungseigenschaften, die von der Reduzierung der Oberflächenspannung herrühren, nicht erreicht werden, obwohl ein ausreichender Effekt der Verfeinerung der Erstarrungsstruktur erreicht werden kann. Auf der anderen Seite wird dann, wenn der Tantal-Gehalt mehr als 2,0 Gew-% beträgt, in einigen Fällen eine grobe Sn-Ta-intermetallische Verbindung unter bestimmten Abkühlbedingungen ausgebildet, was zu einer verringerten Löt-Festigkeit führt, obwohl exzellente Benetzungseigenschaften realisiert werden können. Der Gehalt an Tantal in dem bleifreien Lötmedium gemäß der vorliegenden Erfindung liegt vorzugsweise im Bereich von 0,05 bis 1,0 Gew-%, insbesondere bevorzugt im Bereich von 0,1 bis 0,5 Gew-%, da das beste Gleichgewicht zwischen den Benetzungseigenschaften und der mechanischen Eigenschaft erreicht werden kann und die besten Löt-Eigenschaften realisiert werden können.

[0036] Das auf Sn-Ta-basierende bleifreie Lötmedium (i) gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst Zinn, die vorher bestimmten Mengen an Tantal und optional verschiedene zugegebene Elemente (die detailliert im Folgenden beschrieben werden) sowie unvermeidliche Verunreinigungen. Da das auf Sn-Ta-basierende bleifreie Lötmedium gemäß der vorliegenden Erfindung eine kleine Menge an Tantal enthält, weist dieses bleifreie Lötmedium exzellente Benetzungseigenschaften und mechanische Eigenschaften gleichzeitig auf, ohne den Schmelzpunkt von 232 °C für reines Zinn in diesem Schmelzpunkt-Bereich zu verändern.

[0037] Die eutektische Zusammensetzung von Sn-9 Gew-% Zn weist den niedrigsten Schmelzpunkt (Schmelzpunkt: 198 °C) auf und wird üblicherweise als bleifreies Lötmedium mit niedrigem Schmelzpunkt verwendet. Dieses Lötmedium weist jedoch das Problem auf, dass sich wahrscheinlich aufgrund des hohen Zink-Gehalts eine große eutektische Struktur ausbilden wird und infolgedessen eine ausreichende Lötmedium-Festigkeit und -Zuverlässigkeit nicht bereitgestellt werden kann. Das auf Sn-Zn-Ta basierende bleifreie Lötmedium (ii) gemäß der vorliegenden Erfindung ist insbesondere bei der Lösung des oben genannten Problems am effektivsten. Insbesondere reduziert das in dem Lötmedium enthaltene Tantal die Oberflächenspannung und verfeinert signifikant die eutektische Struktur Sn-Zn, um ein verfeinertes und gleichmäßiges eutektisches Sn-Zn-Gefüge zu realisieren.

[0038] Hierdurch werden die mechanischen Eigenschaften verbessert. Insbesondere wird die Sprödeheit signifikant verbessert und das Auftreten von Rissen aufgrund der Erstarrung kann unterdrückt werden. Dieser Mechanismus ist ebenso bei einer Sn-Zn-übereutektischen Zusammensetzung mit einem Zink-Gehalt von mehr als 9 Gew-% und bei einer untereutektischen Zusammensetzung mit einem Zinkgehalt von weniger als 9 Gew-% sehr effektiv und die Zusammensetzung ist nicht besonders beschränkt.

[0039] Das auf Sn-Bi-Ta-basierende bleifreie Lötmedium (iii) gemäß der vorliegenden Erfindung ist ähnlich dem auf Sn-Zn-Ta-basierenden bleifreien Lötmedium (ii) gemäß der vorliegenden Erfindung und eine Sn-57 Gew-% Bi eutektische Zusammensetzung (Schmelzpunkt: 139 °C) wird üblicherweise als bleifreies Lötmedium mit niedrigem Schmelzpunkt verwendet. Obwohl ein Teil des Wismuths in dem Zinn gelöst wird, um eine feste Lösung einzugehen, bildet ein Hauptteil des Wismuths als einfache Substanz eine eutektische Struktur, die unter bestimmten Abkühlbedingungen vergrößert wird. Das Vorliegen dieser groben eutektischen Struktur ist ein Hauptgrund für den Sprödebruch in dem Lötteil. Dann, wenn die Lötmedium-Festigkeit und -Zuverlässigkeit gewährleistet werden sollen, sollte der Wismuth-Gehalt nicht mehr als 5,0 Gew-% betragen. Der Wismuth-Gehalt liegt besonders bevorzugt im Bereich von 0,1 bis 1,0 Gew-%.

[0040] Das auf Sn-Cu-Ta basierende bleifreie Lötmedium (iv), das auf Sn-Ag-Ta basierende bleifreie Lötmedium (v) sowie das auf Sn-Cu-Ag-Ta basierende bleifreie Lötmedium (vi) gemäß der vorliegenden Erfindung weisen ebenso den Effekt der Tantal-Einbindung auf, den das auf Sn-Zn-Ta basierende bleifreie Lötmedium und das auf Sn-Bi-Ta basierende bleifreie Lötmedium gemäß der vorliegenden Erfindung besitzt. Generell werden eine Zusammensetzung nahe der eutektischen Zusammensetzung Sn-0,5 bis 0,75 Gew-% Cu sowie eine Zusammensetzung nahe der ternären eutektischen Zusammensetzung Sn-0,5 bis 0,75 Gew-% Cu-3,0 bis 3,5 Gew-% Silber verwendet. Um den Schmelzpunkt des Lötmittels (Liquidus-Linien-Temperatur) anzuheben, wird ebenso eine über-eutektische Zusammensetzung mit einem Kupfergehalt von mehr als 7,5 Gew-%, die deutlich höher als der Kupfergehalt von Sn-0,7 Gew-% Cu eutektischer Zusammensetzung liegt, oder eine untereutektische Zusammensetzung mit einem Kupfergehalt von weniger als 0,5 Gew-%, was deutlich niedriger als der Kupfergehalt von Sn-0,7 Gew-% Cu der eutektischen Zusammensetzung ist, verwendet. In sämtlichen Zusammensetzungen des auf Sn-Cu basierenden bleifreien Lötmittels kann der Effekt der Tantal-Einbindung erreicht werden. Dies gilt auch für die auf Sn-Ag basierenden bleifreien Lötmedium und die auf Sn-Cu-Ag basierenden bleifreien Lötmedium.

