



(10) **DE 11 2015 007 271 B3** 2022.10.27

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **11 2015 007 271.3**

(22) Anmeldetag: **17.09.2015**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **27.10.2022**

(51) Int Cl.: **H01L 23/49** (2006.01)

H01L 21/60 (2006.01)

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

<p>(30) Unionspriorität: 2015-159692 12.08.2015 JP</p> <p>(62) Teilung aus: 11 2015 004 682.8</p> <p>(73) Patentinhaber: Nippon Micrometal Corporation, Iruma-shi, Saitama, JP; NIPPON STEEL Chemical & Material Co., Ltd., Tokyo, JP</p> <p>(74) Vertreter: VOSSIUS & PARTNER Patentanwälte Rechtsanwälte mbB, 81675 München, DE</p>	<p>(72) Erfinder: Oda, Daizo, Iruma-shi, Saitama, JP; Eto, Motoki, Iruma-shi, Saitama, JP; Saito, Kazuyuki, Iruma- shi, Saitama, JP; Haibara, Teruo, Iruma-shi, Saitama, JP; Oishi, Ryo, Iruma-shi, Saitama, JP; Yamada, Takashi, Iruma-shi, Saitama, JP; Uno, Tomohiro, Tokyo, JP</p> <p>(56) Ermittelter Stand der Technik:</p> <table><tr><td>US</td><td>2012 / 0 299 182</td><td>A1</td></tr><tr><td>JP</td><td>2012- 39 079</td><td>A</td></tr></table>	US	2012 / 0 299 182	A1	JP	2012- 39 079	A
US	2012 / 0 299 182	A1					
JP	2012- 39 079	A					

(54) Bezeichnung: **Bonddraht für Halbleitervorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung, der aufweist:

ein Cu-Legierungskernmaterial; und
eine Pd-Überzugschicht, die auf einer Oberfläche des Cu-Legierungskernmaterials ausgebildet ist, wobei
der Bonddraht Ge enthält, und
eine Konzentration von Ge relativ zu dem Gesamtdraht
0,011 bis 1,5 Massen-% beträgt.

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung, der verwendet wird, um Elektroden auf einer Halbleitervorrichtung zu verbinden, und die Verdrahtung einer Leiterplatte, wie etwa äußerer Leitungen.

Hintergrundtechnik

[0002] Gegenwärtig werden als ein Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung, der Elektroden auf einer Halbleitervorrichtung und äußere Leitungen verbindet (auf den hier nachstehend als „ein Bonddraht“ Bezug genommen wird), hauptsächlich dünne Drähte mit einem Drahtdurchmesser von etwa 15 bis 50 µm verwendet. Ein Verfahren zum Bonden des Bonddrahts ist im Allgemeinen ein Wärmedruck-Bondverfahren mit Hilfe von Ultraschall, das eine allgemeine Bondvorrichtung, ein Kapillarwerkzeug, das zum Bonden durch Hindurchführen des Bonddrahts verwendet wird, und ähnliches verwendet. Ein Bondverfahren des Bonddrahts umfasst das Heizen und Schmelzen einer Drahtspitze mit Bogenentladungswärmezufuhr, das Ausbilden einer Kugel (FAB: free air ball) durch Oberflächenspannung, führt ein Pressbonds dieser Kugel auf die Elektrode der Halbleitervorrichtung durch, die auf einen Bereich von 150 bis 300°C geheizt wird (worauf hier nachstehend als „Kugelbonds“ Bezug genommen werden kann), wobei eine Schleife ausgebildet wird, und führt schließlich ein Pressbonds eines Drahts auf eine Elektrode der äußeren Leitung durch (worauf hier nachstehend als Keil-Bonds (wedge bonding) Bezug genommen werden kann). Als Bond-Gegenstücke des Bonddrahts wird eine Elektrodenstruktur, in der eine Legierung, die hauptsächlich Al enthält, als eine Dünnschicht auf einem Si-Substrat ausgebildet ist, für die Elektrode auf der Halbleitervorrichtung verwendet, während eine mit Ag oder Pd metallisierte Elektrodenstruktur für die Elektrode der äußeren Leitung verwendet wird.

[0003] Au, das hauptsächlich als ein Material des Bonddrahts verwendet wurde, wurde hauptsächlich für die LSI-Verwendung (LSI: large scale integration: hochintegriert) durch Cu ersetzt. Vor dem Hintergrund der starken Zunahme von Elektrofahrzeugen und Hybridfahrzeugen, nehmen Notwendigkeiten zum Ersetzen von Au durch Cu auch bei der Verwendung für Vorrichtungen im Fahrzeug zu.

[0004] Ein Cu-Bonddraht unter Verwendung von hochreinem Cu (Reinheit: 99,99 Massen-% oder mehr) wird entwickelt (zum Beispiel Patentliteratur 1). Cu hat den Nachteil, dass es anfälliger für Oxidation als Au ist, und hat Probleme in der Hinsicht, dass die Zuverlässigkeit des Bondens, die Formbarkeit der Kugel und die Keil-Bondfähigkeit unterlegen sind. Als ein Verfahren, um die Oberflächenoxidation eines Cu-Bonddrahts zu verhindern, wird eine Struktur entwickelt, die eine Oberfläche eines Cu-Kernmaterials mit einem Metall, wie etwa Au, Ag, Pt, Pd, Ni, Co, Cr oder Ti, beschichtet (Patentliteratur 2). Eine Struktur, die die Oberfläche des Cu-Kernmaterials mit Pd beschichtet und die Oberfläche davon mit Au, Ag, Cu oder einer Legierung davon beschichtet, wird ebenfalls entwickelt (Patentliteratur 3).

[0005] US 2012 / 0 299 182 A1 (Patentliteratur 4) beschreibt einen Bonddraht mit einem Kernmaterial aus einer Cu-Legierung und einer Pd-Überzugsschicht, die auf einer Oberfläche des Kernmaterials aus einer Cu-Legierung gebildet ist.

[0006] JP 2012- 39 079 A (Patentliteratur 5) beschreibt einen Bonddraht, der Ge nur in der äußersten Überzugsschicht enthält.

Verweis auf die verwandte Technik

Patentliteratur

Patentliteratur 1: JP S61- 48 543 A

Patentliteratur 2: JP 2005- 167 020 A

Patentliteratur 3: JP 2012- 36 490 A1

Patentliteratur 4: US 2012 / 0 299 182 A1

Patentliteratur 5: JP 2012- 39 079 A

Zusammenfassung der Erfindung

Problem, das durch die Erfindung gelöst werden soll

[0007] Vorrichtungen im Fahrzeug erfordern eine Verbindungszuverlässigkeit in einer härteren Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung als allgemeine elektronische Vorrichtungen. Insbesondere ist die Langlebigkeit der Verbindung eines kugelgebondeten Teils, in dem die Kugel des Drahts mit der Elektrode gebondet wird, das größte Thema. Einige Verfahren werden entwickelt, die die Verbindungszuverlässigkeit in der Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung beurteilen; ein repräsentatives Beurteilungsverfahren ist ein stark beschleunigter Temperatur- und Feuchtigkeitsbelastungstest (HAST). Wenn die Verbindungszuverlässigkeit des kugelgebondeten Teils durch HAST beurteilt wird, wird ein kugelgebondeter Teil, der beurteilt werden soll, einer Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung mit einer Temperatur von 130°C und einer relativen Feuchtigkeit von 85% ausgesetzt, und zeitliche Änderungen in einem Widerstandswert des gebondeten Teils werden gemessen oder zeitliche Änderungen in der Scherfestigkeit des kugelgebondeten Teils werden gemessen, wodurch die Langlebigkeit der Verbindung des kugelgebondeten Teils beurteilt wird. In letzter Zeit wurde beim HAST unter derartigen Bedingungen eine Langlebigkeit der Verbindung von 100 Stunden oder mehr gefordert.

[0008] Es wurde offenbart, dass, wenn das Bonden mit einer reinen Al-Elektrode unter Verwendung eines herkömmlichen Cu-Bonddrahts mit einer Pd-Überzugschicht durchgeführt wird, das erste Bonden Kugelbonden ist, das zweite Bonden Keil-Bonden ist, ein Abdichten mit einem Formharz durchgeführt wird und eine Beurteilung unter den HAST-Bedingungen durchgeführt wird, die Langlebigkeit der Verbindung des kugelgebondeten Teils weniger als 100 Stunden sein kann und die Verbindungszuverlässigkeit, die für Vorrichtungen im Fahrzeug benötigt wird, nicht ausreicht.

[0009] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Cu-Bonddraht mit einer Pd-Überzugschicht auf einer Oberfläche davon bereitzustellen, wobei der Bonddraht die Verbindungszuverlässigkeit eines kugelgebondeten Teils in einer Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung verbessert und für Vorrichtungen im Fahrzeug passend ist.

Mittel zum Lösen des Problems

[0010] Das heißt, die vorliegende Erfindung verwendet die folgenden Strukturen.

