



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 18 261 T2 2004.11.18**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 043 112 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 18 261.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP99/05275**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 944 854.1**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/24544**

(86) PCT-Anmeldetag: **28.09.1999**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **04.05.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **11.10.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **23.06.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **18.11.2004**

(51) Int Cl.⁷: **B23K 35/26**

C22C 13/00

(30) Unionspriorität:

32448298 28.10.1998 JP

32448398 28.10.1998 JP

6974299 16.03.1999 JP

(74) Vertreter:

Berendt und Kollegen, 81667 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE

(72) Erfinder:

NISHIMURA, Tetsuro, Suita-shi, JP

(54) Bezeichnung: **Bleifreie Lötlegierung**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft die Zusammensetzung einer neuen bleifreien Lötlegierung.

[0002] In einer Lötlegierung spielt Blei üblicherweise eine wichtige Rolle zum Lösen von Zinn, um den Fließfaktor und die Benetzungbarkeit zu verbessern. Die Verhinderung der Verwendung von Blei, einem toxischen Schwermetall ist unter Berücksichtigung der Arbeitsumgebung, in der gelötete Produkte verwendet werden, und der umgebenden Erde, in die das Lötmaterial freigesetzt wird, bevorzugt. Die Verwendung von Blei in Lötlegierungen zu verhindern, ist deshalb eine wichtige Praxis.

[0003] Wenn eine bleifreie Lötlegierung gebildet wird, muß die Legierung eine Benetzungbarkeit mit den Metallen, die gelötet werden, aufweisen. Zinn weist eine solche Benetzungbarkeit auf, ist jedoch in einem Metall als ein Basismaterial nicht dispergierbar. Bei der Bildung einer bleifreien Lötlegierung ist es wichtig, vollständig die Eigenschaften des Zinns auszunutzen und den Gehalt an zusätzlichem Metall festzustellen, um der bleifreien Lötlegierung Festigkeit und Flexibilität zu verleihen, die genauso gut sind, wie bei herkömmlichen zinn-haltigen eutektischen Legierungen.

[0004] Demgemäß ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung eine bleifreie Lötlegierung mit Zinn als Basismaterial mit anderen zusätzlichen Materialien bereitzustellen, die in einfacher Weise ebenso gut wie die bekannten Zinn-Blei eutektischen Legierungen zugänglich sind und eine stabile und haftbare Lötverbindung zur Verfügung stellen.

[0005] Um das Ziel der vorliegenden Erfindung zu erreichen, wird die Lötlegierung vorzugsweise aus vier Metallen mit 0,1–2 Gewts-% (im weiteren als Gew.-% bezeichnet) Cu, 0,002–1 Gew.-% Ni, 0,001–1,0 Gew.-% Ga und die verbleibenden Gew.-% Sn. Von diesen Elementen hat Zinn einen Schmelzpunkt von etwa 232°C und es ist eine nicht dispergierbares Metall, um der Legierung Benetzungbarkeit gegenüber den Metallen zu verleihen, die gelötet werden sollen. Eine auf Zinn basierende Legierung, ohne Blei mit einem großen spezifischen Gewicht, ist in ihrem geschmolzenen Zustand leicht und kann nicht genügend Fließfähigkeit zur Verfügung stellen, um für ein Düsenlötverfahren geeignet zu sein. Die kristalline Struktur solcher Lötlegierungen ist zu weich und mechanisch nicht stark genug. Durch Zugabe von Kupfer verstärkt sich die Legierung kräftig. Die Zugabe von annähernd 0,7% Kupfer zu Zinn bildet eine eutektische Legierung mit einem Schmelzpunkt von annähernd 227°C, der etwa 5°C niedriger ist als der des Zinn allein. Die Zugabe von Kupfer verhindert das Herauslösen von Kupfer, wobei Kupfer ein typisches Basismaterial von Bleidraht aus der Oberfläche des Bleidrahts während des Lötverfahrens herausgelöst wird. Bei Löttemperaturen von 260°C, zum Beispiel ist die Rate des Herauslösens von Kupfer der Legierung der Kupfer zugefügt wurde halb so groß wie die Rate des Herauslösens in dem Zinn-Blei eutektischen Lötmittel. Das Zurückhalten des Herauslösens von Kupfer erniedrigt die Differenz der Dichte von Kupfer, die in dem Lötbereich vorhanden ist, wobei das Wachstum einer spröden Verbindungsschicht verlangsamt wird.