[0041] In den bleifreien Lötmitteln (i) bis (vi) gemäß der vorliegenden Erfindung, wie sie oben beschrieben wurden, können falls notwendig verschiedene zusätzliche Elemente verwendet werden. Zumindest ein hinzugefügtes Element (x), das aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Kobalt (Co), Titan (Ti), Nickel (Ni), Blei (Pb), Antimon (Sb) und Germanium (Ge) besteht, kann als speziell bevorzugtes Beispiel des hinzugegebenen Elements angegeben werden. Die Verwendung des additiven Elements (X) kann die Oberflächenspannung des geschmolzenen bleifreien Lötmittels reduzieren und kann die Benetzbarkeit verbessern. Beispielsweise beschreibt die japanische Patentanmeldung Nr. 65858/2004, dass die Oberflächenspannung durch die Hinzufügung von Kobalt (Co), Nickel (Ni) und Palladium (Pd) reduziert werden kann.

[0042] Für sämtliche hinzugegebenen Kobalt, Titan, Nickel, Blei, Antimon und Germanium im bleifreien Lötmittel gemäß der, vorliegenden Erfindung ist die Zugabemenge bevorzugt nicht kleiner als 0,005 Gew-% und nicht mehr als 0,5 Gew-%. Wenn die Zugabemenge geringer als 0,005 Gew-% ist, kann eine zufriedenstellende Reduzierung der Oberflächenspannung nicht gewährleistet werden. Auf der anderen Seite wird dann, wenn die Zugabemenge 0,5 Gew-% übersteigt, eine grobe intermetallische Verbindung sehr wahrscheinlich unter bestimmten Abkühlbedingungen ausgebildet und somit werden die mechanischen Eigenschaften manchmal gestört. Wenn eine Vielzahl von additiven Elementen (X) in dem bleifreien Lötmittel enthalten sind, ist der Gesamtgehalt der additiven Elemente (X) vorzugsweise nicht größer als 1,0 Gew-%, besonders bevorzugt nicht größer als 0,7 Gew-%.

[0043] Wenn das bleifreie Lötmittel gemäß der vorliegenden Erfindung das auf Sn-Cu-Ta basierende bleifreie Lötmittel (iv), das auf Sn-Ag-Ta basierende bleifreie Lötmittel (v) oder das auf Sn-Cu-Ag-Ta basierende bleifreie Lötmittel (vi) ist, können zusätzlich zu den oben erwähnten additiven Elementen (X) andere additive Elemente optional verwendet werden. Zumindest ein additives Element (Y), das aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Indium (In) und Wismuth (Bi) besteht, kann als besonders bevorzugtes Beispiel für das andere additive Element herausgehoben werden. Wenn das additive Element (Y) in dem bleifreien Lötmittel gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet wird, kann das additive Element (x) vorliegen oder abwesend sein. Darüber hinaus können in dem bleifreien Lötmittel gemäß der vorliegenden Erfindung zusätzliche additive Elemente vorliegen, die sich von den additiven Elementen (X) und den additiven Elementen (Y) unterscheiden, solange der Effekt der vorliegenden Erfindung erreicht wird.

[0044] Indium (In) ist hauptsächlich eine Komponente, die zur Absenkung des Schmelzpunkts des

bleifreien Lötmittels verwendbar ist und genau dann spezifiziert wird, wenn das Gleichgewicht zwischen dem erlaubten Temperaturbereich einer anzubringenden elektronischen Komponente und den Materialkosten in Betracht gezogen werden. Generell ist die Zugabemenge für Indium vorzugsweise nicht mehr als 10,0 Gew-%, besonders bevorzugt nicht mehr als 50 Gew-% im Hinblick auf den Oxidations-Widerstand.

[0045] Wismuth (Bi) ist hauptsächlich eine Komponente, die zur Absenkung des Schmelzpunkts des bleifreien Lötmittels verwendbar ist und die Zusammensetzung des Wismuths ist nicht besonders beschränkt. Wie oben bereits beschrieben, sollte jedoch dann, wenn die Lötmittelfestigkeit und die – Zuverlässigkeit sichergestellt werden sollte, der Wismuth-Gehalt nicht mehr als 5 Gew-% betragen, besonders bevorzugt im Bereich von 0,1 Gew-% bis 1,0 Gew-% liegen. Wenn Wismuth zusammen mit Indium enthalten ist, liegt insbesondere der Wismuth-Gehalt vorzugsweise im Bereich von 0,1 Gew-% bis 1,0 Gew-%.

[0046] Die bleifreien Lötmittel (i) bis (vi) gemäß der vorliegenden Erfindung und die optional hinzugegebene Elemente (X) und die additive Elemente (Y) enthaltenen bleifreien Lötmittel gemäß der vorliegenden Erfindung können sehr leicht und gut einer plastischen Bearbeitung unterzogen werden, beispielsweise einer Extrusion, einem Walzen und einem Drahtziehen. Darüber hinaus sind die bleifreien Lötmittel (i) bis (vi) gemäß der vorliegenden Erfindung sowie die optional das additive Element (X) und das additive Element (Y) enthaltenen bleifreien Lötmittel gemäß der vorliegenden Erfindung dann, wenn sie als Lötmittel verwendet werden, besonders exzellent in verschiedenen Eigenschaften, die für Lötmittel erforderlich sind, beispielsweise in Bezug auf die Bindefestigkeit, mechanische Eigenschaften sowie die Benetzungseigenschaften.