- (1) Ein Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung, der aufweist: ein Cu-Legierungskernmaterial; und eine Pd-Überzugschicht, die auf einer Oberfläche des Cu-Legierungskernmaterials ausgebildet ist, wobei der Bonddraht ein oder mehrere Elemente enthält, die aus Ga und Ge ausgewählt sind, und eine Konzentration der Elemente insgesamt 0,011 bis 1,5 Massen-% relativ zu dem Gesamtdraht ist.
- (2) Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach (1), wobei eine Dicke der Pd-Überzugschicht 0,015 bis 0,150 µm beträgt.
- (3) Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach (1) oder (2), der ferner eine Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, auf der Pd-Überzugschicht aufweist.
- (4) Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach (3), wobei eine Dicke der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, 0,0005 bis 0,050 µm beträgt.
- (5) Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem der Punkte (1) bis (4), wobei der Bonddraht ferner wenigstens ein oder mehrere Elemente enthält, die aus Ni, Ir und Pt ausgewählt sind, und eine Konzentration jedes der Elemente relativ zu dem Gesamtdraht 0,011 bis 1,2 Massen-% beträgt.
- (6) Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem der Punkte (1) bis (5), wobei das Cu-Legierungskernmaterial Pd enthält, und eine Konzentration von Pd, das in dem Cu-Legierungskernmaterial enthaltenen Pd 0,05 bis 1,2 Massen-% beträgt.
- (7) Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem der Punkte (1) bis (6), wobei der Bonddraht ferner wenigstens ein Element aufweist, das aus B, P und Mg ausgewählt ist, und eine Konzentration jedes der Elemente relativ zu dem Gesamtdraht 1 bis 100 Massen-ppm beträgt.
- (8) Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem der Punkte (1) bis (7), wobei in einem Messergebnis, wenn Kristallorientierungen auf einer Oberfläche des Bonddrahts gemessen werden, eine Kristallorientierung <111> mit einem Winkel von 15 Grad oder weniger zu einer Längsrichtung ausgedrückt

als Flächenprozentsatz einen Anteil von 30 bis 100% an den Kristallorientierungen in der Längsrichtung des Bonddrahts hat.

(9) Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem der Punkte (1) bis (8), wobei in einer äußersten Oberfläche des Bonddrahts Cu vorhanden ist.

Ergebnis der Erfindung

[0011] Die vorliegende Erfindung ist ein Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung, der ein Cu-Legierungskernmaterial und eine auf einer Oberfläche des Cu-Legierungskernmaterials ausgebildete Pd-Überzugsschicht aufweist. Der Bonddraht enthält ein oder mehrere Elemente, die aus Ga und Ge ausgewählt sind, in einer gewissen Menge und kann dadurch die Verbindungslanglebigkeit eines kugelgebondeten Teils in einer Hochtemperatur-Hochfeuchtigkeitsumgebung verbessern und kann die Verbindungszuverlässigkeit verbessern.

Ausführungsform zum Ausführen der Erfindung

[0012] Der Bonddraht der vorliegenden Erfindung umfasst ein Cu-Legierungskernmaterial und eine Pd-Überzugsschicht, die auf einer Oberfläche des Cu-Legierungskernmaterials ausgebildet ist, und ist dadurch gekennzeichnet, dass der Bonddraht ein oder mehrere Elemente, die aus Ga und Ge ausgewählt sind, enthält, und eine Gesamtkonzentration von Ga und Ge relativ zu dem Gesamtdraht 0,011 bis 1,5 Massen-% ist. Der Bonddraht der vorliegenden Erfindung kann die Verbindungszuverlässigkeit eines kugelgebondeten Teils in einer Hochtemperatur-Hochfeuchtigkeitsumgebung, die in Vorrichtungen im Fahrzeug erforderlich ist, verbessern.

[0013] Wenn, wie nachstehend detaillierter beschrieben, eine Kugel durch Bogenentladung unter Verwendung des Bonddrahts der vorliegenden Erfindung ausgebildet wird, wird in einem Vorgang, in dem der Bonddraht schmilzt und sich verfestigt, eine Legierungsschicht mit einer höheren Pd-Konzentration als das Innere der Kugel auf einer Oberfläche der Kugel ausgebildet. Wenn das Bonden mit einer Al-Elektrode unter Verwendung dieser Kugel durchgeführt wird und ein Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitstest durchgeführt wird, ist Pd in einer Bond-Grenzfläche konzentriert. Eine konzentrierte Schicht, die durch das konzentrierte Pd ausgebildet wird, kann die Diffusion von Cu und Al in der Bond-Grenzfläche während des Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitstests verringern und eine Wachstumsrate einer korrodierbaren Verbindung verringern. Mit diesem Phänomen kann der Bonddraht der vorliegenden Erfindung die Verbindungszuverlässigkeit verbessern.

[0014] Die Legierungsschicht, in der die Konzentration von Pd hoch ist und die auf der Oberfläche der Kugel ausgebildet ist, hat eine hervorragende Oxidationsbeständigkeit und kann dadurch Fehler, wie etwa eine Abweichung einer Kugelausbildungsposition relativ zu einer Mitte des Bonddrahts, wenn die Kugel ausgebildet wird, verringern.

[0015] Angesichts der Verbesserung der Verbindungslanglebigkeit des kugelgebondeten Teils in einer Hochtemperatur-Hochfeuchtigkeitsumgebung mit einer Temperatur von 130°C und einer relativen Feuchtigkeit von 85% und der Verbesserung der Verbindungszuverlässigkeit beträgt die Konzentration von Ga und Ge insgesamt relativ zu dem Gesamtdraht 0,011 Massen-%, vorzugsweise 0,025 Massen-% oder mehr, stärker bevorzugt 0,031 Massen-% oder mehr, ferner vorzugsweise 0,050 Massen-% oder mehr, 0,070 Massen-% oder mehr, 0,090 Massen-% oder mehr, 0,100 Massen-% oder mehr, 0,150 Massen-% oder mehr oder 0,200 Massen-% oder mehr. Wenn die Konzentration von Ga und Ge insgesamt relativ zu dem Gesamtdraht 0,100 Massen-% oder mehr ist, kann eine Anforderung einer gründlicheren Verbindungszuverlässigkeit behandelt werden.

[0016] Wenn der Bonddraht der vorliegenden Erfindung nur Ge enthält, beträgt die Konzentration von Ge relativ zu dem Gesamtdraht 0, 250 Massen-% oder mehr.

[0017] Ein Formharz (ein Epoxidharz) als ein Gehäuse einer Halbleitervorrichtung enthält Chlor (Cl) in seinem Molekulargerüst. In der Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung mit einer Temperatur von 130°C und einer relativen Feuchtigkeit von 85% als eine HAST-Beurteilungsbedingung hydrolysiert und löst sich Cl in dem Molekulargerüst als ein Chlorid-Ion (Cl⁻). Wenn der Cu-Bonddraht ohne die Pd-Überzugsschicht an die Al-Elektrode gebondet wird, wenn eine Cu/Al-Bond-Grenzfläche in einer hohen Temperatur ausgesetzt wird, diffundieren Cu und Al wechselseitig und schließlich wird Cu₉Al₄ als eine intermetallische Verbindung ausgebildet. Cu₉Al₄ ist anfällig für eine Korrosion durch ein Halogen, wie etwa Cl, und erfährt durch Cl, das aus dem Formharz gelöst wird, eine Korrosion, was zu einer Verschlechterung in der Verbindungszuverlässigkeit führt.

sigkeit führt. Wenn der Cu-Draht die Pd-Überzugschicht hat, hat die Bond-Grenzfläche zwischen dem Pd-beschichteten Cu-Draht und der Al-Elektrode eine Struktur einer Cu/Pd-konzentrierten Schicht/Al, wodurch die Verbindungszuverlässigkeit in einer Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung, die für Vorrichtungen im Fahrzeug erforderlich ist, unzureichend ist, wenngleich die Bildung der intermetallischen Cu_9Al_4 -Verbindung im Vergleich zu dem Cu-Draht ohne die Pd-Überzugschicht verringert ist.

[0018] Im Gegensatz dazu wird festgestellt, dass, wenn der Pd-beschichtete Cu-Bonddraht ein oder mehrere Elemente, die aus Ga und Ge ausgewählt sind, wie in der vorliegenden Erfindung in einer gewissen Menge enthält, die Bildung der intermetallischen Cu_9Al_4 -Verbindung in dem gebondeten Teil dazu neigt, weiter verringert zu werden. Wenn die FAB des kugelgebondeten Teils ausgebildet wird, diffundieren Ga und Ge in dem Draht auch in die Pd-Überzugschicht. Es wird festgestellt, dass Ga und Ge, die in der Pd-konzentrierten Schicht der Cu/Al-Grenzfläche in dem kugelgebondeten Teil die Wirkung haben, eine Verringerungswirkung wechselseitiger Diffusion von Cu und Al durch die Pd-konzentrierte Schicht weiter zu verstärken, was zu der Verringerung der Bildung von Cu_9Al_4 führt, das in der Hochtemperatur-Hochfeuchtigkeitsumgebung wahrscheinlich korrodiert. Außerdem können in dem Draht enthaltenes Ga und Ge die Wirkung haben, die Bildung von Cu_9Al_4 direkt zu unterbinden.

[0019] Wenn außerdem die Kugel unter Verwendung des Pd-beschichteten Bonddrahts, der wenigstens ein Element, das aus Ga und Ge ausgewählt wurde, in einer gewissen Menge enthielt, ausgebildet wurde und eine FAB durch ein Rasterelektronenmikroskop (REM) beobachtet wurde, wurden viele Ausfällungen mit einem Durchmesser von etwa einigen zehn Nanometern auf einer Oberfläche der FAB beobachtet. Wenn die Ausfällungen mit energiedispersiver Röntgenstrahlspektroskopie (EDS) analysiert wurden, wurde herausgefunden, dass Ga und Ge konzentriert waren. Aus der vorangehenden Situation wird festgestellt, dass diese Ausfällungen, die auf der FAB beobachtet werden, in der Bond-Grenzfläche zwischen der Kugel und der Elektrode vorhanden sind, wodurch sich die Verbindungszuverlässigkeit des kugelgebondeten Teils in der Hochtemperatur-Hochfeuchtigkeitsumgebung mit einer Temperatur von 130°C und einer relativen Feuchtigkeit von 85% erheblich verbessert, wenngleich ein detaillierter Mechanismus unklar ist.

