(19) SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 710 360 A2

(51) Int. Cl.: B23K 35/30 (2006.01)
C22C 5/02 (2006.01)
H05K 3/34 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 01418/15

(22) Anmeldedatum: 30.09.2015

(43) Anmeldung veröffentlicht: 13.05.2016

(30) Priorität: 30.09.2014 JP 2014-200478

(71) Anmelder:
Sumitomo Metal Mining Co., Ltd.,
11-3 Shimbashi 5-chrome Minato-ku
Tokyo 1058716 (JP)

(72) Erfinder:
Takashi Iseki, 1988601 Tokyo (JP)

(74) Vertreter:
Schmauder & Partner AG Patent- und Markenanwälte
VSP, Zwängiweg 7
8038 Zürich (CH)

(54) Au-Sn-Ag-basierte Lotlegierung, damit abgedichtetes elektronisches Bauteil und mit dem elektronischen Bauteil ausgestattetes elektronisches Gerät.

(57) Es wird eine bleifreie Au-Sn-Ag-basierte Hochtemperatur-Lotlegierung offenbart, die sich bezüglich Abdichtevermögen, Verbindungssicherheit und Benetzbarkeit auszeichnet und die mit einem hohen Qualitätsniveau während einem langen Zeitraum aufbewahrt werden kann und die mit relativ geringem Kostenaufwand bereitgestellt werden kann. Die bleifreie Au-Sn-Ag-basierte Lotlegierung enthält mindestens 27.5 Massen-%, aber weniger als 33.0 Massen-% an Sn, mindestens 8.0 Massen-%, aber weniger als 14.5 Massen-% an Ag, der Rest Au mit Ausnahme von Elementen, die während der Herstellung zwangsläufig anfallen. Im Fall einer platten- oder bandförmigen Gestalt weist die Au-Sn-Ag-basierte Lotlegierung eine Oberfläche auf, deren L*, a* und b* in einem L*a*b* Farbsystem gemäss JIS Z8781-4 mindestens 41.1 bis höchstens 57.1, mindestens –1.48 bis höchstens 0.52 beziehungsweise mindestens –4.8 bis höchstens 9.2 betragen. Im Fall einer kugelförmigen Gestalt weist die Au-Sn-Ag-basierte Lotlegierung eine Oberfläche auf, deren L*, a* und b* in einem L*a*b* Farbsystem gemäss JIS Z8781-4 mindestens 63.9 bis höchstens 75.9, mindestens 0.05 bis höchstens 0.65 beziehungsweise mindestens 1.3 bis höchstens 11.3 betragen.

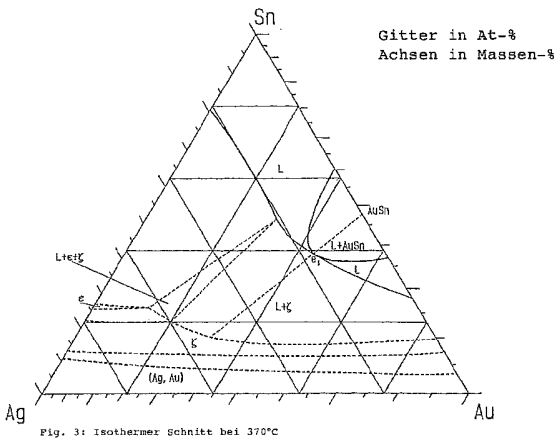


Fig. 3: Isothermer Schnitt bei 370°C

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine bleifreie Hochtemperatur-Lotlegierung, welche hauptsächlich Au enthält, ein unter Verwendung der Lotlegierung abgedichtetes oder verbundenes elektronisches Bauteil sowie ein mit dem elektronischen Bauteil ausgestattetes elektronisches Gerät.

Stand der Technik

[0002] In den vergangenen Jahren sind die Restriktionen für umweltschädigende chemische Substanzen zunehmend strenger geworden, und Lotmaterialien, welche zum Verbinden eines elektronischen Bauteils oder dergleichen mit einem Substrat verwendet werden, sind von diesen Restriktionen nicht ausgenommen. Blei (Pb) wurde in früheren Zeiten als eine Hauptkomponente von Lotmaterialien verwendet, wurde aber inzwischen beispielsweise in den RoHS-Richtlinien als verbotene Substanz spezifiziert. Dementsprechend ist es zu einer aktiven Entwicklung von Lotmaterialien, die kein Blei enthalten (hier auch als Pb-freies Lote bezeichnet) gekommen.

[0003] Lote, die zum Verbinden eines elektronischen Bauteils mit einem Substrat verwendet werden, können entsprechend ihren Anwendungstemperaturgrenzen grob in Hochtemperatur-Lote (ungefähr 260 °C bis 400 °C) sowie Nieder- und Mitteltemperatur-Lote (ungefähr 140 °C bis 230 °C) eingeteilt werden. Bei den Nieder- und Mitteltemperatur-Loten sind bleifreie Lote, welche hauptsächlich Sn enthalten, bereits für die praktische Verwendung eingeführt worden. Beispielsweise offenbart JP 11-077 366 Aals bleifreies Nieder- und Mitteltemperatur-Lotmaterial eine bleifreie Lotlegierungs-Zusammensetzung, welche Sn als Hauptkomponente, 1.0 bis 4.0 Massen-% an Ag, höchstens 2.0 Massen-% an Cu, höchstens 1.0 Massen-% an Ni und höchstens 0.2 Massen-% an P enthält. JP 8-215 880 A offenbart eine bleifreie Lotlegierungs-Zusammensetzung, welche 0.5 bis 3.5 Massen-% an Ag, 0.5 bis 2.0 Massen-% an Cu enthält, wobei der Rest Sn ist.

[0004] Andererseits wurden von verschiedenen Organisationen auch Pb-freie Hochtemperatur-Lote untersucht und entwickelt. Beispielsweise offenbart JP 2002-160 089 ein Bi/Ag-Lotmaterial, welches 30 bis 80 at% an Bi enthält und eine Schmelztemperatur von 350 bis 500 °C aufweist. JP 2008-161 913 A offenbart eine Lotlegierung, welche durch Zugabe einer binären eutektischen Legierung zu einer Bi-enthaltenden eutektischen Legierung mit weiterer Zugabe eines Additiv-Elementes gewonnen wird. JP 2008-161 913 A führt aus, dass obwohl diese Lotlegierung ein Mehrkomponenten-Lot quaternärer oder höherer Ordnung ist, ihre Liquiduslinien-Temperatur angepasst werden kann und deren Variationen verringert werden können.

[0005] Als teures Pb-freies Hochtemperatur-Lotmaterial, welches hauptsächlich Au enthält, wird in elektronischen Bauteilen, welche eine elektronische Komponente wie ein Kristallbauteil, ein SAW-Filter oder ein MEMS (mikroelekt-romechanisches System) umfassen, eine Au-Sn-Legierung oder eine Au-Ge-Legierung verwendet. Die eutektische Zusammensetzung der Au-Sn-Legierung ist Au-20 Massen-% Sn (was eine Zusammensetzung bedeutet, die 80 Massen-% an Au und 20 Massen-% an Sn enthält, wobei Analoges nachfolgend gilt), und deren Schmelzpunkt ist 280 °C. Die eutektische Zusammensetzung der Au-Ge-Legierung ist Au-12.5 Massen-% Ge und deren Schmelzpunkt ist 356 °C.

[0006] Für die jeweilige Verwendung hängt die Auswahl entweder der Au-Sn-Legierung oder der Au-Ge-Legierung vorwiegend vom Unterschied in deren Schmelzpunkten ab. Genauer gesagt, wird die Au-Sn-Legierung zum Verbinden bei einer relativ niedrigen Anwendungstemperatur innerhalb eines Anwendungstemperaturbereichs von Hochtemperatur-Loten verwendet, während die Au-Ge-Legierung zum Verbinden bei einer relativ hohen Anwendungstemperatur innerhalb des Anwendungstemperaturbereichs verwendet wird. Allerdings sind diese Au-basierten Legierungen viel härter als Pb- oder Sn-basierte Lote. Insbesondere enthält die Au-Ge Legierung Ge, bei dem es sich um ein Halbmetall handelt, und es ist dementsprechend sehr schwierig, sie zu einer Blattform oder dergleichen zu verarbeiten. Demzufolge ist es schwierig, die Produktivität oder Ausbeute zu erhöhen, und dementsprechend werden die Produktkosten steigen.

[0007] Die Au-Sn Legierung ist ebenfalls schwierig zu verarbeiten, wenn auch nicht im Ausmass der oben erwähnten Au-Ge-Legierung. Insbesondere wenn die Au-Sn-Legierung zu einer Vorform oder dergleichen verarbeitet wird, besteht die Tendenz zu einer geringen Produktivität oder Ausbeute. Die Gründe hierfür liegen darin, dass auch wenn Au-20 Massen-% Sn eine eutektische Zusammensetzung ist, die Au-20 Massen-% Sn-Legierung lediglich aus einer intermetallischen Verbindung besteht und dementsprechend eine Dislokation schwierig zu bewegen ist. Dementsprechend wird es schwierig, die Au-20 Massen-% Sn-Legierung zu verformen und demzufolge ist es wahrscheinlich, dass es während des Walzens oder Pressstanzens zur Entwicklung von Rissen oder Graten kommt. Ausserdem sind bei der Au-20 Massen-% Sn-Legierung die Materialkosten um Grössenordnungen höher als bei anderen Lotmaterialien. Dementsprechend ergibt sich die Tatsache, dass die Au-20 Massen-% Sn-Legierung hauptsächlich zum Abdichten von Kristallbauteilen oder dergleichen verwendet wird, die eine besonders hohe Zuverlässigkeit erfordern.

[0008] Um die Kosten der Au-Sn-Legierung so weit wie möglich zu reduzieren und um die Au-Sn-Legierung einfacher anwendbar zu machen, wurden Au-Sn-Ag-basierte Lotlegierungen entwickelt. Beispielsweise offenbart JP 2008-155 221 A eine Technik mit Verwendung eines Lotmaterials, um ein kostengünstiges Lotmaterial mit einem relativ niedrigen Schmelzpunkt und ein piezoelektrisches Bauteil unter Verwendung des Lotmaterials bereitzustellen, wobei das Lotmaterial die Eigenschaften einer einfachen Handhabung und einer ausgezeichneten Festigkeit sowie eines ausgezeichneten Haftvermögens aufweist. Wenn das Zusammensetzungsverhältnis des Lotmaterials als (Au, Ag, Sn) in Massen-% ausgedrückt

wird, besitzt das Lotmaterial ein Zusammensetzungsverhältnis innerhalb eines Flächenbereichs, der von einem Punkt A1 (41.8, 7.6, 50.5), einem Punkt A2 (62.6, 3.4, 34.0), einem Punkt A3 (75.7, 3.2, 21.1), einem Punkt A4 (53.6, 22.1, 24.3), und einem Punkt A5 (30.3, 33.2, 36.6) im ternären Zusammensetzungsdiagramm von Au, Ag, und Sn umgeben ist.