[0006] Die Zugabe von Kupfer ist wirksam, um eine schnelle Änderung der Zusammensetzung in der Legierung ihrerseits zu verhindern, wenn ein langandauerndes Tauchverfahren verwendet wird.

[0007] Die bestmögliche Menge an zugegebenem Kupfer liegt innerhalb eines Bereichs von 0,3–0,7 Gew.-% und wenn mehr Kupfer zugegeben wird, steigt die Schmelztemperatur der Lötlegierung. Je höher der Schmelzpunkt, um so höher ist die benötigte Löttemperatur. Eine hohe Löttemperatur ist bei thermisch nachgebenden elektronischen Komponenten nicht bevorzugt. Als eine typische Höchstgrenze der Löttemperatur wird 300°C oder so angesehen. Bei einer Liquidustemperatur von 300°C ist die Menge an zugegebenem Kupfer etwa 2 Gew.-%. Der bevorzugte Wert und die Grenzen sind wie oben angegeben.

[0008] Bei der vorliegenden Erfindung wird nicht nur eine kleine Menge Kupfer zu dem Zinn als Basismaterial gegeben, sondern es werden auch 0,002–1 Gew.-% Nickel zugefügt. Nickel kontrolliert intermetallische Verbindungen wie z. B. Cu₆Sn₅ und Cu₃Sn, die als Ergebnis der Reaktion von Zinn und Kupfer gebildet wurden und löst die gebildeten Verbindungen. Intermetallische Verbindungen haben an sich einen Schmelzpunkt bei einer hohen Temperatur, sie behindern die Fließfähigkeit des schmelzenden Lötmittels und vermindern die Lötmittelfunktion. Wenn diese intermetallischen Verbindungen auf Formen bei einem Lötverfahren verbleiben, werden diese deshalb zu sogenannten Brücken, die Stromleiter kurz schließen. Es verbleiben nämlich nadelähnliche Auskragungen, wenn sie von solchen geschmolzenen Lötmitteln abgehen. Um solche Probleme zu verhindern, wird Nickel zugegeben. Obwohl Nickel seinerseits intermetallische Verbindungen mit Zinn bildet, sind Kupfer und Nickel immer im festen Zustand in jedem Verhältnis löslich. Nickel wirkt deshalb bei der Bildung von Sn-Cu intermetallischen Verbindungen mit. Weil die Zugabe von Kupfer zu Zinn hilft, die Eigenschaf-

ten der Legierung als eine Lötverbindung in der vorliegenden Erfindung zu verbessern, wird eine große Menge an intermetallischen Verbindungen Sn-Cu nicht bevorzugt. Aus diesem Grund wird Nickel im festen Zustand in jedem Verhältnis löslichen Beziehung mit Kupfer verwendet, um die Reaktion von Kupfer mit Zinn zu kontrollieren.

[0009] Die Liquidustemperatur steigt an, wenn Nickel zugegeben wird, weil der Schmelzpunkt von Nickel hoch ist. Unter Berücksichtigung der typischen erlaubten oberen Temperaturgrenze wird die Menge an zugegebenen Nickel auf 1 Gew.-% begrenzt. Es wurde festgestellt, daß die Menge an zugefügtem Nickel so niedrig oder größer als 0,002 Gew.-% zu einer guten Fließfähigkeit führt und die Verlötbarekeit zeigte eine ausreichende Stärke der gelötzten Verbindung. Gemäß der vorliegenden Erfindung ist die untere Grenze an zugefügtem Nickel deshalb 0,002 Gew.-%.