[0047] Dementsprechend kann die vorliegende Erfindung Lötmittelverbindungs-Produkte und insbesondere elektronische Komponenten mit verschiedenen elektronischen Elementen, beispielsweise LED Licht emittierende Elemente, SEDs (surface-conduction electron-emitter displays) oder damit verbundene befestigte Substrate mit exzellenter Bindefestigkeit und -Zuverlässigkeit zur Verfügung stellen.

[0048] Das bleifreie Lötmittel gemäß der vorliegenden Erfindung kann unter Anwendung jedes gewünschten Verfahrens ohne besondere Beschränkung erzeugt werden. Beispielsweise kann das bleifreie Lötmittel gemäß der vorliegenden Erfindung durch das Schmelzketten unentbehrlicher Komponenten, d.h. von Zinn (Sn) und Tantal (Ta) sowie Zink (Zn), Wismuth (Bi), Kupfer (Cu) oder Silber (Ag), optionaler Komponenten, d.h. ein zugegebenes Ele-

ment (X) oder ein zugegebenes Element (Y) und falls erforderlich andere Komponenten hergestellt werden, um so ein bleifreies Lötmedium mit einer beabsichtigten Zusammensetzung oder einer Temperatur am oder oberhalb des Schmelzpunkts jeder der Komponenten zur Verfügung zu stellen, und dann durch Abkühlen der Mischung. Das bleifreie Lötmedium gemäß der vorliegenden Erfindung wird besonders vorteilhaft durch eine vorab erfolgende Zulegierung von Zinn in einer erforderlichen Menge oder einer kleineren Menge als für die Bildung des beabsichtigten bleifreien Lötmediums mit einem oder zumindest zwei der oben erwähnten unentbehrlichen Komponenten und/oder optionalen Komponenten, und dann Zulegieren des legierten Produkts (vorlegiertes Produkt) mit der verbleibenden Menge der erforderlichen Menge an Zinn und der verbleibenden Menge der unentbehrlichen Komponenten und/oder optionalen Komponenten erzeugt werden, um so das beabsichtigte bleifreie Lötmedium herzustellen. Somit kann ein Lötmedium, das Zinn und die oben angegebenen metallischen Komponenten umfasst, welche homogen und eng dispergiert wurden, leicht erzeugt werden. Um eine Störung der Eigenschaften durch Oxidation des bleifreien Lötmediums zu verhindern, werden das bleifreie Lötmedium und seine Bilde-Komponenten vorzugsweise in einer inerten Atmosphäre, beispielsweise in einer Stickstoff-Argon- oder Heliumgas-Atmosphäre behandelt.

[0049] Das bleifreie Lötmedium gemäß der vorliegenden Erfindung ist ein Feststoff oder liegt bei Raumtemperatur in Pastenform vor, abhängig beispielsweise von der Zusammensetzung des bleifreien Lötmediums, den speziellen Produktionsbedingungen und anderen Bedingungen.

[0050] Das bleifreie Lötmedium gemäß der vorliegenden Erfindung, welches so erzeugt wurde, kann sehr leicht und gut einer plastischen Bearbeitung unterzogen werden, beispielsweise einer Extrusion, einem Walzprozess und einem Drahtziehprozess. Darüber hinaus ist das bleifreie Lötmedium gemäß der vorliegenden Erfindung dann, wenn es als Lötmedium verwendet wird, exzellent in verschiedenen Eigenschaften, die für Lötmedium erforderlich sind, beispielsweise in Bezug auf die Bindefestigkeit, mechanische Eigenschaften sowie die Benetzungseigenschaften.

[0051] Die Benetzungseigenschaften des bleifreien Lötmediums gemäß der vorliegenden Erfindung sind so, dass die prozentuale Nassspreizung (%) ausgedrückt in JIS Z 3198-3 75 bis 80% beträgt für (i) das auf Sn-Ta basierende bleifreie Lötmedium, 60 bis 70% beträgt für (ii) das auf Sn-Zn-Ta basierende bleifreie Lötmedium, 80 bis 90% beträgt für (iii) das auf Sn-Bi-Ta basierende bleifreie Lötmedium, 70 bis 85% beträgt für (iv) das auf Sn-Cu-Ta basierende bleifreie Lötmedium, 75 bis 85% beträgt für (v) das auf Sn-Ta-Ag basierende bleifreie Lötmedium, sowie 75 bis 85% beträgt für (vi)

das auf Sn-Cu-Ag-Ta basierende bleifreie Lötmedium. Für jedes dieser bleifreien Lötmedium kann eine Verbesserung um 15% oder mehr bei den Benetzungseigenschaften (prozentuale Spreizung) über die gleichen Lötmedium wie oben beschrieben realisiert werden, außer dass Tantal nicht enthalten ist.

[0052] Die Benetzungseigenschaften des bleifreien Lötmediums können ebenso dadurch bewertet werden, dass eine Lötmittelschicht mit einer vorbestimmten Dicke auf einem Substrat platziert wird, die Zusammensetzung in einer Luftatmosphäre auf eine Temperatur bei oder oberhalb des Schmelzpunkts des Lötmediums erhitzt wird und visuell der Zustand des Lötmittelfilms, der von dem geschmolzenen Lötmedium ausgebildet ist, überwacht wird.

[0053] [Fig. 1](#) ist ein Diagramm, das den Zustand eines Lötmediumbands (2) zeigt, das durch Bereitstellen eines Lötmediumbands aus Sn-3Ag-0,5Cu-4In-0,05Ta mit einer Größe von 25 mm-Länge × 25 mm Breite × 150 µm Dicke als Lötmedium gemäß der vorliegenden Erfindung bereitgestellt wurde, das Platzieren des Lötmedium-Bands auf einer sauerstofffreien Kupferplatte (1), die mit einem Flussmittel beschichtet ist, die Wärmebehandlung der Zusammensetzung bei einer Temperatur von 250 °C zur Aufschmelzung des Lötmediums, sowie anschließende Erstarrung des Lötmediums. [Fig. 2](#) ist ein Diagramm, das das gleiche Lötmedium-Band wie in [Fig. 1](#) zeigt, außer dass Sn-3Ag-0,5Cu anstelle des oben beschriebenen Lötmediums gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet wurde. [Fig. 3](#) ist ein Diagramm, das das gleiche Lötmedium-Band wie in [Fig. 1](#) zeigt, außer dass Sn-3Ag-0,5Cu-4In anstelle des oben beschriebenen Lötmediums gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet wurde.