[0009] Darüber hinaus offenbart das Japanische Patent Nr. 4 305 511 eine Technik, um eine bleifreie Hochtemperatur-Lotlegierung zum Schmelzabdichten bereitzustellen, welche 2 bis 12 Massen-% an Ag, 40 bis 55 Massen-% an Au und den Rest Sn enthält. Diese Technik ist darauf ausgerichtet, ein bleifreies Hochtemperatur-Lot bereitzustellen, welches einen geringeren Au-Gehalt als derjenige einer konventionellen elektrischen Au-Sn-Legierung hat und gleichzeitig eine Soliduslinien-Temperatur von mindestens 270 °C aufweist, oder aber ein Paket bereitzustellen, das eine ausgezeichnete Wärmezyklus-Beständigkeit oder mechanische Festigkeit der Verbindung zwischen einem Behälter und seinem Abdeckglied aufweist.

[0010] Darüber hinaus offenbart das Japanische Patent Nr. 2 670 098 eine Technik, um ein Lotmaterial, welches durch Zugabe von 20 bis 50 Gew.-% an Au und 10 bis 20 Gew.-% an Ge oder 20 bis 40 Gew.-% an Sn zu Ag gewonnen wird, an eine Pin-Spitze eines Anschlussrahmens anzubringen. Diese Technik ist darauf ausgerichtet, einen Anschlussrahmen mit einem Lotmaterial mit niedrigem Schmelzpunkt bereitzustellen derart, dass das Lotmaterial wunschgemäss fliesst, um die Festigkeit der Verbindung zu stabilisieren ohne einen Fe-Ni Legierungs-Anschlussrahmen spröd werden zu lassen und ohne die Korrosionsbeständigkeit des Anschlussrahmens zu verringern.

[0011] Andere bleifreie Hochtemperatur-Lotmaterialien als die in den oben zitierten Dokumenten offenbarten sind ebenfalls von verschiedenen Organisationen entwickelt worden, wobei aber ein kostengünstiges Allzweck-Lotmaterial bisher nicht gefunden wurde. Genauer gesagt, verwendet ein elektronisches Bauteil oder ein Substrat im Allgemeinen ein Material mit einer relativ niedrigen oberen Temperaturgrenze wie einen thermoplastischen Kunststoff oder einen duroplastischen Kunststoff, und dementsprechend muss die Arbeitstemperatur tiefer sein als 400 °C, wünschenswerterweise höchstens 370 °C. Das in der JP 2002-160 089 A offenbarte Bi/Ag-Lotmaterial hat jedoch eine Liquiduslinien-Temperatur, die 400 bis 700 °C hoch sein kann, und dementsprechend ist davon auszugehen, dass die Arbeitstemperatur während des Verbindens ebenfalls 400 bis 700 °C oder höher ist. Dementsprechend übersteigt die Arbeitstemperatur die obere Temperaturgrenze eines zu verbindenden elektronischen Bauteils oder Substrates.

[0012] Au-Sn-basiertes Lot oder Au-Ge-basiertes Lot verwendet sehr teures Au in grosser Menge und ist dementsprechend viel teurer als das für allgemeine Zwecke vorgesehene Pb- oder -Sn-basiertes Lot. Obwohl Au-Sn-basiertes Lot oder Au-Ge-basiertes Lot praktische Verwendung gefunden hat, ist dessen Anwendungsbereich zum Löten auf solche elektronische Bauteile beschränkt, welche eine besonders hohe Zuverlässigkeit erfordern, beispielsweise Kristallbauteile, SAW-Filter oder MEMS. Ausserdem ist Au-basiertes Lot sehr hart und schwierig zu verarbeiten. Dementsprechend dauert es länger, um Au-basiertes Lot durch Walzen zu einer Blattform zu verarbeiten, oder es ist notwendig, Walzen aus einem speziellen, gegenüber Verkratzen beständigen Material zu verwenden, was somit die Produktionskosten erhöht. Ausserdem ist beim Pressformen von Au-basiertem Lot zu erwarten, dass es wegen seiner harten und spröden Natur zur Bildung von Kratzern oder Graten kommt, was im Vergleich zu anderen üblichen Loten, die pressgeformt werden, eine beträchtliche Reduktion der Ausbeute zur Folge hat. Die Verarbeitung von Au-basiertem Lot zu einer Drahtform umfasst ebenfalls ein ähnlich ernstes Problem. Das heisst, selbst wenn ein Extruder verwendet wird, der eine Extrusion bei einem sehr hohem Druck erlaubt, ist die Extrusionsrate von Au-basiertem Lot wegen seiner Härte gering, und dementsprechend beträgt die zugehörige Produktivität nur ungefähr einen mehrfachhundertsten Teil von derjenigen, wenn Pb-basiertes Lot zu einer Drahtform verarbeitet wird.

[0013] Um dieses Problem der geringen Verarbeitbarkeit von Au-basiertem Lot zu lösen, wurden Anstrengungen unternommen, eine Au-basierte Lotpaste zu entwickeln. Allerdings kann die Au-basierte Lotpaste andere Probleme wie die Bildung von Poren oder eine zusätzliche Steigerung der Kosten mit sich bringen. Die in der JP 2008-155 221 A, im Japanischen Patent Nr. 4 305 511 und im Japanischen Patent Nr. 2 670 098 offenbarten Au-Sn-Ag-basierten Lotlegierungen wurden entwickelt, um verschiedene Probleme des Au-basierten Lotes, einschliesslich der oben beschriebenen Probleme des Schmelzpunktes, der Verarbeitbarkeit und der Kosten zu lösen. Es wird jedoch als schwierig angesehen, die gewünschten Eigenschaften in ähnlichem Ausmass im gesamten Flächenbereich zu erreichen, der – wie in der JP 2008-155 221 A beschrieben – von den Punkten A1 bis A5 umgeben ist, weil dieser Flächenbereich einen extrem grossen Bereich von Zusammensetzungen abdeckt.

[0014] Beispielsweise beträgt der Unterschied im Au-Gehalt zwischen dem Punkt A3 und dem Punkt A5 beträchtliche 45.4 Massen-%. Wenn sich die Zusammensetzungen dieser beiden Lotlegierungen in diesem Ausmass unterscheiden, sind die zu bildenden intermetallischen Verbindungen sehr unterschiedlich zueinander, und damit unterschieden sich die Liquiduslinien-Temperaturen oder Soliduslinien-Temperaturen signifikant voneinander. Ausserdem: wenn der Unterschied im Au-Gehalt, welcher die Oxidation verhindert, so gross wie 45.4 Massen-% ist, unterscheiden sich die Benetzbarkeiten der Lotlegierungen signifikant voneinander. Wie aus dem in Fig. 1 gezeigten ternären Phasendiagramm von Au-Sn-Ag ersichtlich ist, variiert die intermetallische Au-Sn-Ag-Verbindung signifikant, wenn die Zusammensetzung an Au, Sn, und Ag variieren. Das heisst, wenn die Zusammensetzung an Au, Sn und Ag variiert, variiert die Art oder das Verhältnis einer beim Verbinden gebildeten intermetallischen Verbindung ebenfalls signifikant. Dementsprechend ist es unwahrscheinlich, dass ähnlich hervorragende Verarbeitbarkeits- und Spannungsrelaxationseigenschaften in einem derart breiten Zusammensetzungsbereich wie in der JP 2008-155 221 A beschrieben erreicht werden.

[0015] Im Japanischen Patent Nr. 4 305 511 beträgt der Ag-Gehalt 2 bis 12 Massen-% und der Au-Gehalt 40 bis 55 Massen-%, und dementsprechend handelt es sich beim Rest um Sn mit 33 bis 58 Massen-%. Eine Lotlegierung mit einem derart hohen Sn-Gehalt kann leicht oxidiert werden, was zu einer unzureichenden Benetzbarkeit führen kann. Aufgrund der Tatsache, dass die Au-20 Massen-% Sn-Legierung praktisch ohne Probleme verwendet wird, besteht eine Möglichkeit, dass die Benetzbarkeit gewährleistet werden kann, solange der Sn-Gehalt ungefähr 30 Massen-% beträgt. Es kann jedoch schwierig sein, die Benetzbarkeit zu gewährleisten, wenn der Sn-Gehalt 40 Massen-% übersteigt. Eine Lotlegierung mit einem 40 Massen-% übersteigenden Sn-Gehalt ist keine eutektische Legierung, und dementsprechend wird es als schwierig betrachtet, eine hervorragende Verbindungssicherheit zu erreichen, weil Kristallkörner grob werden oder weil wegen eines grossen Unterschiedes zwischen der Liquiduslinien-Temperatur und der Soliduslinien-Temperatur während des Verbindens ein Phänomen des getrennten Schmelzens auftritt.

[0016] Im Japanischen Patent Nr. 2 670 098 beträgt der Au-Gehalt höchstens 50 Massen-%, was eine signifikante Mengenreduktion des als Rohmaterial verwendeten Au bedeutet. Ausserdem kann damit die Benetzbarkeit bis zu einem gewissen Ausmass dadurch gewährleistet werden, dass der Sn-Gehalt höchstens 40 Massen-% (oder weniger als 40 Massen-%) beträgt. Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, die Festigkeit der Verbindung durch ein gut fliessendes Lot zu stabilisieren und dabei die Sprödigkeit eines Anschlussrahmens aus einer Fe-Ni-Legierung zu vermeiden ohne die Korrosionsbeständigkeit des Anschlussrahmens zu verringern. Das Japanische Patent Nr. 2 670 098 ist demnach nicht darauf ausgerichtet, ein Lotmaterial mit den zum Verbinden eines Halbleiterelementes notwendigen Eigenschaften bereitzustellen, zu denen der Abbau der durch Temperaturwechsel bedingten Expansion und Kontraktion hervorgerufenen Spannungen gehört.

[0017] Das Lotmaterial innerhalb des im Japanischen Patent Nr. 2 670 098 beschriebenen Zusammensetzungsbereichs ist keine eutektische Legierung, und dementsprechend wird es als schwierig betrachtet, eine ausgezeichnete Verbindungssicherheit zu erreichen, weil dessen Kristallkörner grob sind oder weil infolge eines erheblichen Unterschiedes zwischen Liquiduslinien-Temperatur und Soliduslinien-Temperatur während des Verbindens ein Phänomen des getrennten Schmelzens auftritt. Ausserdem ist das im Japanischen Patent Nr. 2 670 098 offenbarte Lotmaterial für eine Fe-Ni-Legierungsanwendung vorgesehen, und es ist dementsprechend nicht dazu bestimmt, eine zum Verbinden mit der metallischen Schicht eines Halbleiterelementes oder eines aus Cu oder dergleichen hergestellten Substrates geeignete Legierung zu bilden.