[0020] Wenngleich Ga und Ge vorzugsweise in dem Kupferlegierungskernmaterial vorhanden sind, kann eine ausreichender Wirkung selbst durch Vorhandensein in der Pd-Überzugschicht oder einer Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, die nachstehend beschrieben werden, erhalten werden. Das Verfahren, das Ga und Ge zu Cu-Legierungskernmaterial zusetzt, ist im Hinblick auf die genaue Konzentrationssteuerung einfach, wodurch sich die Drahtproduktivität und die Qualitätsstabilität verbessern. Ein Teil von Ga und Ge ist auch, bewirkt durch Diffusion durch Wärmebehandlung oder ähnliches, in der Pd-Überzugschicht oder der Legierungshautschicht enthalten, wodurch sich das Haftvermögen der Grenzflächen zwischen den Schichten verbessert, was die Drahtproduktivität weiter verbessern kann.

[0021] Hinsichtlich des Erhaltens einer vorteilhaften FAB-Form und hinsichtlich der Verringerung des Härtens des Bonddrahts, um eine vorteilhafte Wege-Bondfähigkeit zu erhalten, beträgt die Konzentration von Ga und Ge insgesamt relativ zu dem Gesamtdraht 1,5 Massen-% oder weniger, vorzugsweise 1,4 Massen-% oder weniger und stärker bevorzugt 1,3 Massen-% oder weniger oder 1,2 Massen-% oder weniger.

[0022] In dem Bonddraht der vorliegenden Erfindung kann Cu in einer äußersten Oberfläche der Pd-Überzugschicht vorhanden sein. Wenn die Konzentration von Cu 30 At-% oder mehr ist, verschlechtert sich die Schwefelbeständigkeit der Drahtoberfläche und die Lebensdauer des Bonddrahts verschlechtert sich, was für die praktische Verwendung nicht notwendigerweise geeignet ist. Wenn folglich Cu in der äußersten Oberfläche der Pd-Überzugschicht vorhanden ist, ist die Konzentration von Cu vorzugsweise weniger als 30 At-%. Die äußerste Oberfläche bezieht sich auf einen Bereich, in dem die Oberfläche des Bonddrahts durch eine Auger-Elektronenspektroskopievorrichtung gemessen worden ist, ohne Sputtern oder ähnliches durchzuführen.

[0023] In dem Bonddraht der vorliegenden Erfindung beträgt die Dicke der Pd-Überzugschicht hinsichtlich der weiteren Verbesserung der Verbindungszuverlässigkeit des kugelgebondeten Teils in der Hochtemperatur-Hochfeuchtigkeitsumgebung, die für Vorrichtungen im Fahrzeug erforderlich ist, und hinsichtlich der Verringerung der Exzentrizität der FAB, um eine vorteilhaftere FAB-Form zu erhalten, vorzugsweise 0,015 µm oder mehr, stärker bevorzugt 0,02 µm oder mehr, und ferner stärker bevorzugt 0,025 µm oder mehr, 0,03 µm oder mehr, 0,035 µm oder mehr, 0,04 µm oder mehr, 0,045 µm oder mehr oder 0,05 µm oder mehr. Die Dicke der Pd-Überzugschicht beträgt hinsichtlich einer Verringerung von Schrumpfhohlräumen in der FAB, um eine vorteilhafte FAB-Form zu erhalten, vorzugsweise 0,150 µm oder weniger und stärker bevorzugt 0,140 µm

oder weniger, 0,130 μm oder weniger, 0,120 μm oder weniger, 0,110 μm oder weniger oder 0,100 μm oder weniger.

[0024] Das Folgende beschreibt die Definition des Cu-Legierungskernmaterials und der Pd-Überzugsschicht des Bonddrahts. Eine Grenze zwischen dem Cu-Legierungskernmaterial und der Pd-Überzugsschicht wurde basierend auf einer Pd-Konzentration bestimmt. Mit einer Position, an der die Pd-Konzentration 50 At-% war, als der Grenze wurde eine Region, in der die Pd-Konzentration 50 At-% oder mehr war, als die Pd-Überzugsschicht bestimmt, und eine Region, in der die Pd-Konzentration kleiner als 50 At-% war, wurde als das Cu-Legierungskernmaterial bestimmt. Dies liegt daran, dass, wenn die Pd-Konzentration in der Pd-Überzugsschicht 50 At-% oder mehr beträgt, aus der Struktur der Pd-Überzugsschicht eine Wirkung der Verbesserung der Charakteristiken erhalten werden kann. Die Pd-Überzugsschicht kann eine Region einer Pd-Einzelschicht und eine Region, in der Pd und Cu Konzentrationsgradienten in einer Drahttiefenrichtung haben, enthalten. Der Grund, warum die Region mit den Konzentrationsgradienten in der Pd-Überzugsschicht ausgebildet ist, ist dass Atome von Pd und Cu durch eine Wärmebehandlung oder ähnliches in einem Herstellungsverfahren diffundieren können. Außerdem kann die Pd-Überzugsschicht unvermeidbare Verunreinigungen enthalten.

[0025] Der Bonddraht der vorliegenden Erfindung kann ferner die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, auf der Pd-Überzugsschicht ausbilden. Mit diesem Aufbau kann der Bonddraht der vorliegenden Erfindung ferner die Keil-Bondfähigkeit verbessern.

[0026] Das Folgende beschreibt die Definition der Legierungshautschicht des Bonddrahts, die Au und Pd enthält. Eine Grenze zwischen der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, und der Pd-Überzugsschicht wurde basierend auf einer Au-Konzentration bestimmt. Mit einer Position, an der eine Au-Konzentration 10 At-% war, als der Grenze wurde eine Region, in der die Au-Konzentration 10 At-% oder mehr war, als die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, bestimmt, und eine Region, in der die Au-Konzentration weniger als 10 At-% war, wurde als die Pd-Überzugsschicht bestimmt. Selbst in der Region, in der die Pd-Konzentration 50 At-% oder mehr war, wurde die Region, wenn Au mit 10 At-% oder mehr vorhanden war, als die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, bestimmt. Dies liegt daran, dass, wenn die Au-Konzentration in dem vorstehenden Konzentrationsbereich liegt, von der Struktur einer Au-Hautschicht eine Wirkung der Verbesserung der Charakteristiken erwartet werden kann. Die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, ist eine Au-Pd-Legierung und umfasst sowohl einen Fall mit einer Region, in der Au und Pd einen Konzentrationsgradienten in der Drahttiefenrichtung haben, als auch einen Fall ohne die Region mit den Konzentrationsgradienten. Die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, umfasst vorzugsweise die Region mit den Konzentrationsgradienten. Der Grund, warum die Region mit den Konzentrationsgradienten in der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, ausgebildet wird, ist, dass Atome von Au und Pd durch die Wärmebehandlung oder ähnliches in dem Herstellungsverfahren diffundieren. Außerdem kann die Legierungshautschicht, die Au und Pd, enthält, unvermeidliche Verunreinigungen und Cu enthalten.

[0027] In dem Bonddraht der vorliegenden Erfindung reagiert die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, mit der Pd-Überzugsschicht, um eine Haftfestigkeit zwischen der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, der Pd-Überzugsschicht und dem Cu-Legierungskernmaterial zu verbessern und zu verhindern, dass sich die Pd-Überzugsschicht und die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, zur Zeit des Keil-Bondens ablösen. Mit diesem Phänomen kann der Bonddraht der vorliegenden Erfindung die Wege-Bondfähigkeit weiter verbessern. Wenn die Dicke der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, kleiner als 0,0005 μm ist, wird die vorstehende Wirkung nicht erhalten, und wenn die Dicke größer als 0,050 μm ist, kann die FAB-Form exzentrisch sein. Hinsichtlich der Gewinnung einer günstigen Keil-Bondfähigkeit beträgt die Dicke der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, vorzugsweise 0,0005 μm oder mehr, und stärker bevorzugt 0,001 μm oder mehr, 0,002 μm oder mehr oder 0,003 μm oder mehr. Hinsichtlich der Verringerung der Exzentrizität, um eine vorteilhafte FAB-Form zu erreichen, beträgt die Dicke der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, vorzugsweise 0,050 μm oder weniger und stärker bevorzugt 0,045 μm oder weniger, 0,040 μm oder weniger, 0,035 μm oder weniger oder 0,030 μm oder weniger. Die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, kann durch ein Verfahren ähnlich dem der Pd-Überzugsschicht ausgebildet werden.

[0028] In dem Bonddraht der vorliegenden Erfindung kann Cu in einer äußersten Oberfläche der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, vorhanden sein. Wenn die Konzentration von Cu 35 At-% oder mehr beträgt, verschlechtert sich die Schwefelbeständigkeit der Drahtoberfläche und die Lebensdauer des Bonddrahts verschlechtert sich, was nicht notwendigerweise für die praktische Verwendung geeignet ist. Wenn folglich Cu in der äußersten Oberfläche der Au-Hautschicht vorhanden ist, ist die Konzentration von Cu vorzugsweise weniger als 35 At-%. Die äußerste Oberfläche bezieht sich auf eine Region, in der die Oberfläche des

Bonddrahts durch eine Auger-Elektronenspektroskopievorrichtung gemessen wurde, ohne Sputtern oder ähnliches durchzuführen.

[0029] Das Formharz (das Epoxidharz) als das Gehäuse einer Halbleitervorrichtung enthält einen Silanhaftvermittler. Der Silanhaftvermittler hat eine Funktion zur Verbesserung des Haftvermögens zwischen organischer Materie (Harz) und anorganischer Materie (Silizium oder Metall) und kann dadurch das Haftvermögen mit einem Siliziumsubstrat oder Metall verbessern. Außerdem, wenn ein höheres Haftvermögen erforderlich ist, wie etwa bei Halbleitern im Fahrzeug, die Zuverlässigkeit bei höheren Temperaturen erfordern, wird ein „schwefelhaltiger Silanhaftvermittler“ zugesetzt. Schwefel, der in dem Formharz enthalten ist, wird bei etwa 130°C als der Temperaturbedingung von HAST nicht freigesetzt, wird aber freigesetzt, wenn es unter einer Bedingung von 175°C bis 200°C oder mehr verwendet wird. Wenn Schwefel, der bei einer hohen Temperatur von 175°C oder mehr freigesetzt wird, in Kontakt mit Cu kommt, korrodiert Cu heftig, um ein Sulfid (Cu_2S) oder ein Oxid (CuO) zu erzeugen. Wenn die Korrosion von Cu in der Halbleitervorrichtung, die den Cu-Bonddraht verwendet, erzeugt wird, verschlechtert sich die Verbindungszuverlässigkeit insbesondere des kugelgebondeten Teils.