[0054] Wie aus diesen Zeichnungen ersichtlich wird, weist das bleifreie Lötmedium gemäß der vorliegenden Erfindung gute Benetzungseigenschaften auf und kann einen Lötmittelfilm mit im Wesentlichen gleicher Dicke auf einem Substrat ausbilden. Auf der anderen Seite wird bei anderen Lötmedien, da die Benetzungseigenschaften nicht ausreichend sind, ein Teil des Lötmediums im geschmolzenen Zustand von dem Substrat abgestoßen. Als Ergebnis hiervon kann ein gleichmäßiger Lötmittelfilm nicht ausgebildet werden und ein nicht anhaftender Teil 3 oder ein exzessiv vorstehender Teil 4 des Lötmittelfilms tritt auf. Darüber hinaus ist die Kontur des Lötmittelfilms unklar. Bei dem Lötmedium mit schlechter Benetzbarkeit kann eine ausreichende Lötmedium-Bindefestigkeit nicht realisiert werden und darüber hinaus besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit dafür, dass das Lötmedium in nicht erwünschte Bereiche ausläuft. Dementsprechend ist ein derartiges Lötmedium besonders nicht in Anwendungen geeignet, wo eine hochgradig genaue Lötmedium-Verbindungsqualität erforderlich ist, beispielsweise als Lötmedium zur Verbindung von Ver-

kabelungen oder hochpräzisen elektronischen Elementen.

[0055] Darüber hinaus können die Benetzungseigenschaften des Lötmittels ebenso durch Messung der Oberflächenspannung des Lötmittels in geschmolzenem Zustand mittels eines Tropfverfahrens bewertet werden. Das Tropfverfahren ist ein Verfahren zum Messen der Oberflächenspannung unter Verwendung einer solchen Eigenschaft, dass dann, wenn eine Flüssigkeit durch eine kreisförmigen Rohröffnung abtropft, ein Lötmittel-Tröpfchen als Ergebnis davon abtropft, dass das Gewicht des Lötmittel-Tröpfchens die Oberflächenspannung des Tröpfchens übersteigt.

[0056] [Fig. 4](#) zeigt die Form eines Lötmittel-Tröpfchens direkt bevor dem Abtropfen in dem Fall, wo eine Schmelze aus Sn-3Ag-0,5Cu-4In-0,05Ta-Lötmittel gemäß der vorliegenden Erfindung schrittweise durch eine kreisförmige Rohröffnung mit einem Durchmesser von 0,7 mm ausfließt. [Fig. 5](#) zeigt die Formen des gleichen Lötmittel-Tröpfchens wie in [Fig. 4](#), außer dass Sn-3Ag-0,5Cu anstelle des Lötmittels aus [Fig. 4](#) verwendet wurde. [Fig. 6](#) zeigt die Formen des gleichen Lötmittel-Tröpfchens wie in [Fig. 4](#), außer dass Sn-3Ag-0,5Cu-4In anstelle des Lötmittels aus [Fig. 4](#) verwendet wurde. In jeder Zeichnung wurde die Oberflächenspannung γ des geschmolzenen Lötmittels aus der Beziehung zwischen dem maximalen Durchmesser d_s des Lötmittel-Tröpfchens in horizontaler Richtung direkt vor dem Abtropfen des Lötmittel-Tröpfchens sowie den Durchmesser d_d des Lötmittel-Tröpfchens in horizontaler Richtung bei einer Position der Distanz d_e von dem vorderen Ende des Lötmittel-Tröpfchens berechnet.

$$\gamma = g \cdot \rho \cdot (d_e)^2 / H$$

wobei γ die Oberflächenspannung, g die Gravitationskonstante, d_s den maximalen Durchmesser und H einen Korrekturfaktor ($H = d_s/d_e$) bezeichnet.

[0057] Wie aus der oben angegebenen Gleichung abgeleitet, ist je größer der d_s -Wert, desto geringer die Oberflächenspannung. Je geringer die Oberflächenspannung des Lötmittels ist, desto besser ist die Benetzbarkeit.

[0058] Die Oberflächenspannung des Lötmittels Sn-3Ag-0,5Cu-4In-0,1Ta gemäß der vorliegenden Erfindung, die in [Fig. 4](#) gezeigt ist, beträgt 0,4 bis 0,42 N/m, die Oberflächenspannung des konventionellen Lötmittels Sn-3Ag-0,5Cu, wie es in [Fig. 5](#) gezeigt ist, beträgt 0,38 bis 0,40 N/m und die Oberflächenspannung des konventionellen Lötmittels Sn-3Ag-0,5Cu-4In, wie es in [Fig. 6](#) gezeigt ist, beträgt 0,43 bis 0,46 N/m.

[0059] Aus den oben angegebenen Ergebnissen wird ersichtlich, dass die Einbindung von 4In in ein konventionelles Lötmittel Sn-3Ag-0,5Cu die Oberflächenspannung anhebt und die Einbindung von 0,1Ta in das Lötmittel die Oberflächenspannung reduziert, um gute Benetzungseigenschaften zu verwirklichen.