ZUSAMMENFASSUNG

[0018] Angesichts der oben erwähnten Umstände ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine vergleichsweise kostengünstige bleifreie Au-Sn-Ag-basierte Hochtemperatur-Lotlegierung bereitzustellen, die sich bezüglich Abdichtevermögen, Verbindungssicherheit und Benetzbarkeit auszeichnet und die mit einem hohen Qualitätsniveau über einen langen Zeitraum mit geringen zeitlichen Veränderungen ihrer diversen Eigenschaften gelagert werden kann und die in geeigneter Weise für ein hochzuverlässiges elektronisches Bauteil mit einem elektronischen Bauteil wie einem Kristallbauteil, einem SAW-Filter oder einem MEMS verwendet werden kann.

[0019] Um die oben erwähnte Aufgabe zu lösen, betrifft ein erster Aspekt der vorliegenden Erfindung eine platten- oder bandförmige Au-Sn-Ag-basierte Lotlegierung, enthaltend mindestens 27.5 Massen-% aber weniger als 33.0 Massen-% an Sn, mindestens 8.0 Massen-% aber weniger als 14.5 Massen-% an Ag, und der Rest Au mit Ausnahme von Elementen, die während der Herstellung zwangsläufig anfallen, wobei die Au-Sn-Ag-basierte Lotlegierung eine Oberfläche aufweist, deren L*, a* und b* in einem L*a*b* Farbsystem gemäss JIS Z8781-4 mindestens 41.1 bis höchstens 57.1, mindestens –1.48 bis höchstens 0.52 beziehungsweise mindestens –4.8 bis höchstens 9.2 betragen.

[0020] Ein zweiter Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft eine kugelförmige Au-Sn-Ag-basierte Lotlegierung, enthaltend mindestens 27.5 Massen-% aber weniger als 33.0 Massen-% an Sn, mindestens 8.0 Massen-% aber weniger als 14.5 Massen-% an Ag, und der Rest Au mit Ausnahme von Elementen, die während der Herstellung zwangsläufig anfallen, wobei die Au-Sn-Ag-basierte Lotlegierung eine Oberfläche aufweist, deren L*, a* und b* in einem L*a*b* Farbsystem gemäss JIS Z8781-4 mindestens 63.9 bis höchstens 75.9, mindestens 0.05 bis höchstens 0.65 beziehungsweise mindestens 1.3 bis höchstens 11.3 betragen.

[0021] Gemäss der vorliegenden Erfindung ist es möglich, mit einem relativ geringen Kostenaufwand eine bleifreie Au-Sn-Ag-basierte Hochtemperatur-Lotlegierung bereitzustellen, die sich bezüglich Abdichtevermögen, Verbindungssicherheit und Benetzbarkeit auszeichnet und die mit einem hohen Qualitätsniveau über einen langen Zeitraum mit geringen zeitlichen Veränderungen ihrer diversen Eigenschaften gelagert werden kann. Dies ermöglicht es, kostengünstiger als mit herkömmlichen Au-basierten Loten eine Lotlegierung bereitzustellen, die verwendbar ist für elektronische Bauteile, welche eine besonders hohe Zuverlässigkeit erfordern, wie elektronische Bauteile mit einem Kristallbauteil, SAW-Filter, MEMS oder dergleichen, sowie für mit solchen elektronischen Bauteilen ausgestattete elektronische Geräte.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0022]

Fig. 1 ist ein ternäres Au-Sn-Ag-Phasendiagramm;

Fig. 2 ist eine Schnittdarstellung einer Anordnung, in welcher ein Si-Chip mit einem Ni-plattierten Cu-Substrat mittels einer Lotlegierung verbunden ist;

Fig. 3 ist eine Schnittdarstellung einer Anordnung, in welcher eine Lotlegierung mit einem Ni-plattierten Cu-Substrat verbunden ist;

Fig. 4 ist eine Ansicht, welche einen längeren Durchmesser (X1) und einen kürzeren Durchmesser (X2) darstellt, die dazu verwendet werden, um ein Aspektverhältnis zu definieren, und die den maximalen beziehungsweise minimalen Längen des benetzten Lotes entsprechen, und

Fig. 5 ist eine Schnittdarstellung eines mit einer Kugel abgedichteten Dichtungsbehälters.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0023] Der vorliegende Erfinder hat intensiv eine bleifreie Lotlegierung untersucht, welche hauptsächlich Au enthält und als Ergebnis gefunden, dass eine Au-Sn-Ag-basierte Lotlegierung mit einer Grundzusammensetzung nahe der Zusammensetzung am ternären elektrischen Punkt von Au-Sn-Ag (der im ternären Phasendiagramm von Au-Sn-Ag in Fig. 1 gezeigte «Punkt e1») diverse besonders vorteilhafte Eigenschaften als bleifreies Au-basiertes Lot aufweist. Das heisst, die Au-Sn-Ag-basierte Legierung ist absolut weicher als eine Au-Sn-Legierung sofern die Au-Sn-Ag-basierte Legierung eine Zusammensetzung innerhalb eines Zusammensetzungsbereiches nahe bei der Zusammensetzung am ternären eutektischen Punkt von Au, Sn und Ag in deren ternärem Phasendiagramm aufweist. Dementsprechend hat solch eine Au-Sn-Ag-basierte Legierung ausgezeichnete Verarbeitbarkeit beziehungsweise Spannungsrelaxationsverhalten und kann von einem praktischen Gesichtspunkt aus gesehen als eine Lotlegierung mit einer ausreichenden Benetzbarkeit eingesetzt werden. Ausserdem kann der Au-Gehalt der Lotlegierung durch das Ersetzen eines Teils des teuren Au durch Sn und Ag signifikant reduziert werden, was eine Reduktion der Kosten der Lotlegierung ermöglicht.

[0024] Genauer gesagt, besitzt die Au-Sn-Ag-basierte Lotlegierung als Grundzusammensetzung eine Zusammensetzung gemäss dem ternären eutektischen Punkt von Au-Sn-Ag, nämlich Au = 57.2 Massen-%, Sn = 30.8 Massen-%, Ag = 12.0 Massen-%) (Au = 43.9 at%, Sn = 39.3 at%, Ag = 16.8 at% als Atom-% ausgedrückt), und dementsprechend sind ihre Kristallkörner fein und ihre Kristallstruktur ist lamellar, sodass ihre Verarbeitbarkeit und ihr Spannungsrelaxationsverhalten signifikant verbessert sind. Darüber hinaus weist die Au-Sn-Ag-basierte Lotlegierung einen hohen Sn-Gehalt und einen hohen Ag-Gehalt auf, und dementsprechend kann ihr Au-Gehalt reduziert werden, sodass ein hoher Kostenreduktionseffekt erzielt werden kann. Ausserdem enthält die Au-Sn-Ag-basierte Lotlegierung eine grosse Menge an Ag, welches reaktiv und schwierig zu oxidieren ist, und dementsprechend kann eine ausgezeichnete Benetzbarkeit oder Verbindbarkeit erreicht werden. Um die Eigenschaften der Oberfläche des Lotes auf bevorzugtem Niveau zu halten ist es überdies wichtig, die Bedingungen der Lotoberfläche genau zu verstehen und zu kontrollieren. Dementsprechend wird der Oberflächenzustand der Lotlegierung durch L*, a* und b* in einem L*a*b* Farbsystem gemäss JIS Z8781-4 spezifiziert.

[0025] Genauer gesagt, besitzt die Au-Sn-Ag-basierte erfindungsgemässe Lotlegierung eine Zusammensetzung enthaltend mindestens 27.5 Massen-% aber weniger als 33.0 Massen-% an Sn, mindestens 8.0 Massen-% aber weniger als 14.5 Massen-% an Ag, und der Rest Au mit Ausnahme von Elementen, die während der Herstellung zwangsläufig anfallen. Im Fall einer platten- oder bandförmigen Gestalt weist die Lotlegierung eine Oberfläche auf, deren L*, a* und b* in einem L*a*b* Farbsystem gemäss JIS Z8781-4 mindestens 41.1 bis höchstens 57.1, mindestens –1.48 bis höchstens 0.52 beziehungsweise mindestens –4.8 bis höchstens 9.2 betragen. Im Fall einer kugelförmigen Gestalt weist die Lotlegierung eine Oberfläche auf, deren L*, a* und b* in einem L*a*b* Farbsystem gemäss JIS Z8781-4 mindestens 63.9 bis höchstens 75.9, mindestens 0.05 bis höchstens 0.65 beziehungsweise mindestens 1.3 bis höchstens 11.3 betragen. Nachfolgend werden das L*, a* und b* im L*a*b* Farbsystem und die wesentlichen Elemente einer Ausgestaltung der Au-Sn-Ag-basierten erfindungsgemässen Lotlegierung ausführlich beschrieben.

<L*, a*. b*>

[0026] Es ist wünschenswert, dass der Oberflächenzustand des Lotes immer konstant gehalten wird, um die Benetzbarkeit oder Verbindbarkeit des Lotes ohne Variationen stabil zu halten. Im Allgemeinen ist die Oberfläche einer Lotlegierung mit einer Oxidschicht überzogen, und Verunreinigungen haften nur schwach daran. Eine solche Oxidschicht und Verunreinigungen sind zwangsläufig vorhanden, und dementsprechend ist es aus dem Gesichtspunkt der Qualitätskontrolle wünschenswert, klar zu verstehen, in welcher Form diese vorliegen. Ein Weg um dies zu tun besteht beispielsweise darin, die Oxidschicht, die Kohlenstoff-Menge oder die Komponenten des Lotes nahe bei der Oberfläche des Lotes mit einem Feldemissions-Auger-Elektronenspektrometer oder dergleichen zu messen. Allerdings ist die Installation einer solchen Messvorrichtung in einer Produktionslinie zu teuer für die Implementation. Um die Qualität der Lotlegierung konstant auf einem hohen Niveau zu halten, ist es deshalb wichtig, dass der Oberflächenzustand des Lotes auf einfache Weise gemessen werden kann.

[0027] Der vorliegende Erfinder hat gefunden, dass die Oberfläche einer Lotlegierung, welche die Benetzbarkeit oder Verbindbarkeit stark beeinflusst, durch das Verständnis und die Kontrolle der Farbe (Helligkeit, Farbton und Farbsättigung) an der Oberfläche der Lotlegierung auf einfache Weise verstanden und gehandhabt werden kann. Genauer gesagt, hat

der vorliegende Erfinder gefunden, dass im Falle einer platten- oder bandförmigen Gestalt der Au-Sn-Ag-basierten erfindungsgemässen Lotlegierung L* als Indikator von Helligkeit und a* und b* als Indikatoren von Farbton und Farbsättigung in einem in JIS Z8781-4 angegebenen L*a*b* Farbsystem mindestens 41.1 bis höchstens 57.1, mindestens –1.48 bis höchstens 0.52 beziehungsweise mindestens –4.8 bis höchstens 9.2 betragen sollten, und dass im Falle einer kugelförmigen Gestalt der Au-Sn-Ag-basierten erfindungsgemässen Lotlegierung L*, a* und b* im oben erwähnten L*a*b* Farbsystem mindestens 63.9 bis höchstens 75, mindestens 0.05 bis höchstens 0.65 beziehungsweise mindestens 1.3 bis höchstens 11.3 betragen sollten, wodurch eine Oxidschicht und Verunreinigungen an der Oberflächenschicht der Lotlegierung, welche die Benetzbarkeit oder Verbindbarkeit ungünstig beeinflussen, indirekt kontrolliert werden können, um die durch diese verursachten schädlichen Wirkungen in einem annehmbaren Bereich zu halten. Im Ergebnis kann eine ausgezeichnete Benetzbarkeit oder Verbindbarkeit erreicht werden, was es ermöglicht, eine hohe Verbindungssicherheit zu erreichen.