[0010] Bei dem obigen Verfahren wird Nickel zu der Sn-Cu-Legierung gegeben. Alternativ kann Cu zu einer Sn-Ni-Legierung gegeben werden. Wenn Nickel langsam allein zu dem Zinn gefügt wird, fällt der Fließfaktor in seinem geschmolzenen Zustand, weil intermetallische Verbindungen gebildet werden, gemäß dem Anstieg des Schmelzpunktes. Bei Zugabe von Kupfer hat die Legierung eine glatte Beschaffenheit mit einem verbesserten Fließfaktor, zeigt aber eine Abnahme der Viskosität. In beiden Verfahren hilft die Wechselwirkung von Kupfer und Nickel, einen bevorzugten Zustand der Legierung zu erzeugen. Die gleiche Lötlegierung wird deshalb nicht nur durch die Zugabe von Ni zur Sn-Cu-Basislegierung, sondern auch durch die Zugabe von Cu zur Sn-Ni-Basislegierung erzeugt.

[0011] Unter Bezugnahme auf **Fig. 1** ergibt ein Bereich von 0,002–1 Gew.-% Nickel und ein Bereich von 0,1–2 Gew.-% Kupfer eine gute Lötverbindung. Wenn die Basislegierung Sn-Cu ist, ist der Gehalt an Kupfer, dargestellt durch die X-Achse, auf einen konstanten Wert innerhalb eines Bereichs von 0,1–2 Gew.-% begrenzt. Wenn der Gehalt an Nickel innerhalb eines Bereichs von 0,002–1 Gew.-% mit einem Kupfer-Gehalt, der innerhalb eines Bereichs von 0,1–2 Gew.-% begrenzt ist, variiert, wird eine gute Lötlegierung erhalten. Wenn die Basislegierung Sn-Ni ist, wird der Gehalt an Nickel, dargestellt durch die Y-Achse, auf einen konstanten Wert innerhalb eines Bereichs von 0,002–1 Gew.-% begrenzt. Wenn der Gehalt an Kupfer innerhalb eines Bereich von 0,002–1 Gew.-% variiert, wird ein gute Lötlegierung erhalten. Diese Bereiche bleiben unverändert, gerade wenn eine nicht vermeidbare Verunreinigung, die die Funktion des Nickels hemmt, in die Legierung gemischt ist.

[0012] Gallium hat einen Schmelzpunkt von 30°C und sein Radius ist etwas kleiner als der von Kupfer. Wenn es sich verbindet, wird deshalb die Geschwindigkeit der Verteilung der Benetzungbarkeit schneller und die Stärke der Verbindung verbessert. Durch Zugabe von Gallium wird die Menge an oxidierbarem Sediment in der geschmolzenen Lötlegierung reduziert. Wenn jedoch zu viel Gallium zugegeben wird, wird die Solidustemperatur heruntergezogen, was die Zuverlässigkeit beeinflußt und das Kostenproblem erhöht. Unter Berücksichtigung von Kosten und Effektivität ist die obere Grenze der zugefügten Menge an Gallium in der vorliegenden Erfindung festgesetzt.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0013] **Fig. 1** ist eine graphische Darstellung, die die passenden Bereiche der zugegebenen Metalle zeigt.

[0014] Die physikalischen Eigenschaften der Lötlegierung Nr. 7, die die Zusammensetzung der vorliegenden Erfindung aufweist, ist in Tabelle 1 aufgeführt. Die Legierung mit 0,6 Gew.-% Cu, 0,1 Gew.-Ni und die restlichen % Sn wurde hergestellt. Diese Legierung und die Proben 1–6 und 8 der Tabelle 1 sind nicht Teil der Erfindung.

Schmelzpunkt

[0015] Ihre Liquidustemperatur betrug ungefähr 227°C und ihre Solidustemperatur betrug ungefähr 227°C. Die Tests wurden mit einem differentiellen thermischen Analysator bei einer Temperaturerhöhung von 20°C/Minute durchgeführt.

Spezifische Gravitation

[0016] Die spezifische Gravitation der Legierung wurde mit einem spezifischen Gravitationsmeßgerät gemessen und betrug ungefähr 7,4.