[0060] Das bleifreie Lötmittel gemäß der vorliegenden Erfindung weist exzellente Oxidations-Widerstandsfähigkeit auf und somit wurde eine Störung der verschiedenen Eigenschaften basierend auf der Oxidation hochgradig unterdrückt und darüber hinaus ist die Erzeugung einer sogenannten "Krätze", die hauptsächlich aus Oxiden des Lötmittels zusammengesetzt ist, sehr unwahrscheinlich. Beispielsweise wird in dem bleifreien Lötmittel gemäß der vorliegenden Erfindung die Menge an erzeugter Krätze um etwa ein Fünftel im Vergleich zu einem Fall eines Tantalum-freien bleifreien Lötmittels reduziert.

<Verfahren zur Herstellung eines geformten Produkts aus bleifreiem Lötmittel>

[0061] Der Herstellungsprozess eines geformten Produkts aus bleifreiem Lötmittel gemäß der vorliegenden Erfindung wird gekennzeichnet dadurch, dass er einen Brammen-Gießschritt der Auflösung und des Gießens des bleifreien Lötmittels gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst, um einen Gussblock – auszubilden, sowie einen plastischen Bearbeitungsschritt der plastischen Bearbeitung dieses Gussblocks, um ein geformtes Produkt herzustellen.

[0062] Generell können konventionelle bleifreie Lötmittel nicht ohne Schwierigkeiten plastisch bearbeitet werden und auch dann, wenn die plastische Bearbeitung erfolgreich abgeschlossen wurde, ist es schwierig, mechanische Eigenschaften, Benetzungseigenschaften und andere Eigenschaften, die für ein Lötmittel ausreichend sind, zu verwirklichen. Auf der anderen Seite kann das bleifreie Lötmittel gemäß der vorliegenden Erfindung sehr leicht und gut plastisch bearbeitet werden, und auch nach der plastischen Bearbeitung liegen gute mechanische Eigenschaften, Benetzungseigenschaften, Lötmittel-Bindefestigkeit und andere Eigenschaften, die für Lötmittel bevorzugt werden, vor.

[0063] Gemäß dem Herstellungsprozess für ein geformtes Produkt aus einem bleifreien Lötmittel gemäß der vorliegenden Erfindung kann ein geformtes Lötmittel-Produkt mit einer gewünschten Form und Größe, das Eigenschaften, die bei einem Lötmittel bevorzugt sind, leicht hergestellt werden. In der vorliegenden Erfindung konnte bisher ein geformtes Produkt aus einem bleifreien Lötmittel in einer gewünschten Form unter Verwendung eines konventionellen generell bleifreien Lötmittels, beispielsweise als Band, Faden oder Stab nicht hergestellt werden.

[0064] Spezielle Beispiele von bevorzugten bandförmigen geformten Produkten aus bleifreiem Lötmitte gemäß der vorliegenden Erfindung beinhalten diejenigen, die eine Dicke von 50 bis 500 µm und besonders bevorzugt 100 bis 150 µm aufweisen. Spezielle Beispiele von bevorzugten faserförmigen geformten Produkten aus bleifreiem Lötmitte gemäß der vorliegenden Erfindung beinhalten diejenigen, die einen Faserdurchmesser von 0,1 mm bis 1 mm, besonders bevorzugt 0,2 mm bis 0,5 mm, aufweisen. Die Form und die Dimension des stangenförmigen geformten Produkts aus bleifreiem Lötmitte gemäß der vorliegenden Erfindung sind nicht besonders begrenzt. Um die Seigerung der chemischen Bestandteile in einem gegossenen stangenförmigen geformten Produkt aus bleifreiem Lötmitte zu minimieren, ist die Abkühlrate jedoch vorzugsweise nicht geringer als 1°C/sec. Darüber hinaus beinhalten Beispiele von stangenförmigen geformten Produkten aus bleifreiem Lötmitte diejenigen stangenförmigen geformten Produkte aus bleifreiem Lötmitte, die eine homogene Struktur aufweisen, welche durch Extrusion eines gegossenen Gussblocks hergestellt wurden, das Unterziehen des Extrudats einer plastischen Bearbeitung sowie des Walzens, oder aber das Herstellen eines geformten stangenförmigen Produkts aus bleifreiem Lötmitte, welches durch direktes Walzen eines geschmolzen bleifreien Lötmittels erzeugt wurde.

[0065] Das geformte Produkt aus bleifreiem Lötmitte gemäß der vorliegenden Erfindung ist besonders geeignet als geformtes Lötmitteprodukt für die Lötverbindung von beispielsweise elektronischen Komponenten mit verschiedenen elektronischen Elementen, beispielsweise LED Licht emittierende Elemente sowie SEDs (surface-conduction electron-emitter displays) und befestigte Substrate.

[0066] Das bleifreie Lötmitte sowie die geformten Produkte aus bleifreiem Lötmitte gemäß der vorliegenden Erfindung haben im Wesentlichen den gleichen Schmelzpunkt wie konventionelles, Blei enthaltendes Zinn-Lötmitte und weisen eine exzellente Lötmitte-Verbindungsfestigkeit und eine Zuverlässigkeit auf, die gleich oder besser als diejenigen von konventionellem bleifreiem Lötmitte und geformten Produkten aus bleifreiem Lötmitte sind.

BEISPIELE

<Beispiel 1>

[0067] Ein bleifreies Lötmitte, das aus Zinn-9,0 Gew-% Zink-0,1 Gew-% Tantal zusammengesetzt war, wurde erschmolzen und die Schmelze wurde in eine Bramme mit einem Durchmesser von 100 mm und einer Länge von 300 mm gegossen. Danach wurde die Bramme in ein Stangenmaterial mit einer Dicke von 10 mm und einer Breite von 70 mm extrudiert. Das Stangenmaterial wurde anschließend ge-

walzt, um ein Band mit einer Dicke von 100 µm und einer Breite von 70 mm zu erzeugen.