[0028] Wie oben beschrieben, wird es anhand der Definition von L*, a* und b* der Au-Sn-Ag-basierten Lotlegierung möglich, für nahezu die gesamte Oberfläche der Lotlegierung im Wesentlichen gleichmässig gute Bedingungen zu gewährleisten, was erlaubt, eine geschmolzene Lotlegierung gleichmässig über ein zu verbindendes Objekt nass zu verteilen und eine gleichmässig verfestigte Lotlegierung zu bilden, die das Objekt verbindet und zudem die Bildung von Poren unterdrückt. Dementsprechend kann eine hohe Verbindungssicherheit erreicht werden. Da die Qualität der Au-Sn-Ag-basierten Lotlegierung auf diese Weise stabil auf einem hohen Niveau gehalten werden kann, lässt sich infolge einer Erhöhung der Ausbeute oder Produktivität ein Kostenvorteil erreichen.

[0029] Ausserdem kann die Oberfläche der Au-Sn-Ag-basierten Lotlegierung bis zu einem gewissen Mass durch Kontrolle der Oxidschicht und der Verunreinigungen auf der Oberfläche sauber hergestellt werden, und dementsprechend ist es weniger wahrscheinlich, dass Oxidation oder Korrosion fortschreiten, weshalb die Au-Sn-Ag-basierte Lotlegierung auch eine ausgezeichnete Lagerungsstabilität oder Korrosionsbeständigkeit aufweist. Anders gesagt, falls die Oxidation der Oberfläche des Lotes fortschreitet oder grosse Mengen an Verunreinigungen aus einer früheren Herstellungsstufe an der Oberfläche des Lotes anhaften, ist es wahrscheinlich, dass die Oxidation oder Korrosion danach fortschreitet, was verschiedene Eigenschaften der Lotlegierung im Laufe der Zeit signifikant verändert, so dass sich die Lagerungsstabilität der Lotlegierung verschlechtert. Wenn andererseits die Menge einer Oxidschicht auf der Oberfläche des Lotes sehr gering ist und wenig Verunreinigungen auf der Oberfläche des Lotes vorhanden sind, schreitet die Oxidation oder Korrosion sehr langsam fort.

[0030] Falls die L*, a* und b* der Au-Sn-Ag-basierten Lotlegierung ausserhalb des oben erwähnten Bereichs liegen, ist die Dicke einer Oxidschicht gross oder Verunreinigungen sind in Mengen vorhanden, die über der annehmbaren Grenze liegen. Im Ergebnis wird die Benetzbarkeit oder Verbindbarkeit schlecht, und damit wird zwangsläufig die Zuverlässigkeit schlecht, was nicht erwünscht ist. Nachfolgend wird jedes der Elemente der Au-Sn-Ag-basierten erfindungsgemässen Lotlegierung beschrieben.

<Au>

[0031] Au ist eine Hauptkomponente der erfindungsgemässen Lotlegierung und ist ein essenzielles Element. Au ist schwierig zu oxidieren und ist dementsprechend das am besten geeignete Element im Hinblick auf seine Eigenschaften als Lot zum Verbinden oder Abdichten von elektronischen Bauteilen, welche eine hohe Zuverlässigkeit erfordern. Au-basiertes Lot wird deshalb häufig zum Abdichten eines Kristallbauteils oder eines SAW-Filters verwendet. Die vorliegende Erfindung stellt eine ähnliche Lotlegierung bereit, welche Au als Hauptkomponente enthält, so dass sie hauptsächlich in einem technischen Gebiet verwendet wird, welches hohe Zuverlässigkeit erfordert.

[0032] Da Au ein sehr teures Metall ist, sollte Au aus Sicht der Kosten in möglichst geringer Menge eingesetzt werden. Au wird deshalb kaum in elektronischen Bauteilen verwendet, welche ein allgemeines Mass an Zuverlässigkeit erfordern. Demgegenüber besitzt die erfindungsgemässe Lotlegierung eine Zusammensetzung nahe der Zusammensetzung am ternären eutektischen Punkt eines Au-Sn-Ag-Systems, die eine ausgezeichnete Flexibilität oder Verarbeitbarkeit der Lotlegierung ermöglicht und gleichzeitig Eigenschaften wie Benetzbarkeit oder Verbindbarkeit gewährleistet, die vergleichbar mit oder überlegen zu denjenigen von Au-20 Massen-% Sn- Lot oder Au-12.5 Massen-% Ge-Lot sind. Ausserdem besitzt die erfindungsgemässe Lotlegierung zwecks Kostenreduktion den niedrigst möglichen Au-Gehalt.

<Sn>

[0033] Sn ist ein Grundelement der erfindungsgemässen Lotlegierung und ist ein essenzielles Element. Eine herkömmliche Au-Sn-Lotlegierung besitzt eine Zusammensetzung nahe der Zusammensetzung an ihrem eutektischen Punkt, das heisst eine Zusammensetzung nahe bei Au-20 Massen-% Sn. Eine solche Au-Sn-Lotlegierung weist eine Soliduslinien-Temperatur von 280 °C und feine Kristallkörner auf und kann deshalb eine relativ hohe Flexibilität haben. Obwohl es sich bei der Au-20 Massen-% Sn-Legierung um eine eutektische Legierung handelt, setzt sich die Au-20 Massen-% Sn-Legierung aus einer intermetallischen Au_1Sn_1-Verbindung und einer intermetallischen Au_5Sn_1-Verbindung zusammen und ist deshalb von harter und spröder Natur und schwierig zu verarbeiten. Wenn beispielsweise die Au-20 Massen-% Sn-Legierung durch Walzen zu einer Blattform verarbeitet wird, muss deren Dicke schrittweise reduziert werden, und dementsprechend kann die Produktivität nicht erhöht werden. Wenn die Verarbeitungsgeschwindigkeit gewaltsam erhöht wird, können beim Walzen zahlreiche Risse entstehen, was unerwünschterweise zu einer geringen Ausbeute führt. Obwohl die harte und spröde Natur der intermetallischen Verbindung im Allgemeinen nicht verändert werden kann, wird die intermetallische

Verbindung für Anwendungen verwendet, welche eine hohe Zuverlässigkeit erfordern, weil die intermetallische Verbindung schwierig zu oxidieren ist und eine ausgezeichnete Benetzbarkeit oder Zuverlässigkeit hat.

[0034] Die erfindungsgemässe Lotlegierung besitzt eine Grundzusammensetzung nahe der Zusammensetzung an ihrem eutektischen Punkt und ist aus einer intermetallischen Au_1Sn_1-Verbindung und einer ζ-Phase zusammengesetzt derart, dass die vorteilhaften Eigenschaften der intermetallischen Au_1Sn_1-Verbindung effektiv hervorgebracht werden. Es ist zu beachten, dass die ζ-Phase eine intermetallische Au-Sn-Ag-Verbindung ist und deren Zusammensetzungsverhältnis in at% ausgedrückt durch Au: Sn: Ag = 30.1: 16.1: 53.8 definiert ist (Referenzliteratur: Ternary Alloys, A Comprehensive Compen-dium of Evaluated Constitutional Data und Phase Diagrams, Edited by G. Petzow und Effenberg, VCH).

[0035] Die erfindungsgemässe Lotlegierung hat Eigenschaften der ζ-Phase von relativ hoher Flexibilität sowie solche der Grundzusammensetzung nahe der Zusammensetzung beim eutektischen Punkt, welche eine lamellare Struktur bildet, und dementsprechend erreicht die Lotlegierung eine ausgezeichnete Verarbeitbarkeit und Spannungsrelaxationsverhalten. Eine solche Zusammensetzung der Lotlegierung ermöglicht es, den Schmelzpunkt der Lotlegierung zu reduzieren, und dementsprechend kann die Lotlegierung eine eutektische Temperatur von 370 °C haben, die sich nicht stark von derjenigen einer Au-Ge Legierung unterscheidet. Ein solcher für eine Hochtemperatur-Lotlegierung geeigneter Schmelzpunkt ist einer der Vorteile der erfindungsgemässen Lotlegierung.

[0036] Der Sn-Gehalt der erfindungsgemässen Lotlegierung beträgt mindestens 27.5 Massen-% bis zu höchstens 33.0 Massen-%, besonders bevorzugt mindestens 29.0 Massen-% bis zu höchstens 32.0 Massen-%. Wenn der Sn-Gehalt geringer als 27.5 Massen-% ist, werden die Kristallkörner gröber, sodass der Effekt einer Verbesserung der Flexibilität oder Verarbeitbarkeit nicht ausreichend zum Tragen kommt und der Unterschied zwischen der Liquiduslinien-Temperatur und der Soliduslinien-Temperatur zu gross wird, wodurch ein Phänomen des getrennten Schmelzens auftritt und der Kostenreduktionseffekt wegen des erhöhten Au-Gehalts der Lotlegierung beschränkt wird. Falls andererseits der Sn-Gehalt 33.0 Massen-% oder mehr beträgt, weicht die Zusammensetzung der Lotlegierung stark von der Zusammensetzung am eutektischen Punkt ab, was zu Problemen wie einer Vergröberung von Kristallkörnern oder einer Erhöhung des Unterschiedes zwischen der Liquiduslinien-Temperatur und der Soliduslinien-Temperatur führen kann. Wenn der Sn-Gehalt zu gross wird, besteht überdies eine grössere Wahrscheinlichkeit, dass die Lotlegierung oxidiert wird und die für Au-basierte Lote charakteristische ausgezeichnete Benetzbarkeit verliert, und dementsprechend ist dann eine hohe Verbindungssicherheit schwierig zu erreichen. Besonders bevorzugt ist es, wenn der Sn-Gehalt mindestens 29.0 Massen-% bis höchstens 32.0 Massen-% beträgt, weil dann die Zusammensetzung der Lotlegierung näher zur Zusammensetzung am eutektischen Punkt kommt, was einen Effekt der Verfeinerung der Kristallkörner bewirken kann und es weniger wahrscheinlich macht, dass ein Phänomen des getrennten Schmelzens auftritt.