Zerreißtest bei einer 25°C Atmosphäre bei Raumtemperatur

[0017] Die Zerreißfestigkeit der Legierung betrug $3,3 \text{ kgf/mm}^2$ mit einer Dehnung von ungefähr 48%. Die bekannten Sn-Pb eutektischen Lötlegierungen, die unter den gleichen Bedingungen getestet wurden, zeigten eine Festigkeit von $4\text{--}5 \text{ kgf/mm}^2$. Die Legierung hatte eine geringe Zerreißfestigkeit als die der bekannten Lötlegierungen. Unter Berücksichtigung, daß mit der die Lötlegierung des Beispiels hauptsächlich beabsichtigt ist, relativ leichte elektronische Komponenten auf einen gedruckten Schaltkreis zu löten, erfüllt die Lötlegierung die Festigkeitserfordernisse solange die Anwendung auf diesen Bereich begrenzt ist.

Ausbreitungsprüfung

[0018] Die Legierung gemessen unter JIS (Japanischer Industrie Standard) Z3197 Test-Standard weist 77,6% bei 240°C , 81,6% bis 260°C und 83,0% bei 280°C auf. Verglichen mit dem bekannten Zinn-Blei eutektischen Lötmitteln zeigt die Lötlegierung eine kleine Ausbreitungskonstante, ist aber gerade ausreichend akzeptabel.

Benetzbarkeitstest

[0019] Ein Kupferstreifen mit $7 \times 20 \times 0,3 \text{ mm}$ wurde einer Säurereinigung mit 2%iger verdünnter Salzsäure ausgesetzt und die Benetzbarkeit unter folgenden Bedingungen Eintauchengeschwindigkeit von 15 mm/Sekunde, Tauchtiefe von 4 mm und Eintauchzeit von 5 Sekunden mit einem Benetzbarkeitstestgerät durchgeführt. Die Null-Kreuzzeit und die maximale Benetzkraft der Legierung betrugen 1,51 Sekunden und 0,27 N/m bei 240°C , 0,93 Sekunden und 0,3 N/m bei 250°C , 0,58 Sekunden und 0,33 N/m bei 260°C und 0,43 Sekunden und 0,33 N/m bei 270°C . Aus diesen Ergebnissen ergibt sich, daß der Start der Benetzung bei höheren Schmelzpunkten später liegt, verglichen mit der eutektischen Legierung, aber die Benetzungs geschwindigkeit mit steigenden Temperaturen ansteigt. Weil die zu lötenden Metalle in der Praxis typischerweise eine geringe Hitzekapazität aufweisen, ist die Verzögerung des Starts der Benetzung kein Problem.

Schältest

[0020] QFP Blei-Schältests zeigten eine Schälfestigkeit von ungefähr 0,9 kgf/pin. Eine visuelle Prüfung der geschälten Teile zeigte, daß alle Schälungen zwischen einer Schaltplatten- und einer Kupferfläche vorkamen. Dies zeigte, daß die Lötverbindung eine ausreichende Festigkeit aufwies.

Widerstandstest

[0021] Ein Drahtlötmittel mit 0,8 mm Durchmesser und 1 Meter Länge wurde mit dem Vierpolmeßverfahren gemessen. Sein Widerstand betrug $0,3 \mu\Omega$. Wenn ein Einzelkristall in einer Verbindung der Legierung vorhanden ist und alle anderen Komponenten im Zinn gelöst sind, liegt der Widerstand des Drahtlötmittels nahe dem des Zinns. Ein niedriger Widerstand erhöht die Geschwindigkeit der Verbreitung von Elektronen, verbessert Hochfrequenzeigenschaften und ändert akustische Eigenschaften. Gemessen unter den gleichen Bedingungen hat eine Zinn-Blei eutektische Lötlegierung eine Widerstand von $0,17 \mu\Omega$ und eine Zinn-Silber-Legierung einen Widerstand von $0,15 \mu\Omega$.