[0068] Danach wurde, wie dies in **Fig. 7** gezeigt ist, ein Flussmitte auf eine Oberfläche einer Kupferplatte **100** mit einer Dicke von 3 mm, einer Breite von 50 mm und einer Länge von 60 mm, wie dies in **Fig. 7** gezeigt ist, beschichtet und ein Band-Lötmitte **102** mit einer Dicke von 100 µm, eine Breite von 40 mm und einer Länge von 50 mm wurde anschließend auf der beschichteten Kupferplatte **100** platziert. Danach wurde ein mit Kupfer metallisiertes SiN-Substrat **101** mit einer Dicke von 0,5 mm, einer Breite von 30 mm sowie einer Länge von 40 mm auf dem oberen Teil des Band-Lötmittels **102** platziert. Die Zusammensetzung wurde in einer Stickstoffgas-Atmosphäre bei einer Temperatur von 230 °C für 45 Sekunden zum Rückfließen erhitzt. Das Verbindungsprodukt, welches so erhalten wurde, wurde einem thermischen Zyklustest unter Bedingungen von -25 °C bis 125 °C unterworfen. Nach einem 2000-fachen thermischen Zyklustest wurde das Verbindungsprodukt durch einen Ultraschall-Fehler-Inspektionstest untersucht. Als Ergebnis wurden weder Risse noch eine Trennung ermittelt.

<Beispiel 2>

[0069] Ein bleifreies Lötmitte, das aus Zinn-0,5 Gew-% Kupfer-2-5 Gew-% Silber-4,0 Gew-% In-0,1 Gew-% Kobalt zusammengesetzt war, wurde erschmolzen und die Schmelze wurde in einen Gussblock mit einem Durchmesser von 100 mm und einer Länge von 300 mm gegossen. Danach wurde der Gussblock in ein Stangenmaterial mit einer Dicke von 10 mm und einer Breite von 70 mm extrudiert. Das Stangenmaterial wurde anschließend gewalzt, um ein Band mit einer Dicke von 100 µm und einer Breite von 70 mm bereitzustellen.

[0070] Danach wurde, wie dies in **Fig. 7** gezeigt ist, ein Flussmitte auf einer Oberfläche einer Kupferplatte **100** mit einer Dicke von 3 mm, einer Breite von 50 mm und einer Länge von 60 mm aufgebracht und ein Band-Lötmitte **102** mit einer Dicke von 100 µm, einer Breite von 40 mm und einer Länge von 50 mm wurde anschließend auf der beschichteten Kupferplatte **100** platziert. Danach wurde ein mit Kupfer metallisiertes SiN-Substrat **102** mit einer Dicke von 0,5 mm, einer Breite von 30 mm und einer Länge von 40 mm auf dem oberen Teil des Band-Lötmittels **101** platziert. Die Zusammensetzung wurde in einer Stickstoffgas-Atmosphäre bei einer Temperatur von 250 °C zum Rückfließen erhitzt. Das Verbindungsprodukt, das so erhalten wurde, wurde einem thermischen Zyklustest unter Bedingungen von -25 °C bis 125 °C unterzogen. Nach einem 4000-fachen thermischen Zyklustest wurde das Verbindungsprodukt durch einen Ultraschall-Fehler-Inspektionstest untersucht. Als Ergebnis wurden weder Risse noch Trennungen

beobachtet.

<Vergleichsbeispiel 1>

[0071] Ein bleifreies Lötmedium, das aus Zinn-9,0 Gew-% Zink bestand, wurde erschmolzen und die Schmelze wurde anschließend in einen Gussblock mit einem Durchmesser von 100 mm und einer Länge von 300 mm gegossen. Der Gussblock wurde anschließend in eine Sektion mit einer Dicke von 10 mm und einer Breite von 70 mm extrudiert. Als Ergebnis wurde herausgefunden, dass eine Anzahl von Rissen in der Sektion in deren Kantenteil in einer Richtung senkrecht zur Extrusionsrichtung auftragen. Das extrudierte Material wurde gewalzt, um ein Band-Lötmedium mit einer Dicke von 100 µm, einer Breite von 40 mm und einer Länge von 50 mm herzustellen, welche anschließend geschnitten und als Probe verwendet wurde.

[0072] Danach wurde auf die gleiche Weise wie in Beispiel 1 ein Flussmittel auf eine Oberfläche einer Kupferplatte **100** mit einer Dicke von 3 mm, einer Breite von 50 mm und einer Länge von 60 mm aufgebracht und ein Band-Lötmedium **102** mit einer Dicke von 100 µm, einer Breite von 40 mm und einer Länge von 50 mm wurde anschließend auf der beschichteten Kupferplatte **100** platziert. Danach wurde ein kupfermetallisiertes SiN-Substrat **102** mit einer Dicke von 0,5 mm, einer Breite von 30 mm und einer Länge von 40 mm auf dem oberen Teil des Band-Lötmediums **101** platziert. Die Zusammensetzung wurde in einer Stickstoffgas-Atmosphäre bei einer Temperatur von 230 °C für 45 Sekunden zum Rückfließen erhitzt. Das Verbindungsprodukt, das so erhalten wurde, wurde einem thermischen Zyklustest unter Bedingungen von -25 °C bis 125 °C unterworfen. Nach einem 750-fachen thermischen Zyklustest wurde das Verbindungsprodukt durch einen Ultraschall-Fehler-Inspektionstest untersucht. Als Ergebnis wurde eine Anzahl von Rissen an vier Ecken des Verbindungsprodukts beobachtet.

Patentansprüche

1. Bleifreies Lötmedium, umfassend eine Legierung auf Zinn(Sn)-Basis mit einem Tantal(Ta)-Gehalt von nicht weniger als 0,005 Gew-% und nicht mehr als 2,0 Gew-%.

2. Bleifreies Lötmedium, umfassend eine Legierung auf Zinn(Sn)-Basis, umfassend nicht mehr als 0,005 Gew-% und nicht mehr als 2,0 Gew-% Tantal (Ta) und nicht weniger als 0,1 Gew-% und nicht mehr als 10,0 Gew-% Zink (Zn) mit einem Rest, bestehend aus Zinn (Sn) und unvermeidlichen Verunreinigungen.