<Ag>

[0037] Ag ist ein für die ternäre eutektische Legierung unverzichtbares Element und ist ein essenzielles Element der erfindungsgemässen Lotlegierung. Die erfindungsgemässe Lotlegierung besitzt eine Zusammensetzung nahe der Zusammensetzung am ternären eutektischen Punkt von Au-Sn-Ag, und die Lotlegierung kann deshalb eine ausgezeichnete Flexibilität, Verarbeitbarkeit, und Spannungsrelaxationseigenschaften aufweisen, und darüber hinaus kann die Lotlegierung einen geeigneten Schmelzpunkt haben. Darüber hinaus kann der Au-Gehalt signifikant reduziert werden, wodurch ein hoher Kostenreduktionseffekt erzielt werden kann. Da Ag überdies mit dem in der obersten Oberfläche eines Substrates oder dergleichen verwendeten Cu oder Ni reaktiv ist, besitzt es einen Effekt zur Verbesserung der Benetzbarkeit. Ag besitzt eine ausgezeichnete Reaktivität mit Ag oder einer metallisierten Au-Schicht, weshalb es häufig in der Verbindungsoberfläche eines Halbleiterelementes verwendet wird.

[0038] Der Gehalt an Ag mit solch ausgezeichneten Wirkungen beträgt mindestens 8.0 Massen-% bis höchstens 14.5 Massen-%. Falls der Ag-Gehalt geringer ist als 8.0 Massen-%, weicht die Zusammensetzung der Lotlegierung zu stark von der Zusammensetzung am eutektischen Punkt ab. Im Ergebnis wird die Liquiduslinien-Temperatur der Lotlegierung zu hoch, öderes kommt zur Vergröberung der Kristallkörner, was es schwierig macht, eine hervorragende Verbindungsfähigkeit zu erreichen. Wenn andererseits der Ag-Gehalt 14.5 Massen-% übersteigt, kommt es zu Problemen wie dem Auftreten eines Phänomens des getrennten Schmelzens infolge einer Erhöhung der Liquiduslinien-Temperatur oder einer Vergröberung von Kristallkörnern. Es ist zu bemerken, dass der Ag-Gehalt vorzugsweise mindestens 10.0 Massen-% bis höchstens 14.0 Massen-% ist, weil dadurch die Zusammensetzung der Lotlegierung näher zur Zusammensetzung am eutektischen Punkt kommt und dementsprechend die Wirkung der Zugabe von Ag stärker ausgeprägt wird.

Beispiele

[0039] Au, Sn und Ag mit jeweils eine Reinheit von mindestens 99.99 Massen-% wurden als Rohmaterialien hergestellt, und Ge mit einer Reinheit von mindestens 99.99 Massen-% wurde als Rohmaterial für Vergleichsbeispiele hergestellt. Grosse Flocken oder Stücke der Rohmaterialien wurden in kleine Stücke von höchstens 3 mm geschnitten oder pulverisiert, wobei darauf geachtet wurde, dass die Zusammensetzung der geschmolzenen Legierung gleichmässig und ohne Variationen von Probestelle zu Probestelle war. Anschliessend wurden vorbestimmte Mengen dieser Rohmaterialien abgewogen und in einen Graphit-Schmelztiegel für einen Hochfrequenzschmelzofen gegeben.

[0040] Der die Rohmaterialien enthaltende Schmelztiegel wurde in einen Hochfrequenzschmelzofen gegeben, und es wurde Stickstoff mit einer Fliessgeschwindigkeit von mindestens 0.7 L/min pro kg des Rohmaterials darüber geströmt, um die Oxidation zu unterdrücken. In diesem Zustand wurde der Schmelzofen eingeschaltet, um die Rohmaterialien zu erhitzen und zu schmelzen. Nach Einsetzen des Schmelzvorgangs wurden die Rohmaterialien durch Rühren mit einem Mischstab gut verrührt, um eine gleichmässige Zusammensetzung des geschmolzenen Metalls ohne lokale Variationen zu bewirken. Nachdem das vollständige Schmelzen der Rohmaterialien bestätigt war, wurde der Hochfrequenzschmelzofen abgeschaltet und der Schmelztiegel sofort aus dem Schmelzofen genommen, und das geschmolzene Metall wurde aus dem Schmelztiegel in Formen für Master-Lotlegierungen gegossen. Zur Herstellung von Master-Lotlegierungen wurde eine Form mit einer Gusshöhle mit einer Grösse von Breite 45 mm * Dicke 6 mm * Länge 250 mm im Hinblick auf die Durchführung eines Walz- und Pressvorgangs zur Herstellung von gestanzten Produkten sowie eine Form mit einer Gusshöhle mit einer Grösse von Durchmesser 20 mm * Länge 200 mm im Hinblick auf die Durchführung eines Zerstäubungsvorgans zur Herstellung von Kugeln verwendet. Dementsprechend wurden die Proben 1 bis 19 und 39 bis 50 der gestanzten Produkte unter Verwendung der Form zur Herstellung von gestanzten Produkten hergestellt, und die Proben 20 bis 38 und 51 bis 62 der Kugeln wurden unter Verwendung der Form zur Herstellung von Kugeln hergestellt.

[0041] Master-Lotlegierungen der Proben 1 bis 62, die sich im Mischverhältnis der Rohmaterialien unterscheiden, wurden auf diese Weise hergestellt. Die Zusammensetzung einer jeden der so erhaltenen Master-Lotlegierungen der Proben 1 bis 62 wurde mit Hilfe eines ICP-Emissionsspektrometers (SHIMAZU S-8100) analysiert. Die erhaltenen Resultate der Zusammensetzungsanalyse sind in den nachfolgenden Tabellen 1 und 2 zusammen mit den später noch beschriebenen Farben (SCE) gezeigt.

[Tabelle 1]

Probe	Form der Master-Lot-legierung	Form des Lotes	Zusammensetzung Massen-%				Farbe (SCE)		
			Au	Sn	Ag	Ge	L*	a*	b*
1	Platte	Gestanztes Produkt	60.3	27.7	12.0	0	49.1	-0.48	2.2
2	Platte	Gestanztes Produkt	58.8	29.2	12.0	0	49.1	-0.47	2.2
3	Platte	Gestanztes Produkt	57.0	30.8	12.2	0	49.2	-0.48	2.1
4	Platte	Gestanztes Produkt	56.0	31.9	12.1	0	49.1	-0.49	2.3
5	Platte	Gestanztes Produkt	55.1	32.9	12.0	0	49.1	-0.48	2.2
6	Platte	Gestanztes Produkt	61.0	30.8	8.2	0	49.1	-0.48	2.2
7	Platte	Gestanztes Produkt	59.2	30.7	10.1	0	49.0	-0.47	2.3
8	Platte	Gestanztes Produkt	57.2	30.8	12.0	0	49.1	-0.48	2.2
9	Platte	Gestanztes Produkt	55.8	30.9	13.3	0	49.2	-0.48	2.1
10	Platte	Gestanztes Produkt	54.8	30.8	14.4	0	49.1	-0.48	2.2
11	Platte	Gestanztes Produkt	57.2	30.8	12.0	0	41.3	-0.48	2.2
12	Platte	Gestanztes Produkt	57.1	30.8	12.1	0	49.1	-0.47	2.1
13	Platte	Gestanztes Produkt	57.1	30.9	12.0	0	56.7	-0.48	2.2
14	Platte	Gestanztes Produkt	57.2	30.8	12.0	0	49.1	-1.45	2.2
15	Platte	Gestanztes Produkt	57.2	30.8	12.0	0	49.1	-0.48	2.3
16	Platte	Gestanztes Produkt	57.2	30.8	12.0	0	49.2	0.50	2.2
17	Platte	Gestanztes Produkt	57.0	30.9	12.1	0	49.1	-0.48	-0.6
18	Platte	Gestanztes Produkt	57.1	30.9	12.0	0	49.2	-0.49	2.2
19	Platte	Gestanztes Produkt	57.2	30.8	12.0	0	49.1	-0.48	9.0
20	Zylinder	Kugel	60.4	27.6	12.0	0	69.9	0.33	6.3
21	Zylinder	Kugel	58.8	29.1	12.1	0	69.8	0.33	6.2
22	Zylinder	Kugel	57.1	30.8	12.1	0	69.9	0.32	6.4
23	Zylinder	Kugel	56.0	31.8	12.2	0	69.8	0.34	6.3
24	Zylinder	Kugel	55.1	32.9	12.0	0	69.9	0.33	6.3
25	Zylinder	Kugel	61.1	30.8	8.1	0	69.9	0.33	6.3
26	Zylinder	Kugel	59.1	30.7	10.2	0	70.1	0.33	6.4
27	Zylinder	Kugel	57.1	30.9	12.0	0	69.9	0.33	6.3
28	Zylinder	Kugel	55.8	30.9	13.3	0	70.0	0.32	6.2
29	Zylinder	Kugel	54.8	30.8	14.4	0	69.9	0.33	6.3
30	Zylinder	Kugel	57.2	30.8	12.0	0	64.1	0.33	6.3
31	Zylinder	Kugel	57.1	30.9	12.0	0	69.9	0.32	6.4
32	Zylinder	Kugel	57.2	30.8	12.0	0	75.7	0.33	6.3
33	Zylinder	Kugel	57.0	30.9	12.1	0	69.9	0.06	6.3
34	Zylinder	Kugel	57.2	30.8	12.0	0	69.7	0.33	6.2
35	Zylinder	Kugel	57.2	30.7	12.1	0	69.9	0.62	6.3
36	Zylinder	Kugel	57.1	30.9	12.0	0	69.9	0.33	1.4
37	Zylinder	Kugel	57.1	30.9	12.0	0	69.8	0.34	6.3
38	Zylinder	Kugel	57.2	30.8	12.0	0	69.9	0.33	11.1

[Tabelle 2]

Probe	Form der Master-Lot-legierung	Form des Lotes	Zusammensetzung Massen-%				Farbe (SCE)		
			Au	Sn	Ag	Ge	L*	a*	b*
*39	Platte	Gestanztes Produkt	62.6	25.4	12.0	0	49.1	-0.48	2.2
*40	Platte	Gestanztes Produkt	51.4	36.5	12.1	0	49.2	-0.48	2.1
*41	Platte	Gestanztes Produkt	61.8	30.8	7.4	0	49.1	-0.49	2.1
*42	Platte	Gestanztes Produkt	52.3	30.8	16.9	0	49.1	-0.48	2.2
*43	Platte	Gestanztes Produkt	80.0	20.0	0	0	49.0	-0.49	2.2
*44	Platte	Gestanztes Produkt	87.5	0	0	12.5	49.1	-0.48	2.3
*45	Platte	Gestanztes Produkt	57.2	30.8	12.0	0	38.7	-0.48	2.2
*46	Platte	Gestanztes Produkt	57.1	30.8	12.1	0	60.3	-0.48	2.3
*47	Platte	Gestanztes Produkt	57.1	30.9	12.0	0	49.1	-1.58	2.1
*48	Platte	Gestanztes Produkt	57.1	30.8	12.1	0	49.2	0.82	2.2
*49	Platte	Gestanztes Produkt	56.9	30.9	12.2	0	49.0	-0.49	-6.5
*50	Platte	Gestanztes Produkt	57.2	30.8	12.0	0	49.1	-0.48	11.8
*51	Zylinder	Kugel	62.7	25.3	12.0	0	69.9	0.33	6.3
*52	Zylinder	Kugel	51.3	36.7	12.0	0	69.8	0.34	6.3
*53	Zylinder	Kugel	61.9	30.8	7.3	0	69.9	0.33	6.2
*54	Zylinder	Kugel	52.3	30.9	16.8	0	69.9	0.33	6.3
*55	Zylinder	Kugel	80.0	20.0	0	0	70.0	0.34	6.4
*56	Zylinder	Kugel	87.5	0	0	12.5	69.9	0.33	6.3
*57	Zylinder	Kugel	57.2	30.8	12.0	0	61.0	0.33	6.3
*58	Zylinder	Kugel	56.9	30.9	12.2	0	79.0	0.33	6.3
*59	Zylinder	Kugel	57.1	30.9	12.0	0	69.9	0.01	6.3
*60	Zylinder	Kugel	57.1	30.8	12.1	0	69.9	0.85	6.3
*61	Zylinder	Kugel	57.0	30.9	12.1	0	69.9	0.33	0.8
*62	Zylinder	Kugel	57.2	30.8	12.0	0	69.9	0.33	13.0

(Hinweis) Die in der Tabelle mit *bezeichneten Proben sind Vergleichsbeispiele.