[0030] Als Mittel zum Beurteilen der Zuverlässigkeit des kugelgebondeten Teils in einer Hochtemperaturumgebung bei 175°C oder mehr wird ein Hochtemperaturlagertest (HTS) verwendet. Für eine zu beurteilende Probe, die einer Hochtemperaturumgebung ausgesetzt wird, werden zeitliche Änderungen in einem Widerstandswert des kugelgebondeten Teils gemessen oder zeitliche Änderungen in der Scherfestigkeit des kugelgebondeten Teils werden gemessen, wodurch die Verbindungslanglebigkeit des kugelgebondeten Teils beurteilt wird. In jüngster Zeit wurde für Halbleitervorrichtungen im Fahrzeug eine Verbesserung der Zuverlässigkeit des kugelgebondeten Teils im HTS von 175°C bis 200°C gefordert.

[0031] Der Bonddraht der vorliegenden Erfindung enthält vorzugsweise ein oder mehrere Elemente, die aus Ni, Ir und Pt ausgewählt sind, wobei die Konzentration jedes der Elemente relativ zu dem Gesamtdraht 0,011 bis 1,2 Massen-% beträgt. Der Bonddraht, der diese Elemente enthält, verbessert die Leistung in dem HTS bei 175°C oder mehr in der Verbindungszuverlässigkeit des kugelgebondeten Teils in einer Hochtemperaturumgebung. Wenn die Konzentration jedes der Elemente in dem Bonddraht niedriger als 0,011 Massen-% ist, wird die vorstehende Wirkung nicht erhalten, und wenn die Konzentration höher als 1,2 Massen-% ist, verschlechtert sich die FAB-Form, verhärtet der Bonddraht und die Verformung des drahtgebondeten Teils ist unzureichend, wodurch ein Problem der Verschlechterung der Keil-Bondfähigkeit bewirkt wird. Wenn das Cu-Legierungskernmaterial des Bonddrahts Pd enthält und wenn die Konzentration von Pd, das in dem Cu-Legierungskernmaterial enthalten ist, 0,05 bis 1,2 Massen-% beträgt, kann eine Wirkung ähnlich dem von Ni, Ir und Pt erhalten werden. Außerdem sind Ni, Ir, Pt und Pd in dem vorstehenden Gehaltsbereich enthalten, wodurch die Ausbildungsfähigkeit von Schleifen verbessert werden kann, das heißt eine Neigung, die ein Problem in der hochdichten Montage bewirkt, kann verringert werden. Dies liegt daran, dass der Bonddraht diese Elemente enthält, wodurch sich die Streckgrenze (yield strength) des Bonddrahts verbessert und eine Verformung des Bonddrahts verringert werden kann.

[0032] Ni, Ir, Pt und Pd sind in dem vorstehenden Gehaltsbereich enthalten, wodurch die Langlebigkeit der Verbindung des kugelgebondeten Teils in der Hochtemperatur-Hochfeuchtigkeitsumgebung mit einer Temperatur von 130°C und einer relativen Feuchtigkeit von 85% ferner verbessert werden kann. Es wird festgestellt, dass, wenn der Pd-beschichtete Cu-Bonddraht wie in der vorliegenden Erfindung Ni, Ir, Pt und Pd enthält, die Bildung der intermetallischen Cu_9Al_4 -Verbindung in dem gebondeten Teil dazu neigt, weiter verringert zu werden. Wenn diese Elemente zugesetzt werden, verringert sich die Zwischenflächenspannung zwischen Cu als dem Kernmaterial und Pd als der Beschichtungsschicht und die Pd-Konzentration auf einer kugelgebondeten Grenzfläche erscheint wirksamer. Folglich wird geschätzt, dass die Wirkung der Verringerung wechselseitiger Diffusion von Cu und Al durch die Pd-konzentrierte Schicht weiter verstärkt wird und folglich wird eine Ausbildungsmenge von Cu_9Al_4 , das durch die Wirkung von Cl wahrscheinlich korrodiert, verringert und die Verbindungszuverlässigkeit des kugelgebondeten Teils in der Hochtemperatur-Hochfeuchtigkeitsumgebung kann sich weiter verbessern.

[0033] Wenn der Bonddraht der vorliegenden Erfindung ein oder mehrere Elemente enthält, die aus Ni, Ir und Pt ausgewählt werden, beträgt die Konzentration jedes der Elemente relativ zu dem Gesamtdraht besonders bevorzugt 0,02 Massen-% oder mehr, 0,05 Massen-% oder mehr, 0,1 Massen-% oder mehr, 0,2 Massen-% oder mehr, 0,3 Massen-% oder mehr oder 0,5 Massen-% oder mehr. Wenn das Cu-Legierungskernmaterial in dem Bonddraht der vorliegenden Erfindung Pd enthält, beträgt die Konzentration von Pd, das in dem Cu-Legierungskernmaterial enthalten ist, bevorzugt 0,1 Massen-% oder mehr, 0,2 Massen-% oder mehr, 0,3 Massen-% oder mehr oder 0,5 Massen-% oder mehr. Beispiele für ein Verfahren zur Bestimmung

der Konzentration von Pd, das in dem Cu-Legierungskernmaterial enthalten ist, in einem Bonddrahtprodukt umfassen ein Verfahren, das einen Schnitt eines Bonddrahts freilegt und eine Konzentrationsanalyse der Region des Cu-Legierungskernmaterials durchführt, und ein Verfahren, das die Konzentrationsanalyse der Region des Cu-Legierungskernmaterials durchführt, während der Bonddraht von seiner Oberfläche in einer Tiefenrichtung durch Sputtern oder ähnliches abgetragen wird. Wenn das Cu-Legierungskernmaterial zum Beispiel eine Region mit einem Pd-Konzentrationsgradienten enthält, kann eine Linienanalyse auf einem Schnitt des Bonddrahts durchgeführt werden, und eine Konzentrationsanalyse einer Region, die keinen Pd-Konzentrationsgradienten hat (zum Beispiel eine Region, in der ein Änderungsgrad der Konzentration von Pd in der Tiefenrichtung kleiner als 10 Mol-% pro 0,1 µm ist), kann durchgeführt werden. Auch für andere Elemente als Pd kann, wenn die Konzentrationen der in dem Cu-Legierungskernmaterial enthaltenen Elemente aus einem Bonddrahtprodukt bestimmt werden, ein Verfahren ähnlich dem vorstehenden verwendet werden. Ein Verfahren zur Konzentrationsanalyse wird nachstehend beschrieben.

[0034] Der Bonddraht der vorliegenden Erfindung enthält ferner wenigstens ein Element, das aus B, P und Mg ausgewählt ist, wobei die Konzentration jedes der Elemente relativ zu dem Gesamtdraht 1 bis 100 Massen-ppm beträgt, und kann dadurch eine eingedrückte Form des kugelgebondeten Teils, die in der hochdichten Montage erforderlich ist, verbessern, das heißt, die Kreisförmigkeit der Form des kugelgebondeten Teils verbessern. Dies liegt daran, dass das Zusetzen der Elemente die Kristallkorngröße der Kugel fein machen kann und die Verformung der Kugel verringern kann. Wenn die Konzentration der Elemente relativ zu dem Gesamtdraht kleiner als 1 Massen-ppm ist, wird die Wirkung nicht erhalten, und wenn die Konzentration 100 Massen-ppm überschreitet, verhärtet die Kugel und eine Beschädigung des Chips zur Zeit des Kugelbondens wird ein Problem, was für die praktische Verwendung ungeeignet sein kann. Die Konzentration jedes der Elemente relativ zu dem Gesamtdraht beträgt besonders bevorzugt 3 Massen-ppm oder mehr oder 5 Massen-ppm oder mehr. Die Konzentration jedes der Elemente relativ zu dem Gesamtdraht beträgt besonders bevorzugt 95 Massen-ppm oder weniger, 90 Massen-ppm oder weniger, 85 Massen-ppm oder weniger oder 80 Massen-ppm oder weniger.

[0035] Für die Konzentrationsanalyse der Pd-Überzugschicht und der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, und die Konzentrationsanalyse von Pd in dem Cu-Legierungskernmaterial ist ein Verfahren, das eine Analyse durchführt, während der Bonddraht von seiner Oberfläche in der Tiefenrichtung durch Sputtern oder ähnliches abgetragen wird, oder ein Verfahren, das einen Drahtschnitt freilegt und eine Linienanalyse, eine Punktanalyse oder ähnliches an dem abgetragenen Bonddraht durchführt, wirksam. Beispiele für einen Analysator, der für die Konzentrationsanalyse verwendet wird, umfassen eine Auger-Elektronenspektroskopievorrichtung, die in einem Rasterelektronenmikroskop oder einem Transmissionselektronenmikroskop installiert ist, einen energiedispersiven Röntgenstrahlanalysator und einen Elektronensondenmikroanalysator. Beispiele für ein Verfahren zum Freilegen des Drahtschnitts umfassen mechanisches Polieren und Ionenätzen. Was eine Mikroanalyse von Ga, Ge, Ni, Ir, Pt, B, P, Mg und Ähnlichem in dem Bonddraht angeht, können sie als die Konzentrationen der Elemente, die in dem gesamten Bonddraht enthalten sind, erfasst werden, indem eine Lösung, die durch Auflösen des Bonddrahts mit einer starken Säure erhalten wird, unter Verwendung eines ICP-Emissionsspektrometers oder eines ICP-Massenspektrometers analysiert wird.