Kriechfestigkeitstest

[0022] Eine mit Zinn beschichtete Messingnadel mit $0,8 \times 0,8 \text{ mm}^2$ Querschnitt wurde auf eine Schaltplatte mit 3 mm Durchmesser mit einem Loch mit einem Durchmesser von 1 mm, das auf einem Papier mit phenolischer Schaltplatte gebildet war, mit dem Flow Solder-Verfahren aufgebracht. Ein Gewicht von 1 kg wurde an die Nadel in einem temperaturüberwachten Bad gehängt, wobei ein rostfreier Stahldraht verwendet wurde, bis die Nadel aus der Lötverbindung herausfiel. Bei einer Badtemperatur von 145°C war die Nadel über 300 Stunden verbunden. Bei 180°C fiel die Nadel nicht herunter, auch wenn 300 Stunden vorüber waren. Eine Nadel, die mit einer Zinn-Blei eutektischen Lötverbindung verbunden war, fiel innerhalb weniger Minuten bis zu mehreren Stunden unter den gleichen Bedingungen herunter. Anders als das Pb-enthaltende Lötmittel weist die Lötlegierung der vorliegenden Erfindung einen Widerstand gegenüber dem Kriechen auf, gerade wenn seine Zugfestigkeit gering ist und die Zuverlässigkeit der Lötlegierung ist insbesondere unter der Atmosphäre mit hoher Temperatur ausgezeichnet.

Wärmeschockprüfung

[0023] Eine Stunde Hitzeschock bei -40°C und $+80^{\circ}\text{C}$ wurde mit der Lötlegierung durchgeführt. Die Lötlegierung widerstand 1000 Wiederholungen des Schockversuchs. Die bekannten Zinn-Blei eutektischen Lötlegierungen widerstanden 500–600 Wiederholungen des Schockveruchs.

Migrationstest

[0024] Ein Typ II kamm-ähnlicher Testmuster spezifiziert JIS-Standard wurde mit RMA-Lötmittel tauchgelötet. Lötmittelreste wurde gereinigt und der Widerstand wurde mit einem Ende, das an einem Bleidraht befestigt war, gemessen. Dieses Meßergebnis wurde als Anfangswert behandelt. Die Testmuster wurden in einen Thermohygrostaten eingebracht und Nennstrom wurde direkt für 1000 Stunden appliziert, um den Widerstand bei vorherbestimmten Zeitintervallen zu messen, während die Testmuster mit einem Vergrößerungsglas mit einer 20fachen Vergrößerung beobachtet wurden. Keine abnormale Veränderung wurde beobachtet, sowohl wenn 100 Volt Gleichspannungs-Strom bei 40°C und einer Feuchtigkeit von 95% als auch, wenn 50 Volt Gleichspannungs-Strom bei 85°C und einer Feuchtigkeit von 85% appliziert wurden. Dies bedeutet, daß die Legierung ebenso so gut wie die bekannte Zinn-Blei eutektische Legierung ist.

Lösungstest

[0025] Ein Kupferdraht mit 0,18 mm Durchmesser mit einem daran befestigten RA-Typ-Lötmittel wurde in ein Lötbad mit geschmolzenem Lötmittel bei $260^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ getaucht. Der Kupferdraht wurde bewegt, bis daß Auslösen auftrat und die Zeit bei der ein vollständiges Auslösen vorlag wurde mit der Stoppuhr gemessen. Das vollständige Auslösen des Kupferdrahts in das Lötmittel der vorliegenden Erfindung nahm 2 Minuten in Anspruch, während der identische Kupferdraht in dem Zinn-Blei eutektischen Lötmittel in etwa 1 Minute ausgelöst war. Es ist offensichtlich, daß der längere Widerstand gegenüber dem Auslösen auf die Zugabe einer adequaten Menge an Kupfer zurückzuführen ist. Insbesondere führte das ursprünglich zugegebene Kupfer, welches ausgelöst wurde, zu einer relativ langsamen Kupferauslösungsrate im Hinblick auf den hohen Zinngehalt. Ein anderer möglicher Grund für die langsame Auslösungsrate ist, daß der Schmelzpunkt des Lötmittels höher ist als der des eutektischen Lötmittels von annähernd 40°C ist.

[0026] Der Schmelzpunkt und die Festigkeit von Legierungen mit anderen Zusammensetzungen sind in Tabelle 1 aufgeführt, wobei Probe 7 gemäß der Erfindung ist.