3. Bleifreies Lötmedium, umfassend eine Legierung auf Zinn(Sn)-Basis, umfassend nicht mehr als 0,005 Gew-% und nicht mehr als 2,0 Gew-% Tantal (Ta) und

nicht weniger als 0,1 Gew-% und nicht mehr als 60,0 Gew-% Wismuth (Bi) mit einem Rest, bestehend aus Zinn (Sn) und unvermeidlichen Verunreinigungen.

4. Bleifreies Lötmedium, umfassend eine Legierung auf Zinn(Sn)-Basis, umfassend nicht weniger als 0,005 Gew-% und nicht mehr als 2,0 Gew-% Tantal (Ta) und nicht weniger als 0,1 Gew-% und nicht mehr als 10,0 Gew-% Indium (In) mit einem Rest, bestehend aus Zinn (Sn) und unvermeidlichen Verunreinigungen.

5. Bleifreies Lötmedium, umfassend eine Legierung aus Zinn(Sn)-Basis, umfassend nicht weniger als 0,005 Gew-% und nicht mehr als 2,0 Gew-% Tantal (Ta) und nicht weniger als 0,01 Gew-% und nicht mehr als 7,5 Gew-% Kupfer (Cu) mit einem Rest, bestehend aus Zinn (Sn) und unvermeidlichen Verunreinigungen.

6. Bleifreies Lötmedium, umfassend eine Legierung auf Zinn(Sn)-Basis, umfassend nicht weniger als 0,005 Gew-% und nicht mehr als 2,0 Gew-% Tantal (Ta) und nicht weniger als 0,01 Gew-% und nicht mehr als 5,0 Gew-% Silber (Ag) mit einem Rest, bestehend aus Zinn (Sn) und unvermeidlichen Verunreinigungen.

7. Bleifreies Lötmedium, umfassend eine Legierung auf Zinn(Sn)-Basis, umfassend nicht weniger als 0,005 Gew-% und nicht mehr als 2,0 Gew-% Tantal (Ta) und nicht weniger als 0,01 Gew-% und nicht mehr als 5,0 Gew-% Silber (Ag) und nicht weniger als 0,01 Gew-% und nicht mehr als 7,5 Gew-% Kupfer (Cu) mit einem Rest, bestehend aus Zinn (Sn) und unvermeidlichen Verunreinigungen.

8. Bleifreies Lötmedium gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die auf Zinn basierende Legierung des Weiteren zumindest ein additives Element (Y) umfasst, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Indium und Wismuth besteht.

9. Bleifreies Lötmedium gemäß Anspruch 8, wobei in der Legierung auf Zinn-Basis der Gehalt des additiven Elements (Y), das aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Indium und Wismuth besteht, nicht mehr als 10 Gew-% für Indium und nicht mehr als 60 Gew-% für Wismuth beträgt.

10. Bleifreies Lötmedium gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Legierung auf Zinn-Basis des Weiteren zumindest ein additives Element (X) umfasst, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Kobalt (Co), Titan (Ti), Nickel (Ni), Palladium (Pd), Antimon (Sb) und Germanium (Ge) besteht.

11. Bleifreies Lötmedium gemäß Anspruch 10, wobei in der Legierung auf Zinn-Basis der Gehalt des additiven Elements (X), das aus der Gruppe ausge-

wählt ist, die aus Kobalt, Titan, Palladium, Antimon und Germanium besteht, dergestalt ist, dass für jedes additive Element (X) der Gehalt nicht mehr als 0,05 Gew-% beträgt und dann, wenn eine Vielzahl von additiven Elementen (X) enthalten sind, der Gesamtgehalt der Vielzahl additiver Elemente (X) und nicht mehr als 1,0 Gew-% beträgt.

12. Bleifreies Lötmedium gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei dies in der Form einer Creme, eines Bands, eines Fadens oder einer Stange vorliegt.

13. Lötmediumverbindungsprodukt, hergestellt durch Verbinden mit einem bleifreien Lötmedium gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12.

14. Elektronische Komponente, hergestellt durch Verbinden mit einem bleifreien Lötmedium nach einem der Ansprüche 1 bis 12.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

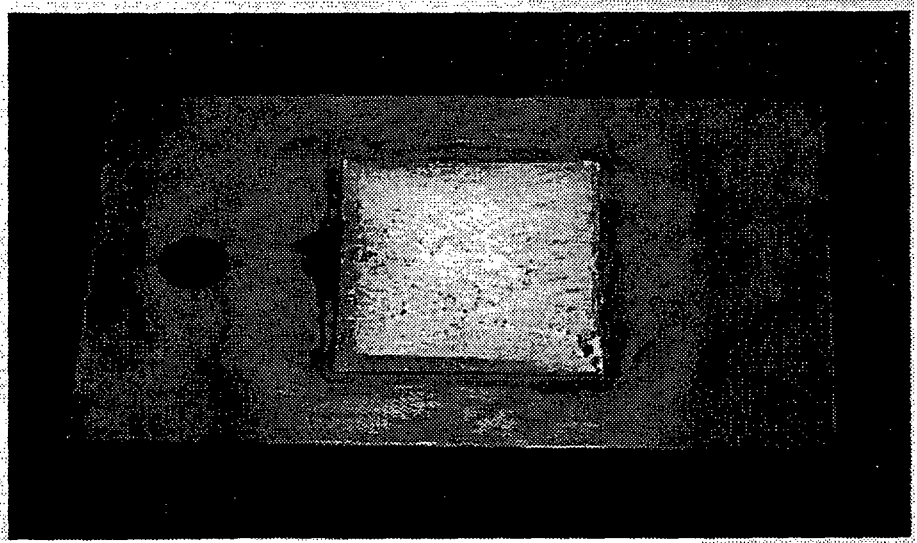
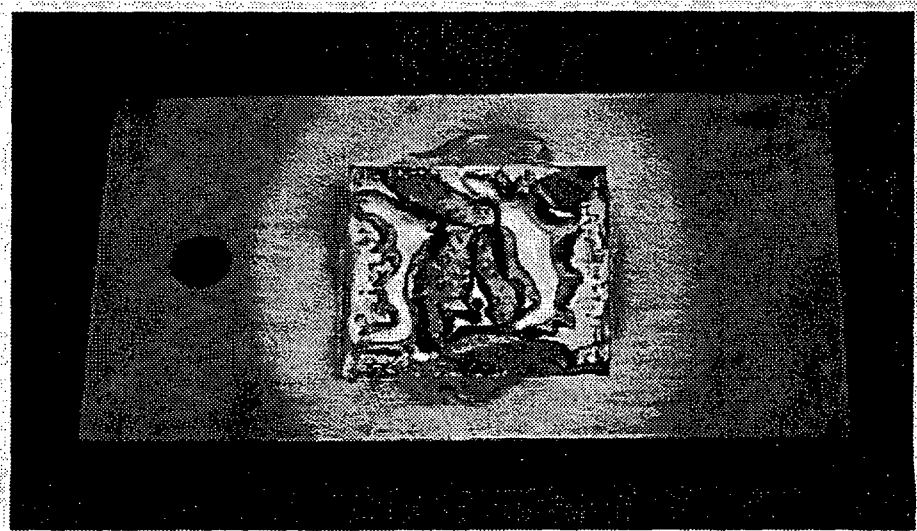