[0036] Wenn eine Kristallorientierung <111> im Winkel von 15 Grad oder weniger zu einer Längsrichtung des Bonddrahts einen Anteil von 30 bis 100% ausgedrückt als Flächenprozentsatz unter Kristallorientierungen in der Längsrichtung des Bonddrahts hat, kann eine Ausbildungsfähigkeit von Schleifen verbessert werden, das heißt, eine Geradlinigkeit einer Schleife, die in der hochdichten Montage erforderlich ist, kann verbessert werden und Schwankungen in der Schleifenhöhe können verringert werden. Dies liegt daran, dass, wenn eine Oberflächenkristallorientierung ausgerichtet ist, der Bonddraht widerstandsfähig gegen laterale Verformung ist und seine laterale Verformung verringert wird, wodurch Neigungsfehler verringert werden können. Folglich hat in einer Ausführungsform in einem Messergebnis beim Messen der Kristallorientierungen auf einer Oberfläche des Bonddrahts eine Kristallorientierung <111> im Winkel von 15 Grad oder weniger zu einer Längsrichtung des Bonddrahts ausgedrückt als Flächenprozentsatz unter Kristallorientierungen in der Längsrichtung des Bonddrahts einen Anteil von 30 bis 100%. Im Hinblick auf die Verringerung von Neigungsfehlern hat die vorstehend erwähnte Kristallorientierung <111> ausgedrückt als Flächenprozentsatz einen Anteil von besonders bevorzugt 35% oder mehr, ferner bevorzugt 40% oder mehr.

(Herstellungsverfahren)

[0037] Als nächstes beschreibt das Folgende ein Verfahren zur Herstellung des Bonddrahts gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Der Bonddraht wird erhalten, indem eine Cu-Legierung für die Verwendung in dem Kernmaterial hergestellt wird, sie zu einem dünnen Draht gearbeitet wird, die Pd-Überzug-

schicht und die Au-Schicht ausgebildet werden und eine Wärmebehandlung durchgeführt wird. Nach dem Ausbilden der Pd-Überzugschicht und der Au-Schicht kann eine weitere Drahtzieh- und Wärmebehandlung durchgeführt werden. Das Folgende beschreibt ein Verfahren zur Herstellung des Cu-Legierungskernmaterials, ein Verfahren zur Ausbildung der Pd-Überzugschicht und der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, und ein Verfahren zur Wärmebehandlung im Detail.

[0038] Die Cu-Kern-Legierung für die Verwendung in dem Kernmaterial wird erhalten, indem Cu als ein Ausgangsmaterial und Zusatzelemente gemeinsam geschmolzen werden und sie verfestigt werden. Ein Bogenentladungsheizofen, ein Hochfrequenzheizofen, ein Widerstandsheizofen oder ähnliches können zum Schmelzen verwendet werden. Um zu verhindern, dass Gase, wie etwa O_2 und H_2 , aus der Luft vermischt werden, wird das Schmelzen vorzugsweise in einer Vakuumatmosphäre oder einer inerten Atmosphäre, wie etwa Ar oder N_2 , durchgeführt.

[0039] Beispiele für das Verfahren zum Ausbilden der Pd-Überzugschicht und der Au-Schicht auf der Oberfläche des Cu-Legierungskernmaterials umfassen Metallisierung, Dampfabscheidung und ein Schmelzverfahren. Sowohl Galvanisierung als auch stromloses Metallisieren können als Metallisierung verwendet werden. Das Galvanisieren, das als ein Strike-Metallisieren oder Flash-Metallisieren bezeichnet wird, hat eine hohe Metallisierungsgeschwindigkeit und ist vorteilhaft in der Haftfähigkeit mit einem Substrat. Eine Lösung für die Verwendung beim stromlosen Metallisieren wird ein Substitutionstyp und einen Reduktionstyp klassifiziert; wenngleich das alleinige Durchführen des Substitutionsmetallisierens für eine kleinere Dicke ausreicht, ist das schrittweise Durchführen des Reduktionsmetallisierens nach dem Substitutionsmetallisieren für eine größere Dicke wirksam.

[0040] In der Dampfabscheidung können eine physikalische Adsorption, wie etwa Sputtern, Ionenmetallisierung oder Vakuumdampfabscheidung, und eine chemische Adsorption, wie etwa Plasma-CVD, verwendet werden. Sie sind alle Trockenverfahren und sie sind frei von der Notwendigkeit der Reinigung nach dem Ausbilden der Pd-Überzugschicht und der Au-Schicht und von jeder Sorge über eine Oberflächenverunreinigung und ähnliches während der Reinigung.

[0041] Wenn nach dem Ausbilden der Pd-Überzugschicht und der Au-Schicht eine Wärmebehandlung durchgeführt wird, diffundiert Pd in der Pd-Überzugschicht in die Au-Schicht, und die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, wird ausgebildet. Anstelle des Ausbildens der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, durch die Wärmebehandlung nach dem Ausbilden der Au-Schicht kann die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, von Anfang an abgeschieden werden.

[0042] Für die Ausbildung der Pd-Überzugschicht und der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, ist sowohl ein Verfahren, das sie nach dem Durchführen des Drahtziehens auf einen finalen Drahtdurchmesser ausbildet, als auch ein Verfahren das sie auf einem Cu-Legierungskernmaterial mit einem großen Durchmesser ausbildet und das Drahtziehen mehrere Male durchführt, bis ein Zieldurchmesser erhalten wird, wirksam. Wenn die Pd-Überzugschicht und die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, in dem Ersteren mit dem finalen Drahtdurchmesser ausgebildet werden, sind die Herstellung, die Qualitätssteuerung und ähnliches einfach. Wenn die Pd-Überzugschicht, die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, und das Drahtziehen in dem Letzteren kombiniert werden, gibt es den Vorteil, dass sich das Haftungsvermögen mit dem Cu-Legierungskernmaterial verbessert. Spezifische Beispiele der jeweiligen Ausbildungsverfahren umfassen ein Verfahren, das die Pd-Überzugschicht und die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, auf dem Cu-Legierungskernmaterial mit dem finalen Durchmesser ausbildet, während der Draht sukzessive durch eine Galvanisierungslösung gezogen wird, und ein Verfahren, das die Pd-Überzugschicht und die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, durch Eintauchen eines Cu-Legierungskernmaterials mit einem großen Durchmesser in eine Galvanisierungslösung- oder eine Lösung zur stromlosen Metallisierung und dann Ziehen des Drahts, um den finalen Drahtdurchmesser zu erreichen, ausbildet.

[0043] Nach dem Ausbilden der Pd-Überzugschicht und der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, kann die Wärmebehandlung durchgeführt werden. Das Durchführen der Wärmebehandlung bewirkt, dass Atome zwischen der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, der Pd-Überzugschicht und dem Cu-Legierungskernmaterial diffundieren, verbessert die Haftfestigkeit und ist in der Hinsicht wirksam, dass die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, und die Pd-Überzugschicht während der Bearbeitung davon abgehalten werden abzuflattern und die Produktivität steigt. Um zu verhindern, dass O_2 aus der Luft vermischt wird, wird die Wärmebehandlung vorzugsweise in einer Vakuumatmosphäre oder einer inerten Atmosphäre, wie etwa Ar oder N_2 , durchgeführt.

[0044] In der Diffusionswärmebehandlung und der Temperwärmebehandlung, die an dem Bonddraht durchgeführt werden, kann Cu als das Kernmaterial durch die Pd-Überzugschicht und die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, diffundieren, um die äußerste Oberfläche des Bonddrahts zu erreichen. Gemäß den Bedingungen (Wärmebehandlungstemperatur und Zeit) der Diffusionswärmebehandlung und der Temperwärmebehandlung und Ähnlichem kann der Diffusionsgrad von Cu als das Kernmaterial (das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Cu auf der äußersten Oberfläche des Bonddrahts und die Cu-Konzentration auf der äußersten Oberfläche) eingestellt werden.

[0045] Wie vorstehend beschrieben, kann dadurch, dass bewirkt wird, dass Ga und Ge in dem Bonddraht enthalten sind, die Wirkung der Erfindung sowohl durch das Verfahren, durch das diese Elemente in dem Cu-Kernmaterial enthalten sind, als auch durch das Verfahren, durch das diese Elemente enthalten sind, indem sie auf das Cu-Kernmaterial oder die Drahtoberfläche abgeschieden werden, hervorgerufen werden. Das Gleiche gilt für Ni, Ir, Pt, B, P und Mg.