[0027] Bei der Untersuchung der obigen Testergebnisse verglichen mit einem Vergleichsbeispiel zeigen die Beispiele der vorliegenden Erfindung befriedigende Ergebnisse. Die bekannte Zinn-Blei eutektische Lötlegierung, die unter den gleichen Bedingungen gemessen wurde, zeigte eine Festigkeit von 4–5 kgf/mm². Alle Beispiele zeigten Festigkeitswerte, die geringer als die der bekannten Zinn-Blei eutektische Lötlegierung waren. Die Lötlegierung der vorliegenden Erfindung ist hauptsächlich als Lötmittel für relativ leichte elektronische Komponenten auf einem gedruckten Schaltkreis gedacht und die Lötlegierung der vorliegenden Anmeldung erfüllt die Festigkeitserfordernisse solange wie die Anwendung auf dieses Gebiet beschränkt ist.

[0028] Keine einzelnen Daten wurden bezüglich der Ausbreitung der Proben genommen. Die Zugabe von Nickel verleiht dem Lötmittel seinerseits eine glatte Oberflächenstruktur. Weil die glatte Oberflächenstruktur nach der Verfestigung erhalten bleibt, wurde die Ausbreitung als gut angesehen.

[0029] Die Schmelzpunkte sind durch zwei Temperaturen dargestellt, bei dem die niedrigere eine Solidustemperatur, ist während die höhere eine Liquidustemperatur ist. Je kleiner die Temperaturdifferenz zwischen den beiden ist, desto weniger bewegt sich eine zu lötende Komponente während der Verfestigung des Lötmittels vor dem Lötverfahren und je stabiler ist die Lötverbindung. Dies trifft auch für das bekannten Zinn-Blei Lötmittel zu. Jedoch ist nicht bestimmt, welches Lötmittel besser ist. Abhängig von der Verwendung des Lötmittels, wird eine Lötlegierung verwendet werden, die eine bestimmte Temperaturdifferenz aufweist.

[0030] Die Benetzbarkeit mit dem Kupfer, eine der wichtigsten Eigenschaften des Lötmittels, ist mit einem RMA-Typ-Lötmittel gut. Eine gute Benetzbarkeit ist deshalb mit einem RMA-Type-Lötmittel sichergestellt.

[0031] Das Lötmittel mit den drei Elementen Sn-Cu-Ni der vorliegenden Erfindung kann nach und nach durch Herstellung der Sn-Cu-Ni Basislegierung und Mischen eines geschmolzenen Sn-Cu Lötmittels mit der Basislegierung für eine einheitliche Verteilung gebildet werden. Wie bereits beschrieben, ist der Schmelzpunkt von Nickel hoch. Wenn reines Nickel in die Sn-Cu Legierung eingeführt wird, ist das Lösen und die einheitliche Ver-

teilung von Nickel schwierig. Um die Legierung der vorliegenden Erfindung herzustellen, wird die Basislegierung vorher bei relativ hohen Temperaturen geschmolzen, so daß Nickel ausreichend mit dem Zinn gemischt ist und die Basislegierung wird dann in das geschmolzene Sn-Cu Bad eingeführt. Dadurch wird die bleifreie Lötlegierung, in der Nickel in Zinn verteilt ist, bei einer relativ niedrigen Temperatur erhalten.

[0032] Die vorherige Bildung der Sn-Ni Basislegierung hilft, zu verhindern, daß andere nicht gewünschte Metalle darin enthalten sind. Die vorliegende Erfindung nutzt den Vorteil, daß Nickel in einer im festen Zustand in jedem Verhältnis löslichen Beziehung zu Kupfer steht, und daß die Legierung von Kupfer und Nickel die Entwicklung von Brücken kontrolliert. Die Anwesenheit irgendeines Metalls in der Legierung, das die Funktion des Nickels behindert, ist nicht erwünscht. Mit anderen Worten gesagt, die Zugabe von irgendeinem anderen Metall als Kupfer, das einfach mit dem Nickel kooperieren könnte, ist bei der vorliegenden Erfindung nicht erwünscht.