[0042] Anschliessend wurde jede der Master-Lotlegierungen der Proben 1 bis 19 und 39 bis 50 mit Hilfe einer Walzvorrichtung zu einer Blattform weiterverarbeitet und danach mit Hilfe einer Pressvorrichtung ausgestanzt, um quadratische gestanzte Produkte von 5.0 mm * 5.0 mm in einer Weise herzustellen, die nachfolgend beschrieben wird. Anschliessend wurden die L*, a* und b* des gestanzten Produktes mit Hilfe eines Spektrokolorimeters gemessen. Darüber hinaus wurden ein Substrat und ein Chip unter Verwendung des gestanzten Produktes zur Bildung einer Anordnung miteinander verbunden, um die Verbindbarkeit (Messung des Porenanteils) und Lagerungsstabilität (Test bei konstanter Temperatur und konstanter Feuchtigkeit) zu untersuchen.

[0043] Andererseits wurde jede der Master-Lotlegierungen der Proben 20 bis 38 und 51 bis 62 verwendet, um eine kugelförmige Probe mit einem Durchmesser von 0.25 mm mittels eines Zerstäubungsverfahrens, das später beschrieben wird, herzustellen. Anschliessend wurden L*, a* und b* von jeder kugelförmigen Probe gemessen. Darüber hinaus wurde die Benetzbarkeit der kugelförmigen Probe untersucht (Messung des Aspektverhältnisses), und ein mit der kugelförmigen Probe abgedichteter Artikel wurde hergestellt, um das Abdichtevermögen der kugelförmigen Probe (Überprüfung der Undichtigkeit) zu prüfen. Nachfolgend werden die zur Variation des Oberflächenzustands von Probe zu Probe durchgeführte Behandlung sowie ein Verfahren zur Messung von L*, a* und b* ausführlich beschrieben. Darüber hinaus werden ein Verfahren zur Herstellung von gestanzten Produkten oder Kugeln und verschiedene Prüfverfahren ausführlich beschrieben.

<Oberflächenzustand der Lotlegierung>

[0044] Die gestanzten Produkte und kugelförmigen Proben der Proben 1 bis 62 wurden in einer reduzierenden Wasserstoffatmosphäre bei verschiedenen Temperaturen im Bereich von 80 bis 250 °C während verschiedenen Zeitdauern im Bereich von 0.1 bis 5.0 Stunden hitzebehandelt, um den Oxidationsgrad oder die Metallstruktur der Oberfläche der Lot-

legierung von Probe zu Probe gezielt einzustellen. Eine Erhöhung der Temperatur und/oder Erhöhung der Zeitdauer der Hitzebehandlung verringert L*, aber erhöht a* und b*. Es wurden die L*, a* und b* von jeder Lotlegierungsprobe der Proben 1 bis 62, deren Oberflächenzustand auf diese Weise eingestellt wurde, gemessen.

<Verfahren zur Herstellung von gestanzten Produkten>

[0045] Jede der in der obigen Tabelle gezeigten Master-Lotlegierungen der Proben 1 bis 19 und 39 bis 50 wurde mit Hilfe einer Walzvorrichtung bis zu einer Dicke von 50 µm gewalzt. Bei der Durchführung der Walzverarbeitung wurden die folgenden Punkte beachtet. Zunächst wurden die Proben zu einem Blatt gewalzt, wobei eine geeignete Menge an Schmieröl zugegeben wurde, falls dies zur Vermeidung eines Anklebens der Probe an den Walzen erforderlich war. Die derartige Bildung eines Ölfilms zwischen den Walzen und dem Blatt beziehungsweise zwischen den Oberflächen des Blatts ermöglicht es, ein Verkleben von Walze und Blatt oder von Blattoberflächen zu verhindern. Darüber hinaus sollte auch die Zuführungsgeschwindigkeit der Probe beachtet werden. Falls die Zuführungsgeschwindigkeit zu hoch ist, wird das Auftreten eines Verklebens zwischen den Oberflächen des Blattes wahrscheinlich oder die Probe bricht infolge der Anwendung einer übermässig hohen Spannung. Falls demgegenüber die Zuführungsgeschwindigkeit zu niedrig ist, tritt eine Ablenkung auf, sodass es beim Aufwickeln des Blattes zu Verwebungen kommt oder ein Blatt mit einer gleichmässigen Dicke nicht erhalten werden kann.

[0046] Jedes der so erhaltenen Blätter wurde mit Hilfe einer Walzvorrichtung weiterverarbeitet, wodurch die gestanzten Produkte erhalten wurden. Genauer gesagt, wurde jedes Blatt in eine Pressvorrichtung gelegt und dann unter Zugabe von Schmieröl ausgestanzt, um die gestanzten Produkte herzustellen. Die gestanzten Produkte wurden in einem mit organischem Lösungsmittel gefüllten Behälter gesammelt. Jedes der gestanzten Produkte hatte eine quadratische Form von 5.0 mm x 5.0 mm. Anschliessend wurden die gestanzten Produkte mit einem organischen Lösungsmittel gewaschen und während 2 Stunden durch Vakuumierung in einem Vakuumtrockner getrocknet, wodurch die Untersuchungsproben erhalten wurden.

<Verfahren zur Herstellung von Kugeln>

[0047] Jede der als Proben 20 bis 38 und 51 bis 62 hergestellten Master-Legierungen (Durchmesser 20 mm) wurde in eine Düse einer Flüssigphasen-Zerstäubungsvorrichtung gegeben, und die Düse wurde auf die Spitze eines Quarzrohres gesetzt, welches auf 320 °C erhitztes Öl enthielt (d.h. in einer Hochfrequenz-Schmelzspule). Die Master-Legierung wurde in der Düse mit Hilfe von Hochfrequenz auf 650 °C erhitzt und dort während 5 Minuten gehalten, und danach wurde die Zerstäubung mittels Druckanwendung auf die Düse mit einem inerten Gas durchgeführt, wodurch Kugeln der Lotlegierung erzeugt wurden. Es ist zu bemerken, dass der Durchmesser der Düsenspitze vorgängig derart eingestellt wurde, dass der Medianwert des Durchmessers der Kugeln 0.25 mm betrug. Anschliessend wurden die mit Hilfe des oben erwähnten Verfahrens erhaltenen Kugeln mit Hilfe eines Zwilling-Schneckenklassierers sortiert, um Kugeln mit einem Durchmesser im Bereich von 0.25 ± 0.015 mm zu erhalten. Auf diese Weise wurden Kugelproben mit einem Durchmesser von 0.25 mm hergestellt und als Untersuchungsproben verwendet.

<Messung von L*, a* und b*>

[0048] Die Oberfläche eines jeden gestanzten Produktes (mit einer Quadratform von 5.0 mm * 5.0 mm) der Proben 1 bis 19 und 39 bis 50 und die Oberfläche einer jeden Kugel mit einem Durchmesser von 0.25 mm der Proben 20 bis 38 und 51 bis 62 wurden mit Hilfe eines Spektrokolorimeters (hergestellt durch KONICA MINOLTA OPTICS, INC., Model: CM-5) ausgemessen, um L*, a* und b* zu bestimmen. Zuerst wurde die Vorrichtung mit Hilfe einer standardisierten Lichtquelle korrigiert. Anschliessend wurde jede der Proben auf einem Messtisch angeordnet, der Deckel wurde verschlossen, und die Messung wurde automatisch durchgeführt. Die Messung wurde durch Entfernen spekularer Reflexion (im Falle der vorliegenden Vorrichtung ist dies die Messart SCE, bei der es sich um ein Messverfahren handelt, in welchem die spekulare Reflexion entfernt wird). Die Messresultate von jeder der Proben sind in den oben aufgeführten Tabellen 1 und 2 gezeigt.

<Untersuchung der Verbindbarkeit (Messung des Porenanteils)>

[0049] Der Porenanteil wurde unter Verwendung des gestanzten Produktes gemessen, um die Verbindbarkeit zu untersuchen. Genauer gesagt, wurde eine Laser-Lötvorrichtung (hergestellt durch Apollo Seiko Ltd.) gestartet, und es wurde ein Strom von Stickstoffgas mit einer Fliessgeschwindigkeit von 50 L/min eingestellt. Anschliessend wurde ein Cu-Substrat 1 (Dicke: 0.3 mm) mit einer Ni-Überzugsschicht 2 (Dicke: 3.0 µm) automatisch in einen Laserbestrahlungsbereich übergeführt. Anschliessend wurde die kugelförmige Probe (Lotlegierung 3) zugeführt und auf dem Ni-überzogenen Cu-Substrat 1 angeordnet und mittels Laserbestrahlung während 0.3 Sekunden erhitzt und geschmolzen. Kurz danach wurde ein Si-Chip 4 auf der Lotlegierung 3 angeordnet und während 3 Sekunden gescheuert. Nach Beendigung des Scheuervorgangs wurde die Si-Chip-Anordnung automatisch vom Laserbestrahlungsbereich in einen Überführungsbereich transferiert, abgekühlt und unter Stickstoffatmosphäre aufbewahrt. Nach ausreichender Abkühlung wurde die Si-Chip-Anordnung entnommen und der Atmosphäre ausgesetzt (siehe Fig. 2).