[0046] Das einfachste Verfahren zum Zusetzen der vorstehenden Komponenten ist ein Verfahren, das die Komponentenelemente zu Ausgangsmaterialien von Cu zusetzt. Zum Beispiel werden hochreines Kupfer und die vorstehenden Komponentenelemente gewogen und dann in einem Hochvakuum oder in einer inerten Atmosphäre, wie etwa Stickstoff und Argon, geheizt und geschmolzen, um einen Cu-Legierungsgussblock herzustellen, dem die obigen Komponenten in einem Zielkonzentrationsbereich zugesetzt wurden. Folglich enthält das Cu-Legierungskernmaterial des Bonddrahts der vorliegenden Erfindung in einer bevorzugten Ausführungsform ein oder mehrere Elemente, die aus Ga und Ge ausgewählt sind, so dass die Konzentration der Elemente insgesamt relativ zu dem Gesamtdraht 0,011 bis 1,5 Massen-% betragen wird. Der bevorzugte numerische Bereich der Gesamtkonzentration ist wie vorstehend beschrieben. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform enthält das Cu-Legierungskernmaterial des Bonddrahts der vorliegenden Erfindung ein oder mehrere Elemente, die aus Ni, Ir und Pt ausgewählt sind, so dass die Konzentration jedes der Elemente relativ zu dem Gesamtdraht 0,011 bis 1,2 Massen-% betragen wird. Der bevorzugte numerische Konzentrationsbereich ist wie vorstehend beschrieben. Folglich ist in einer bevorzugten Ausführungsform die Reinheit von Cu des Cu-Legierungskernmaterials 3N oder weniger (vorzugsweise 2N oder weniger). In einem herkömmlichen Pd-beschichteten Cu-Bonddraht wird im Hinblick auf die Bondfähigkeit ein Cu-Kernmaterial mit hoher Reinheit (4N oder mehr) verwendet, und es besteht eine Tendenz, die Verwendung eines Cu-Kernmaterials mit geringer Reinheit zu vermeiden. Der Bonddraht der vorliegenden Erfindung, der die spezifischen Elemente enthält, hat die Verbindungszuverlässigkeit des kugelgebondeten Teils in der Hochtemperatur-Hochfeuchtigkeitsumgebung, die für Vorrichtungen im Fahrzeug erforderlich ist, insbesondere vorzugsweise wenn das Cu-Legierungskernmaterial verwendet wird, in dem Cu eine geringe Reinheit hat, wie vorstehend erwähnt, erreicht. In einer anderen bevorzugten Ausführungsform enthält das Cu-Legierungskernmaterial des Bonddrahts der vorliegenden Erfindung ein oder mehrere Elemente, die aus B, P und Mg ausgewählt sind, so dass die Konzentration jedes der Elemente relativ zu dem Gesamtdraht 1 bis 100 Massen-ppm sein wird. Der bevorzugte numerische Konzentrationsbereich ist wie vorstehend beschrieben.

[0047] Die Komponenten können auch enthalten sein, indem sie während eines Drahtherstellungsverfahrens auf der Drahtoberfläche abgeschieden werden. In diesem Fall kann die Abscheidung in jeden Teil des Drahtherstellungsverfahrens integriert werden und kann mehrere Male wiederholt werden. Die Abscheidung kann in mehrere Verfahren integriert werden. Die Abscheidung kann der Cu-Oberfläche vor der Pd-Beschichtung hinzugefügt werden, kann der Pd-Oberfläche nach der Pd-Beschichtung hinzugefügt werden, der Au-Oberfläche nach der Au-Beschichtung hinzugefügt werden oder in die Beschichtungsverfahren integriert werden. Ein Abscheidungsverfahren kann ausgewählt werden aus (1) Aufbringen einer wässrigen Lösung, Trocknen und Wärmebehandlung, (2) Metallisieren (nass) und (3) Dampfabscheidung (trocken).

[0048] Wenn das Verfahren des Aufbringens einer wässrigen Lösung, des Trocknens und der Wärmebehandlung angewendet wird, wird zuerst eine wässrige Lösung mit einer geeigneten Konzentration mit einer wasserlöslichen Verbindung, die die Komponentenelemente enthält, hergestellt. Mit dieser Zubereitung können die Komponenten in das Drahtmaterial aufgenommen werden. Die Zubereitung kann in jeden Teil des Drahtherstellungsverfahrens integriert werden und kann mehrere Male wiederholt werden. Die Zubereitung kann in mehrere Verfahren integriert werden. Die Zubereitung kann der Cu-Oberfläche vor dem Pd-Beschichten hinzugefügt werden, der Pd-Oberfläche nach dem Pd-Beschichten hinzugefügt werden, der Au-Oberfläche nach dem Au-Beschichten hinzugefügt werden oder kann in die Beschichtungsverfahren aufgenommen werden.

[0049] Wenn Metallisieren (nass) verwendet wird, kann die Metallisierung Galvanisieren oder stromloses Metallisieren sein. Beim Galvanisieren kann ein Metallisieren, das als Flash-Metallisieren bezeichnet wird,

das eine hohe Metallisierungsgeschwindigkeit und ein vorteilhaftes Haftungsvermögen mit einem Substrat hat, anstelle von normalem Galvanisieren ebenfalls verwendet werden. Eine Lösung, die für stromloses Metallisieren verwendet wird, wird in einen Substitutionstyp und einen Reduktionstyp klassifiziert. Das Substitutionsmetallisieren wird im Allgemeinen für eine kleinere Dicke verwendet, wohingegen das Reduktionsmetallisieren für eine größere Dicke verwendet wird. Beide von ihnen können verwendet werden und können abhängig von der gewünschten Konzentration, die zugesetzt werden soll, und einer Metallisierungslösungskonzentration ausgewählt werden, und eine Zeit kann eingestellt werden. Sowohl Galvanisieren als auch stromloses Metallisieren können in jeden Teil des Drahtherstellungsverfahrens integriert werden und können mehrere Male wiederholt werden. Sowohl Galvanisieren als auch stromloses Metallisieren können in mehrere Verfahren integriert werden. Sowohl Galvanisieren als auch stromloses Metallisieren können der Cu-Oberfläche vor dem Pd-Beschichten hinzugefügt werden oder können der Pd-Oberfläche nach dem Pd-Beschichten hinzugefügt werden, können der Au-Oberfläche nach dem Au-Beschichten hinzugefügt werden oder können in die Beschichtungsverfahren integriert werden.

[0050] Beispiele für die Dampfabcheidung (trocken) umfassen Sputtern, Ionenmetallisieren, Vakuumabscheidung, und Plasma-CVD. Sie haben die Vorteile, dass sie trocken sind, was eine Vorbehandlung und Nachbehandlung beseitigt und keine Bedenken wegen Verunreinigung ergibt. Wenngleich die Dampfabcheidung im Allgemeinen das Problem hat, dass eine Zusetzgeschwindigkeit eines Zielelements langsam ist, ist sie eines der geeigneten Verfahren für die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, weil die Zusatzkonzentration der Komponentenelemente relativ niedrig ist.

[0051] Die Teile der Dampfabcheidung können in jeden Teil des Drahtherstellungsverfahrens integriert werden oder können mehrere Male wiederholt werden. Die Teile der Dampfabcheidung können in mehrere Verfahren integriert werden. Die Teile der Dampfabcheidung können einer Cu-Oberfläche vor dem Pd-Beschichten hinzugefügt werden, der Pd-Oberfläche nach dem Pd-Beschichten zugefügt werden oder der Au-Oberfläche nach dem Au-Beschichten zugefügt werden oder in die Beschichtungsverfahren integriert werden.

[0052] Der Anteil der Kristallorientierung <111> im Winkel von 15 Grad oder weniger zu einer Längsrichtung des Bonddrahts aus den Kristallorientierungen in der Längsrichtung des Bonddrahts kann in einem Messergebnis, wenn Kristallorientierungen auf einer Oberfläche des Bonddrahts gemessen werden, gemäß dem folgenden Verfahren auf einen Bereich von 30 bis 100% in Form eines Flächenprozentatzes festgelegt werden. Insbesondere wird eine Bearbeitungsrate nach dem Ausbilden der Pd-Überzugschicht oder nach dem Ausbilden der Pd-Überzugschicht und der Au-Hautschicht groß gemacht, wodurch eine Textur mit Richtwirkung auf der Drahtoberfläche (eine Textur, deren Kristallorientierung in einer Drahtziehrichtung ausgerichtet ist) entwickelt werden kann. Insbesondere wird die Bearbeitungsrate nach dem Ausbilden der Pd-Überzugschicht oder nach dem Ausbilden der Pd-Überzugschicht und der Au-Hautschicht zu 90% oder mehr gemacht, was zulässt, dass der Anteil der Kristallorientierung <111> mit einem Winkel von 15 Grad oder weniger zu der Längsrichtung des Bonddrahts unter den Kristallorientierungen in der Längsrichtung des Bonddrahts in Form des Flächenprozentatzes in einem Messergebnis 30% oder mehr beträgt, wenn Kristallorientierungen auf der Oberfläche des Bonddrahts gemessen werden. Die Bearbeitungsrate wird durch „Bearbeitungsrate (%) = (Drahtschnittfläche vor der Bearbeitung - Drahtschnittfläche nach der Bearbeitung) / Drahtschnittfläche vor der Bearbeitung × 100“ dargestellt.

[0053] Wenn die Kristallorientierungen auf der Drahtoberfläche gemessen werden, wird vorzugsweise Elektronenrückstreubeugung (ESBD: electron backscattered diffraction) verwendet. EBSD ist gekennzeichnet durch die Beobachtung von Kristallorientierungen auf der Beobachtungsoberfläche und dadurch, dass ermöglicht wird, eine Winkeldifferenz der Kristallorientierungen zwischen benachbarten Messpunkten darzustellen, und kann die Kristallorientierungen mit hoher Genauigkeit beobachten, während es auch für einen dünnen Draht wie den Bonddraht relativ einfach ist.

[0054] Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die vorstehende Ausführungsform beschränkt, und geeignete Änderungen können innerhalb des Schutzbereichs des Wesentlichen der vorliegenden Erfindung vorgenommen werden.

Beispiele

[0055] Das Folgende beschreibt spezifisch den Bonddraht gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezug auf Beispiele.