[0033] Obwohl das bleifreie Lötmittel der vorliegenden Erfindung einen langsamen Start der Benetzbareit erfährt, weil ein Schmelzpunkt höher als der des bekannten Zinn-Blei eutektischen Lötmittels ist, bildet das bleifreie Lötmittel der vorliegenden Erfindung eine Grenzflächenlegierungsschicht schnell und zuverlässig in Übereinstimmung mit einer Vielzahl von Oberflächenprozessen, wenn die Benetzung einmal begonnen hat. Die bleifreie Lötlegierung der vorliegenden Erfindung hat eine Kriechfestigkeit, die ausreichend genug ist, um sperrige und schwere Komponenten und hitzezeugende Komponenten zu tragen. Weil das Auslösen des Kupfers, das in allen bekannten Lötlegierungen in bedeutender Weise zu berücksichtigen ist, vermindert wird, ist die Haltbarkeit von Bleidrähten im wesentlichen erhöht.

[0034] Auf Grund ihrer hohen elektrischen und thermischen Leitfähigkeit verleiht das bleifreie Lötmittel der vorliegenden Erfindung Eigenschaften mit hoher Geschwindigkeit und Eigenschaften des Dissipation mit hoher Hitze gegenüber elektrischen Komponenten und verbessert die akustischen Eigenschaften von elektrischen Komponenten.

[0035] Weil das bleifreie Lötmittel der vorliegenden Erfindung in seiner Zusammensetzung kein Wismut, Zink und Indium enthält, ist es frei von ungewünschten Reaktionen mit einem Überzugsmaterial, das Blei enthält, das aus Endmaterialien, anderen bleifreien Überzügen, wie Sn-Ag-Lötmittel, Sn-Bi-Lötmittel und Sn-Cu-Lötmittel gelöst werden kann. Dies bedeutet, daß die kontinuierliche Verwendung eines Lötbades sichergestellt ist und bleihaltige Drähte, die mit Blei kompatibel sind, ohne jedes Problem verwendet werden können, wenn von dem bekannten bleihaltigen Lötmittel auf das bleifreie Lötmittel der vorliegenden Erfindung umgestellt wird.

Tabelle 1

Probe *	Verbindung					Schmelzpunkt °C	Festigkeit kgf/mm ²	Dehnungsrate %
	Sn	Cu	Ni	Ga	Ge			
1	Rest	0,5	0,05			227/232	3,4	36
2	Rest	0,5	0,1			227/232	3,4	42
3	Rest	0,5	1			229/233	3,5	33
4	Rest	0,6	0,05			227/231	3,3	48
5	Rest	0,7	0,4			227/231	3,4	40
6	Rest	2	0,02			227/245	3,4	24
7	Rest	0,5	0,1	0,005		227/232	3,4	40
8	Rest	0,5	0,05	0,01	0,02	227/232	3,3	46
Vergleichs- Probe								
A	Rest	0,5				227/232	3	23
B	Test	0,7				227/231	3,1	20

* Proben 1 bis 6 und 8 sind kein Bestandteil der Erfindung.

Patentansprüche

1. Bleifreie Lötlegierung umfassend 0,1 bis 2,0 Gew.-% Cu, 0,002 bis 1,0 Gew.-% Ni, 0,001 bis 1,0 Gew.-% Ga und die verbleibenden Gewichtsprozent sind Sn.
2. Bleifreie Lötlegierung nach Anspruch 1, worin die Gewichtsprozent Cu in den Bereich von 0,3 bis 0,7 Prozent fallen.
3. Bleifreie Lötlegierung nach Anspruch 2, worin die Gewichtsprozent Cu in den Bereich von 0,3 bis 0,7 Prozent fallen und die Gewichtsprozent Ni in den Bereich von 0,04 bis 0,1 Prozent fallen.
4. Bleifreie Lötlegierung nach Anspruch 3, worin die Gewichtsprozent Cu in den Bereich von 0,3 bis 0,7 Prozent fallen, die Gewichtsprozent Ni in den Bereich von 0,04 bis 0,1 Prozent fallen und die Gewichtsprozent Ga 0,001 Prozent betragen.
5. Verfahren zur Herstellung einer bleifreien Lötlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, worin Ni zu einer gelösten Legierung auf Basis von Sn-Cu gegeben wird.
6. Verfahren zur Herstellung einer bleifreien Lötlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, worin Cu zu einer gelösten Legierung auf Basis von Sn-Ni gegeben wird.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Fig. 1