[0050] Um die Benetzbarkeit zu untersuchen, wurde der Porenanteil der Si-Chip-Anordnung mit Hilfe eines Röntgen-Prüfsystems (hergestellt durch TOSHIBA CORPORATION, TOSMICRON-6125) gemessen. Die oberhalb des Si-Chips emit-

tierten Röntgenstrahlen wurden vertikal durch die Verbindung in der Anordnung, mit welcher der Si-Chip mit dem mit der Probe versehenen Cu-Substrat verbunden ist (Lotlegierung) hindurch geführt, und der Porenanteil wurde unter Verwendung der nachfolgenden Berechnungsformel 2 berechnet. [Berechnungsformel 2]
Porenanteil = Porenfläche (Porenfläche + Fläche der Verbindung zwischen Lot und Cu-Substrat) x 100 (%)

<Untersuchung der Lagerungsstabilität (Test bei konstanter Temperatur und konstanter Feuchtigkeit)>

[0051] Veränderungen des Oberflächenzustands einer Lotlegierungsprobe infolge von Korrosion oder Oxidation der Oberfläche des Lotes während der Langzeitlagerung führen zu einer Reduktion der Benetzbarkeit oder Verbindbarkeit, wodurch ein gutes Verbinden der Lotlegierungsprobe verhindert wird. Darüber hinaus führen Veränderungen der Oberfläche des Lotes im Laufe der Zeit zu Variationen im Zustand der Verbindung. Dementsprechend ist es zur Erreichen einer erfolgreichen Verbindung wichtig, dass durch die Umgebung keine Veränderungen in der Oberfläche des Lotes eintreten. Um die Lagerungsstabilität zu untersuchen, wurde ein Test unter Bedingungen konstanter Temperatur und konstanter Feuchtigkeit durchgeführt. Genauer gesagt, wurde das gestanzte Produkt in eine Kammer mit konstanter Temperatur und konstanter Feuchtigkeit (hergestellt durch Yamato Scientific Co., Ltd., Modell: IW242) gebracht und einem Test bei 85 °C und 85% RH während 1000 Stunden unterzogen.

[0052] Von jeder Probe wurde die Dicke des Oxidfilms vor und nach dem Test bei konstanter Temperatur und konstanter Feuchtigkeit durch Vergleich mit der Dicke eines Oxidfilms der Probe 1 vor dem Test bei konstanter Temperatur und konstanter Feuchtigkeit, die als 100 definiert wurde, untersucht. Die Dicke des Oxidfilms wurde als eine Tiefe (Abstand) von der Oberfläche des Lotes zu dem Punkt definiert, wo die Sauerstoffkonzentration gemessen in einer Tiefenrichtung von der Oberfläche des Lotmaterials auf 50% reduziert wurde, wenn die maximale Sauerstoffkonzentration in der Nähe der Oberfläche der Lotlegierung als 100% definiert wurde. Die Dicke der Oxidschicht in der Nähe der Oberfläche der Lotlegierung wurde mit einem Feldemissionstyp-Auger-Elektronenspektrometer (hergestellt durch ULVAC-PHI, Model: SAM-4300) gemessen.

<Untersuchung der Benetzbarkeit (Messung des Aspektverhältnisses)>

[0053] Jede Kugel der Proben 20 bis 38 und 51 bis 62 wurde mit einem Substrat zur Bildung einer Anordnung verbunden, und das Aspektverhältnis der benetzten Lotlegierung wurde gemessen, um die Benetzbarkeit zu bestimmen. Genauer gesagt, wurde eine Laser-Lötvorrichtung (hergestellt durch Apollo Seiko Ltd.) gestartet, und es wurde ein Strom von Stickstoffgas mit einer Fliessgeschwindigkeit von 50 L/min eingestellt. Anschliessend wurde ein Cu-Substrat 1 (Dicke: 0.3 mm) mit einer Ni-Überzugsschicht 2 (Dicke: 3.0 µm) automatisch in einen Laserbestrahlungsbereich übergeführt. Anschliessend wurde die kugelförmige Probe zugeführt und auf dem Ni-überzogenen Cu-Substrat 1 positioniert und mittels Laserbestrahlung während 0.3 Sekunden erhitzt und geschmolzen. Anschliessend wurde das Cu-Substrat 1 automatisch vom Laserbestrahlungsbereich in einen Überführungsbereich übergeführt, abgekühlt und unter Stickstoffatmosphäre aufbewahrt. Nach ausreichender Abkühlung wurde das Cu-Substrat 1 der Atmosphäre ausgesetzt.

[0054] Es wurde das Aspektverhältnis der benetzten Lotlegierung in der so erhaltenen Anordnung, in welcher die Lotlegierung 3 wie in Fig. 3 gezeigt mit der Ni-Überzugsschicht 2 des Cu-Substrats 1 verbunden ist, bestimmt. Genauer gesagt, wurden die maximale und minimale Länge des in Fig. 4 gezeigten benetzten Lotes als ein längerer Durchmesser (X1) beziehungsweise ein kürzerer Durchmesser (X2) gemessen, und das Aspektverhältnis des benetzten Lotes wurde mit Hilfe der nachfolgenden Berechnungsformel 1 berechnet. Je näher das mit Hilfe der Berechnungsformel 1 berechnete Aspektverhältnis bei 1 ist, desto stärker ausgeprägt benetzt das Lot auf dem Substrat eine Kreisform, und dementsprechend kann die Benetzbarkeit als besser beurteilt werden. Wenn das Aspektverhältnis grösser als 1 ist, weicht die Form des benetzten Lotes umso stärker von einem Kreis ab, je stärker das Aspektverhältnis ansteigt. In diesem Fall treten Variationen in der Verschiebungsstrecke des geschmolzenen Lotmaterials auf, und dementsprechend findet eine ungleichmässige Reaktion statt, sodass die Dicke oder Zusammensetzung der Legierungsschicht stark variiert und kein gleichmässiges und erfolgreiches Verbinden erreicht werden kann. Ausserdem fliesst und verbreitet sich eine grosse Menge des Lotes in eine bestimmte Richtung, und dementsprechend gibt es einen Flächenbereich, in dem die Menge des Lotes zu hoch ist, und einen Flächenbereich, in dem das Lot nicht vorhanden ist, so dass in gewissen Flächenbereichen der Lötvorgang schlecht ist beziehungsweise das Verbinden nicht gelingt. [Berechnungsformel 1]
Aspektverhältnis = Längerer Durchmesser + kürzerer Durchmesser

<Untersuchung der Stabilität (Überprüfung auf Undichtigkeiten)>

[0055] Ein Dichtungsbehälter 5 mit der in Fig. 5 gezeigten Form wurde mit einer kugelförmigen Lotlegierung 3 von jeder der Proben 20 bis 38 und 51 bis 62 mit Hilfe einer Laserbonding-Vorrichtung abgedichtet, um das Abdichtevermögen der Lotlegierung zu bestimmen. Die Lotlegierung wurde auf dieselbe Weise verbunden wie bei der Untersuchung der Benetzbarkeit mit der Ausnahme, dass als das mit der Lotlegierung zu verbindende Objekt ein Dichtungsbehälter gewählt wurde. Jedes der auf diese Weise hergestellten Objekte wurde während 2 Stunden in Wasser eingetaucht und wurde danach aus dem Wasser entnommen und zerlegt, um auf Undichtigkeiten zu prüfen. Wenn Wasser im zerlegten abgedichteten Objekt vorhanden war, wurde daraus geschlossen, dass eine Undichtigkeit aufgetreten war. In diesem Fall wurde das Abdichtevermögen als «schlecht» bewertet. Wenn eine solche Undichtigkeit nicht aufgetreten war, wurde das Abdichtevermögen als «gut» bewertet. Die Untersuchungsresultate des Abdichtevermögens sind in den nachfolgenden Tabellen 3

und 4 zusammen mit den Resultaten der oben erwähnten Untersuchungen der Verbindbarkeit (Porenanteil einer Si-Chip-Anordnung), Lagerungsstabilität und Benetzbarkeit (Aspektverhältnis der Lotlegierung) gezeigt.

[Tabelle 3]

Probe	[Untersuchung der Verbindbarkeit] Porenanteil (%)	[Untersuchung der Lagerungsstabilität (%)]		[Untersuchung der Benetzbarkeit] Aspektverhältnis	[Untersuchung des Abdichtevermögens]
		0 Stunden	1000 Stunden		
1	0	100	100	-	-
2	0	100	100	-	-
3	0	101	100	-	-
4	0	100	101	-	-
5	0	100	100	-	-
6	0	99	100	-	-
7	0	100	100	-	-
8	0	100	100	-	-
9	0	100	102	-	-
10	0	100	100	-	-
11	0	100	100	-	-
12	0	100	100	-	-
13	0	99	101	-	-
14	0	100	100	-	-
15	0	100	102	-	-
16	0	100	100	-	-
17	0	100	100	-	-
18	0	100	101	-	-
19	0	100	100	-	-
20	-	-	-	1.01	○
21	-	-	-	1.00	○
22	-	-	-	1.00	○
23	-	-	-	1.01	○
24	-	-	-	1.00	○
25	-	-	-	1.02	○
26	-	-	-	1.01	○
27	-	-	-	1.00	○
28	-	-	-	1.00	○
29	-	-	-	1.00	○
30	-	-	-	1.00	○
31	-	-	-	1.01	○
32	-	-	-	1.00	○
33	-	-	-	1.00	○
34	-	-	-	1.01	○
35	-	-	-	1.02	○
36	-	-	-	1.00	○
37	-	-	-	1.00	○
38	-	-	-	1.00	○

[Tabelle 4]

Proben	[Untersuchung der Verbindbarkeit] Porenanteil (%)	[Untersuchung der Lagerungsstabilität (%)]		[Untersuchung der Benetzbarkeit] Aspektverhältnis	[Untersuchung des Abdichtevermögens]
		0 Stunden	1000 Stunden		
*39	8.0	350	500	-	-
*40	10.3	354	515	-	-
*41	9.2	363	537	-	-
*42	8.8	347	478	-	-
*43	10.0	152	336	-	-
*44	11.2	147	314	-	-
*45	11.6	150	305	-	-
*46	10.4	152	309	-	-
*47	10.7	143	307	-	-
*48	12.4	146	308	-	-
*49	10.9	154	331	-	-
*50	11.2	158	321	-	-
*51	-	-	-	1.21	×
*52	-	-	-	1.25	×
*53	-	-	-	1.23	×
*54	-	-	-	1.21	×
*55	-	-	-	1.26	×
*56	-	-	-	1.22	×
*57	-	-	-	1.20	×
*58	-	-	-	1.25	×
*59	-	-	-	1.22	×
*60	-	-	-	1.23	×
*61	-	-	-	1.27	×
*62	-	-	-	1.25	×

(Hinweis) Die in der Tabelle mit *bezeichneten Proben sind Vergleichsbeispiele.