FIG. 2



FIG. 3



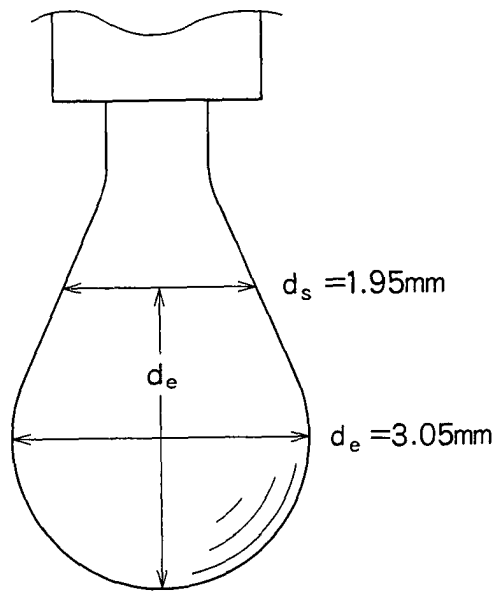


FIG. 4

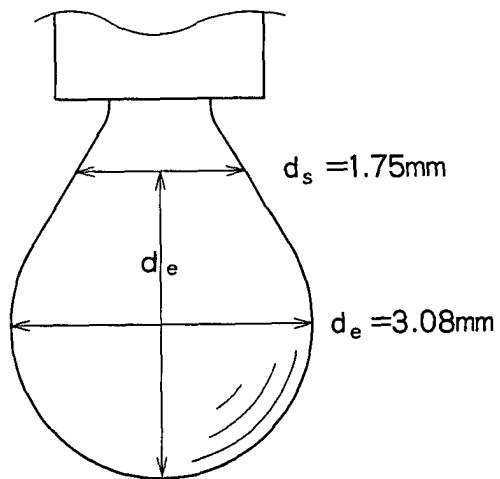


FIG. 5

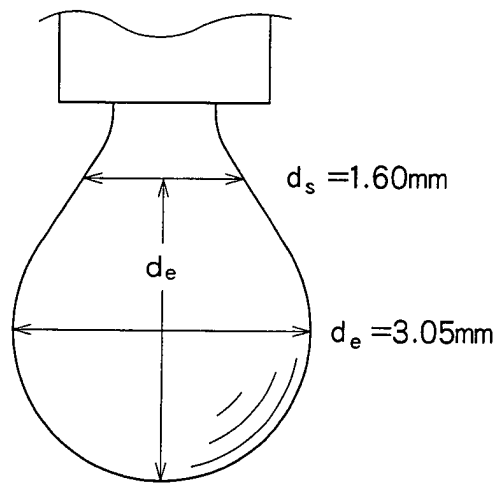


FIG. 6

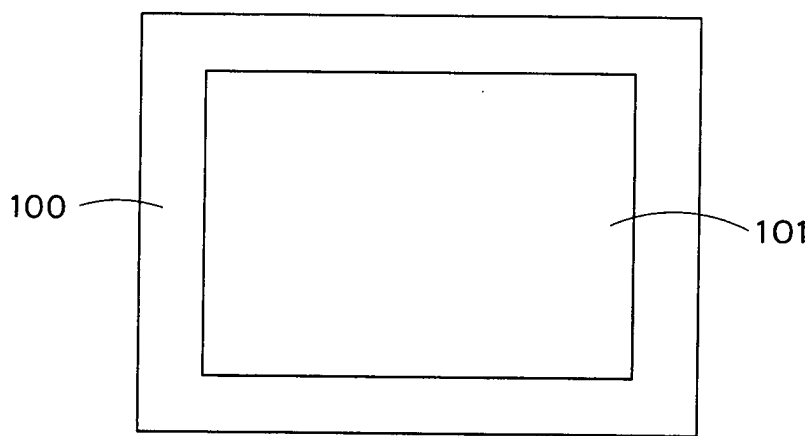


FIG. 7A

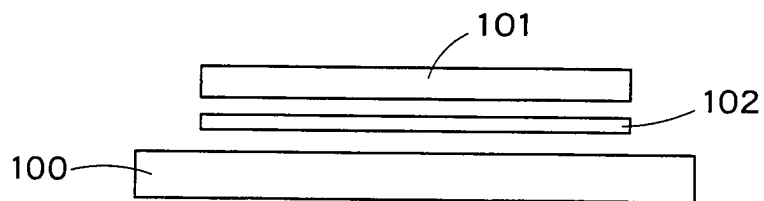


FIG. 7B