(Probe)

[0056] Zuerst beschreibt das Folgende ein Verfahren zur Herstellung einer Probe. Es wurde Cu als ein Ausgangsmaterial des Kernmaterials mit einer Reinheit von 99,99 Massen-% oder mehr, das unvermeidliche Verunreinigungen als den Rest enthielt, verwendet. Ga, Ge, Ni, Ir, Pt, Pd, B, P und Mg mit einer Reinheit von 99 Massen-% oder mehr, die unvermeidliche Verunreinigungen als den Rest enthielten, wurden verwendet. Ga, Ge, Ni, Ir, Pt, Pd, B, P und Mg als Zusatzelemente zu dem Kernmaterial werden derart gemischt, dass der Draht oder das Kernmaterial eine Zielzusammensetzung haben. Wenngleich Ga, Ge, Ni, Ir, Pt, Pd, B, P und Mg bezüglich ihres Zusetzens einzeln gemischt werden können, können sie alternativ unter Verwendung einer Cu-Hauptlegierung, die die Zusatzelemente enthält, die im Voraus hergestellt wurde, gemischt werden, wenn das Element als ein Einzelkörper einen hohen Schmelzpunkt hat oder wenn das Element in einer winzigen Menge zugesetzt wird.

[0057] Die Cu-Legierung als das Kernmaterial wurde durch Füllen der Ausgangsmaterialien in einen Kohlenstoffschmelztiegel, der in eine zylindrische Form mit einem Durchmesser von 3 bis 6 mm gearbeitet war, Heizen und Schmelzen der Ausgangsmaterialien bei 1090 bis 1300°C in Vakuum oder in einer inerten Atmosphäre, wie etwa N₂- oder Ar-Gas, unter Verwendung eines Hochfrequenzofens und Durchführen einer Ofenkühlung hergestellt. Die gewonnene Legierung mit einem Durchmesser von 3 bis 6 mm wurde gezogen, um zu einem Durchmesser von 0,9 bis 1,2 mm gearbeitet zu werden, und ein Draht mit einem Durchmesser von 300 bis 600 µm wurde hergestellt, indem sukzessive unter Verwendung eines Ausformwerkzeugs das Drahtziehen durchgeführt wurde. Ein im Handel erhältliches Gleitmittel wurde für das Drahtziehen verwendet, und eine Drahtziehgeschwindigkeit war 20 bis 150 m/Min. Um eine dünne Oxidschicht auf der Drahtoberfläche zu entfernen, wurde eine Ätzbehandlung mit Schwefelsäure durchgeführt, und die Pd-Überzugschicht mit 1 bis 15 µm wurde ausgebildet, um die gesamte Oberfläche der Cu-Legierung als das Kernmaterial zu bedecken. Außerdem wurde für Drähte teilweise die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, mit 0,05 bis 1,5 µm auf der Pd-Überzugschicht ausgebildet. Für das Ausbilden der Pd-Überzugschicht und der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, wurde Galvanisieren verwendet. Eine im Handel erhältliche Halbleitermetallisierungslösung wurde als eine Metallisierungslösung verwendet. Dann wurden eine Wärmebehandlung bei 200 bis 500°C und Drahtziehen wiederholt durchgeführt, um die Bearbeitung auf einen Durchmesser von 20 µm durchzuführen. Nach der Bearbeitung wurde eine Wärmebehandlung durchgeführt, während bewirkt wurde, dass ein N₂- oder Ar-Gas strömte, so dass eine Bruchdehnung schließlich etwa 5 bis 15% ist. Ein Verfahren zur Wärmebehandlung wurde durchgeführt, während der Draht fortlaufend mitgezogen wurde, und wurde durchgeführt, während bewirkt wurde, dass das N₂- oder Ar-Gas strömte. Eine Drahtvorschubgeschwindigkeit war 20 bis 200 m/Min, eine Wärmebehandlungstemperatur war 200 bis 600°C und eine Wärmebehandlungszeit war 0,2 bis 1,0 Sekunden.

[0058] Durch Einstellen der Bearbeitungsrate nach dem Ausbilden der Pd-Überzugschicht oder nach dem Ausbilden Pd-Überzugschicht und der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, wurde der Anteil (Flächenprozentatz) der Kristallorientierung <111> mit einem Winkel von 15 Grad oder weniger zu einer Längsrichtung unter den Kristallorientierungen in der Längsrichtung des Bonddrahts in einem Messergebnis eingestellt, wenn Kristallorientierungen auf einer Oberfläche des Bonddrahts gemessen wurden.

[0059] Für die Konzentrationsanalyse der Pd-Überzugschicht und der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, wurde die Analyse unter Verwendung einer Auger-Elektronenspektrometrievorrichtung durchgeführt, während der Bonddraht von seiner Oberfläche in der Tiefenrichtung mit Ar-Ionen gesputtert wurde. Die Dicke der Überzugschicht und der Legierungshautschicht wurden aus einem erhaltenen Konzentrationsprofil (die Einheit der Tiefe in Form von SiO₂) in der Tiefenrichtung bestimmt. Eine Region, in der die Pd-Konzentration 50 At-% oder mehr war und die Au-Konzentration weniger als 10 At-% war, wurde als die Pd-Überzugschicht bestimmt, und eine Region, in der die Au-Konzentration auf der Oberfläche der Pd-Überzugschicht im Bereich von 10 At-% oder mehr war, wurde als die Legierungshautschicht bestimmt. Die Dicken und Zusammensetzungen der Überzugschicht und der Legierungshautschicht sind in den Tabellen 1 und 2 aufgelistet. Die Konzentration von Pd in dem Cu-Legierungskernmaterial wurde durch ein Verfahren gemessen, das einen Drahtschnitt freilegt und eine Linienanalyse, Punktanalyse oder ähnliches an dem freigelegten Drahtschnitt mit einem Elektronensondenmikroanalysator, der in einem Rasterelektronenmikroskop installiert ist, durchführt. Für das Verfahren zum Freilegen des Drahtschnitts wurde mechanisches Polieren, Ionenätzen oder ähnliches verwendet. Für die Konzentrationen von Ga, Ge, Ni, Ir, Pt, B, P und Mg in dem Bonddraht wurde eine Lösung, in der der Bonddraht mit einer starken Säure aufgelöst wurde, unter Verwendung eines ICP-Emissionsspektrometers oder eines ICP-Massenspektrometers analysiert und sie wurden als die Konzentrationen der Elemente erfasst, die in dem gesamten Bonddraht enthalten sind.

[0060] Die Konfigurationen der jeweiligen Proben, die gemäß dem vorstehenden Verfahren hergestellt wurden, sind in den folgenden Tabellen aufgelistet. Die Tabelle 1 listet Arbeitsbeispiele auf und die Tabelle 2 listet Vergleichsbeispiele auf. In Tabelle 2 sind Zahlen außerhalb des Bereichs der vorliegenden Erfindung unterstrichen.

[Tabelle 1]

Komponenten-Gehalt										
Te- st Nr.	Im Draht (Massen-%)			Im Draht (Massen-%) (Material im Kern für Pd (Massen-%))				Im Draht (Massen-ppm)		
	Ga	Ge	Ga und Ge insgesamt	Ni	Ir	Pt	Pd	B	P	Mg
1	0,020		0,020							
2	0,025		0,025							
3	0,500		0,500							
4	1,500		1,500							
5		0,011	0,011							
6		0,025	0,025							
7		0,300	0,300							
8		1,500	1,500							
9	0,015	0,011	0,026							
10	0,010	0,015	0,025							
11	0,020	0,005	0,025							
12	0,012	0,015	0,027							
13	0,050	0,070	0,120							
14	0,016	0,050	0,066							
15	0,050	0,600	0,650							
16	0,600	0,850	1,450							
17	0,002	0,800	0,802							
18	0,030		0,030	0,50						
19	0,030		0,030	1,20						
20	0,030		0,030		0,50					

Arbeitsbsp.

[Tabelle 1] (Fortsetzung)

Test Nr.	Drahtcharakteristiken			Qualitätsbeurteilungsergebnisse					
	Schichtdicke der Pd-Über- zugschicht (µm)	Schichtdicke der Legie- rungshautschicht, die Au und Pd enthält (µm)	Flächenanteil der Oberflächenkris- tallorientierung <111> (%)	HAST	HTS	FAB-Form	Keil-Bondfä- higkeit	Einge- drückte Form	Neigung
1	0,15	-	68	Δ	Δ	○	Δ	○	⊙
2	0,015	0,0005	94	○	Δ	○	○	○	⊙
3	0,1	0,0005	89	⊙	Δ	⊙	○	○	⊙
4	0,05	0,001	62	⊙	Δ	⊙	⊙	○	⊙
5	0,1	0,001	48	Δ	Δ	⊙	⊙	○	⊙
6	0,05	0,08	92	○	Δ	Δ	⊙	○	⊙
7	0,05	0,01	59	⊙	Δ	⊙	⊙	○	⊙
8	0,1	0,01	44	⊙	Δ	⊙	⊙	○	⊙
9	0,05	0,001	95	Δ	Δ	⊙	⊙	○	⊙
10	0,015	0,01	93	Δ	Δ	○	⊙	○	⊙
11	0,1	0,003	62	Δ	Δ	⊙	⊙	○	⊙
12	0,15	0,0005	55	Δ	Δ	⊙	○	○	⊙
13	0,015	0,0005	79	⊙	Δ	○	○	○	⊙
14	0,015	0,001	53	○	Δ	○	⊙	○	⊙
15	0,05	0,01	33	⊙	Δ	⊙	⊙	○	⊙
16	0,05	0,003	67	⊙	Δ	⊙	⊙	○	⊙
17	0,05	0,003	33	⊙	Δ	⊙	⊙	○	⊙
18	0,15	0,001	69	○	○	⊙	⊙	○	⊙
19	0,15	0,003	41	○	⊙	⊙	⊙	○	⊙
20	0,05	—	85	○	○	⊙	Δ	○	⊙

[Tabelle 1]