[0056] Wie aus den oben aufgeführten Tabellen 3 und 4 ersichtlich ist, ergaben die erfindungsgemässen Au-Sn-Ag-basierten Lotlegierungen der Proben 1 bis 38 gute Resultate für alle untersuchten Kriterien der Verbindbarkeit, Lagerungsstabilität, Benetzbarkeit und Abdichtevermögen. Insbesondere ergab die Untersuchung der Verbindbarkeit einen Porenanteil von 0%, was heisst, dass in allen Fällen der Proben in diesen Beispielen keine Poren gebildet wurden, und bei der Untersuchung der Lagerungsstabilität war die Dicke des Oxidfilms vor und nach dem Test kaum verändert, was heisst, dass die Oberfläche der Lotlegierung nur schwer zu verändern war, und dementsprechend war die Lagerungsstabilität hervorragend. Darüber hinaus betrug bei der Untersuchung der Benetzbarkeit das Aspektverhältnis höchstens 1.02, und die Lotlegierung zeigte eine gleichmässige Benetzungsverteilung, und dementsprechend war die Benetzbarkeit hervorragend. Ausserdem trat bei der Untersuchung des Abdichtevermögens überhaupt keine Undichtigkeit auf. Der Grund, warum solch ausgezeichnete Resultate erhalten wurden, wird darin gesehen, dass die erfindungsgemässe Lotlegierung L*, a* und b* in den zugehörigen geeigneten Bereichen aufweist und eine Zusammensetzung innerhalb des geeigneten Bereichs besitzt.

[0057] Andererseits ergab jede der Lotlegierungen der Proben 39 bis 62 als Vergleichsbeispiele bei verschiedenen Untersuchungen schlechte Resultate aufgrund dessen, dass L*, a* und b* nicht innerhalb ihrer entsprechenden geeigneten Bereiche lagen beziehungsweise der Gehalt von irgendeinem aus Au, Sn, und Ag nicht im geeigneten Bereich war. Insbesondere verhielt es sich so, dass bei der Untersuchung der Verbindbarkeit der Porenanteil mindestens 8% betrug, bei der Untersuchung der Lagerungsstabilität die Dicke des Oxidfilms nach dem Test stark zugenommen hatte, bei der Untersuchung der Benetzbarkeit das Aspektverhältnis mindestens 1.2 betrug und bei der Untersuchung des Abdichtevermögens bei den Proben in allen Fällen Undichtigkeiten festgestellt wurden.

[0058] Ausgestaltungen der erfindungsgemässen Au-Sn-Ag-basierten Lotlegierung wurden unter Bezugnahme auf Beispiele beschrieben, aber die vorliegende Erfindung ist nicht auf diese Beispiele oder Ausgestaltungen beschränkt, und es können verschiedene Ausgestaltungen ohne Verlassen des Schutzbereichs der vorliegenden Erfindung implementiert werden. Das heisst, dass der technische Schutzbereich der vorliegenden Erfindung durch die Ansprüche und deren Äquivalente definiert ist. Ausserdem beruht die vorliegende Erfindung auf der am 30. September 2014 angemeldeten japanischen Patentanmeldung Nr. 2014-200 478, deren Offenbarungsgehalt hierdurch Bezugnahme übernommen wird.

Patentansprüche

1. Platten- oder bandförmige Au-Sn-Ag-basierte Lotlegierung, umfassend mindestens 27.5 Massen-% aber weniger als 33.0 Massen-% an Sn, mindestens 8.0 Massen-% aber weniger als 14.5 Massen-% an Ag, der Rest Au mit Ausnahme von Elementen, die während der Herstellung zwangsläufig anfallen, wobei die Au-Sn-Ag-basierte Lotlegierung eine Oberfläche aufweist, deren L*, a* und b* in einem L*a*b* Farbsystem gemäss JIS Z8781-4 mindestens 41.1 bis höchstens 57.1, mindestens –1.48 bis höchstens 0.52 beziehungsweise mindestens –4.8 bis höchstens 9.2 betragen.
2. Au-Sn-Ag-basierte Lotlegierung nach Anspruch 1, enthaltend mindestens 29.0 Massen-% bis höchstens 32.0 Massen-% an Sn.
3. Au-Sn-Ag-basierte Lotlegierung nach Anspruch 1, enthaltend mindestens 10.0 Massen-% bis höchstens 14.0 Massen-% an Ag.
4. Au-Sn-Ag-basierte Lotlegierung nach Anspruch 1, enthaltend mindestens 29.0 Massen-% bis höchstens 32.0 Massen-% an Sn und mindestens 10.0 Massen-% bis höchstens 14.0 Massen-% an Ag.
5. Elektronisches Bauteil, welches mit der Au-Sn-Ag-basierten Lotlegierung nach Anspruch 1 abgedichtet ist.
6. Elektronisches Gerät, welches mit dem elektronischen Bauteil nach Anspruch 5 ausgestattet ist.
7. Kugelförmige Au-Sn-Ag-basierte Lotlegierung umfassend mindestens 27.5 Massen-% aber weniger als 33.0 Massen-% an Sn, mindestens 8.0 Massen-% aber weniger als 14.5 Massen-% an Ag, der Rest Au mit Ausnahme von Elementen, die während der Herstellung zwangsläufig anfallen, wobei die Au-Sn-Ag-basierte Lotlegierung eine Oberfläche aufweist, deren L*, a* und b* in einem L*a*b* Farbsystem gemäss JIS Z8781-4 mindestens 63.9 bis höchstens 75.9, mindestens 0.05 bis höchstens 0.65 beziehungsweise mindestens 1.3 bis höchstens 11.3 betragen.
8. Au-Sn-Ag-basierte Lotlegierung nach Anspruch 7, enthaltend mindestens 29.0 Massen-% bis höchstens 32.0 Massen-% an Sn.
9. Au-Sn-Ag-basierte Lotlegierung nach Anspruch 7, enthaltend mindestens 10.0 Massen-%) bis höchstens 14.0 Massen-% an Ag.
10. Au-Sn-Ag-basierte Lotlegierung nach Anspruch 7, enthaltend mindestens 29.0 Massen-% bis höchstens 32.0 Massen-% an Sn und mindestens 10.0 Massen-%) bis höchstens 14.0 Massen-% an Ag.
11. Elektronisches Bauteil, welches mit der Au-Sn-Ag-basierten Lotlegierung nach Anspruch 1 abgedichtet ist.
12. Elektronisches Gerät, welches mit dem elektronischen Bauteil nach Anspruch 11 ausgestattet ist.

FIG. 1

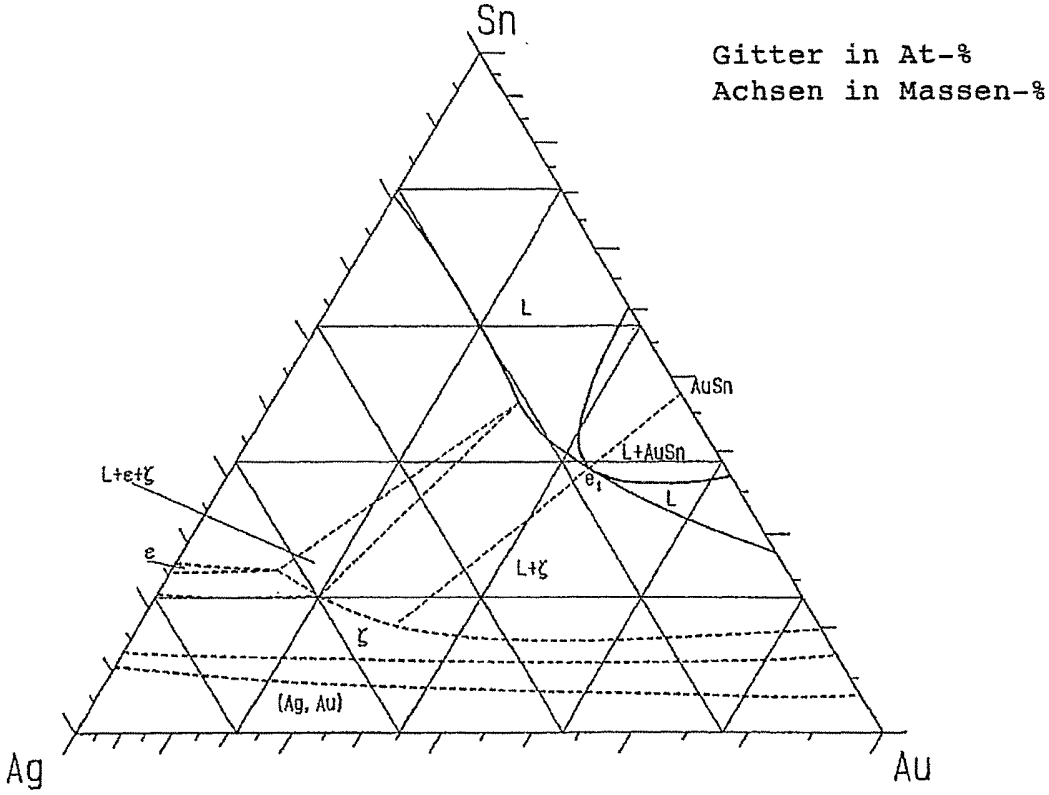


Fig. 3: Isothermer Schnitt bei 370°C

FIG. 2

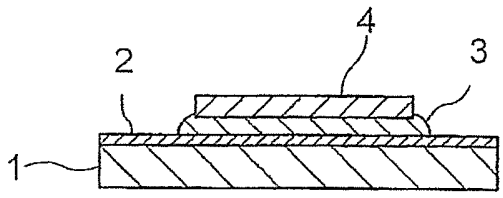


FIG. 3

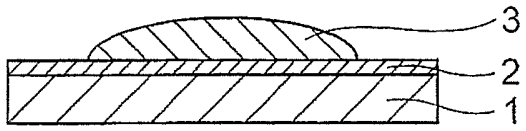


FIG. 4

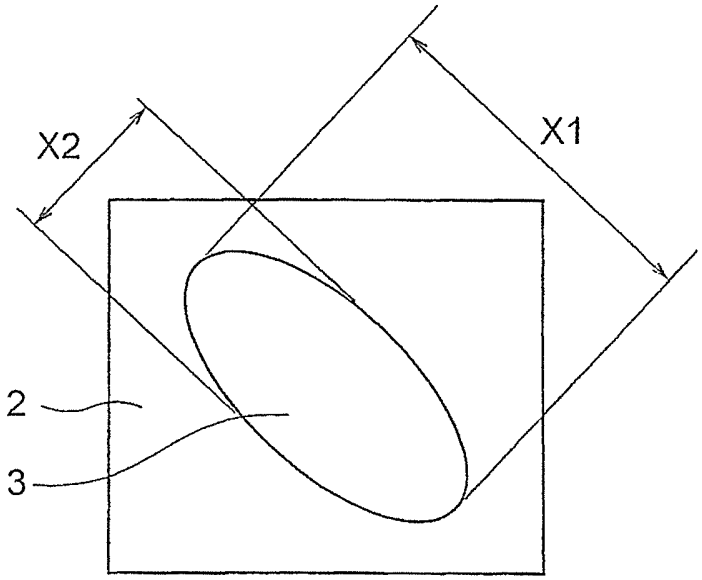


FIG. 5