Komponenten-Gehalt										
Test Nr.	Im Draht (Massen-%)			Im Draht (Massen-%) (Material im Kern für Pd (Massen-%))					Im Draht (Massen-ppm)	
	Ga	Ge	Ga und Ge insgesamt	Ni	Ir	Pt	Pd	B	P	Mg
21	0,030		0,030		1,20					
22	0,030		0,030			0,50				
23	0,030		0,030			1,20				
24	0,030		0,030				0,50			
25	0,030		0,030				1,20			
26	0,030		0,030					7		
27	0,030		0,030					100		
28	0,030		0,030						7	
29	0,030		0,030						100	
30	0,030		0,030							7
31	0,030		0,030							100
32		0,030	0,030	0,80						
33		0,030	0,030	1,20						
34		0,030	0,030		0,80					
35		0,030	0,030		1,20					
36		0,030	0,030			0,80				
37		0,030	0,030			1,20				
38		0,030	0,030				0,80			
39		0,030	0,030				1,20			
40		0,030	0,030					6		

[Tabelle 1] (Fortsetzung)

Test Nr.	Drahtcharakteristiken			Qualitätsbeurteilungsergebnisse					
	Schichtdicke der Pd-Überzug- schicht (µm)	Schichtdicke der Legie- rungshautschicht, die Au und Pd enthält (µm)	Flächenanteil der Oberflächenkris- tallorientierung <111> (%)	HAST	HTS	FAB-Form	Keil-Bondfähig- keit	Einge- drückte Form	Neigung
Arbeits- sp.	21	0,1	0,01	58	○	⊙	⊙	○	⊙
	22	0,05	0,01	97	○	○	⊙	○	⊙
	23	0,1	0,01	73	○	⊙	⊙	○	⊙
	24	0,015	0,0005	65	○	○	⊙	○	⊙
	25	0,1	0,01	72	○	⊙	⊙	○	⊙
	26	0,015	0,01	98	○	Δ	○	⊙	⊙
	27	0,015	0,001	94	○	Δ	○	⊙	⊙
	28	0,1	0,01	62	○	Δ	⊙	⊙	⊙
	29	0,015	0,08	68	○	Δ	Δ	⊙	⊙
	30	0,05	0,01	49	○	Δ	⊙	⊙	⊙
	31	0,05	0,05	40	○	Δ	⊙	⊙	⊙
	32	0,15	0,01	83	○	○	⊙	○	⊙
	33	0,05	0,003	88	○	⊙	⊙	○	⊙
	34	0,05	0,01	82	○	○	⊙	○	⊙
	35	0,15	0,001	94	○	⊙	⊙	○	⊙
	36	0,15	0,08	92	○	○	Δ	○	⊙
	37	0,15	0,001	87	○	⊙	⊙	○	⊙
	38	0,015	0,003	85	○	○	⊙	○	⊙
	39	0,1	0,003	68	○	⊙	⊙	○	⊙
	40	0,015	0,08	65	○	Δ	Δ	⊙	⊙

Arbeits-
sp.

[Tabelle 1]

Test Nr.	Komponenten-Gehalt									
	Im Draht (Massen-%)			Im Draht (Massen-%) (Material im Kern für Pd (Massen-%))						
	Ga	Ge	Ga und Ge insgesamt	Ni	Ir	Pt	Pd	B	P	Mg
41		0,030	0,030					100		
42		0,030	0,030						6	
43		0,030	0,030						100	
44		0,030	0,030							6
45		0,030	0,030							100
46	0,500		0,500	0,90				30		
47	0,500		0,500		0,90			30		
48	0,500		0,500			0,90		30		
49	0,500		0,500				0,90	30		
50	0,500		0,500	0,90					50	
51	0,500		0,500		0,90				50	
52	0,500		0,500			0,90			50	
53	0,500		0,500				0,90		50	
54	0,500		0,500	0,90						10
55	0,500		0,500		0,90					10
56	0,500		0,500			0,90				10
57	0,500		0,500				0,90			10
58		0,700	0,700	0,50				15		
59		0,700	0,700		0,50			15		
60	0,700	0,700				050		15		

[Tabelle 1] (Fortsetzung)

Test Nr.	Drahtcharakteristiken			Qualitätsbeurteilungsergebnisse					
	Schichtdicke der Pd-Überzugschicht (µm)	Schichtdicke der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält (µm)	Flächenanteil der Oberflächenkristallorientierung <111> (%)	HAST	HTS	FAB-Form	Keil-Bondfähigkeit	Einge-drückte Form	Neigung
41	0,15	0,0005	42	○	Δ	⊙	○	⊙	⊙
42	0,1	0,001	88	○	Δ	⊙	⊙	⊙	⊙
43	0,05	0,01	57	○	Δ	⊙	⊙	⊙	⊙
44	0,15	0,0005	38	○	Δ	⊙	○	⊙	⊙
45	0,05	0,01	76	○	Δ	⊙	⊙	⊙	⊙
46	0,05	0,003	76	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙
47	0,05	-	84	⊙	○	⊙	Δ	⊙	⊙
48	0,05	0,003	95	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙
49	0,05	0,003	84	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙
50	0,05	0,003	94	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙
51	0,15	0,01	60	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙
52	0,1	0,003	45	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙
53	0,15	0,003	55	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙
54	0,15	0,001	88	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙
55	0,15	0,01	97	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙
56	0,15	0,001	41	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙
57	0,15	0,003	64	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙
58	0,1	0,01	58	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙
59	0,015	0,001	85	⊙	○	○	⊙	⊙	⊙
60	0,1	0,01	48	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙

[Tabelle 1]

Komponenten-Gehalt										
Test Nr.	Im Draht (Massen-%)			Im Draht (Massen-%) (Material im Kern für Pd (Massen-%))				Im Draht (Massen-ppm)		
	Ga	Ge	Ga und Ge insgesamt	Ni	Ir	Pt	Pd	B	P	Mg
61		0,700	0,700				0,50	15		
62		0,700	0,700	0,50					70	
63		0,700	0,700		0,50				70	
64		0,700	0,700			0,50			70	
65		0,700	0,700				0,50		70	
66		0,700	0,700	0,50						40
67		0,700	0,700		0,50					40
68		0,700	0,700			0,50				40
Arbeitsb- sp.										
69	0,800	0,500	1,300	0,50				15		
70	0,080	1,200	1,280		0,50			15		
71	0,500	0,040	0,540			0,50		15	100	
72	1,300	0,050	1,350	0,50					100	
73	0,300	0,500	0,800		0,50				100	
74	0,500	0,600	1,100			0,50			100	
75	0,080	0,040	0,120	0,50						30
76	1,000	0,100	1,100		0,50					30
77	0,030	0,600	0,630			0,50				30
78	1,500		1,500	0,40	0,30				10	
79	1,500		1,500	0,40	0,30				23	
80	1,500		1,500	0,40	0,30				30	

[Tabelle 1] (Fortsetzung)

Test Nr.	Drahtcharakteristiken			Qualitätsbeurteilungsergebnisse					
	Schichtdicke der Pd-Über- zugschicht (µm)	Schichtdicke der Legie- rungshautschicht, die Au und Pd enthält (µm)	Flächenanteil der Oberflächenkris- tallorientierung <111> (%)	HAST	HTS	FAB-Form	Keil-Bondfähig- keit	Einge- drückte Form	Neigung
Arbeitsb- sp.	61	0,1	0,01	64	⊙	○	⊙	⊙	⊙
	62	0,015	0,001	67	⊙	○	⊙	⊙	⊙
	63	0,05	0,0005	87	⊙	○	○	⊙	⊙
	64	0,05	0,0005	88	⊙	○	○	⊙	⊙
	65	0,15	0,001	49	⊙	○	⊙	⊙	⊙
	66	0,05	0,003	72	⊙	○	⊙	⊙	⊙
	67	0,1	0,001	96	⊙	○	⊙	⊙	⊙
	68	0,1	0,003	58	⊙	○	⊙	⊙	⊙
	69	0,015	0,003	66	⊙	○	⊙	⊙	⊙
	70	0,15	0,01	67	⊙	○	⊙	⊙	⊙
	71	0,015	0,001	69	⊙	○	○	⊙	⊙
	72	0,15	0,01	60	⊙	○	⊙	⊙	⊙
	73	0,015	0,003	87	⊙	○	○	⊙	⊙
	74	0,15	0,003	49	⊙	○	⊙	⊙	⊙
	75	0,015	0,001	82	⊙	○	○	⊙	⊙
	76	0,15	0,05	78	⊙	○	⊙	⊙	⊙
	77	0,05	0,001	39	⊙	○	⊙	⊙	⊙
	78	0,15	0,08	83	⊙	○	Δ	⊙	⊙
	79	0,15	0,01	88	⊙	○	Δ	⊙	⊙
	80	0,15	0,0005	97	⊙	○	Δ	○	⊙

[Tabelle 1]

Test Nr.	Komponenten-Gehalt									
	Im Draht (Massen-%)			Im Draht (Massen-%) (Material im Kern für Pd (Massen-%))						
	Ga	Ge	Ga und Ge insgesamt	Ni	Ir	Pt	Pd	B	P	Mg
81	1,500		1,500	0,40			0,50		24	
82	1,500		1,500		1,20			15	15	
83	1,500		1,500		1,20			15	30	
84	1,500		1,500		1,20			15	30	
85	1,500		1,500	0,50	0,50				10	50
86	1,500		1,500	0,50	0,50				25	50
87	1,500		1,500	0,50	0,50				30	50
88		1,200	1,200		0,80	0,40		15		
89		1,200	1,200		0,80	0,40		24		
90		1,200	1,200		0,80	0,40		60		
91		1,200	1,200		0,80		0,40	35		
92		1,200	1,200	0,80					60	8
93		1,200	1,200	0,80					70	5
94		1,200	1,200	0,80					80	10
95		1,200	1,200	0,30		0,60		10	50	
96		1,200	1,200	0,30		0,60		15	60	
97		1,200	1,200	0,30		0,60		20	70	
98	0,600	0,050	0,650		0,60	0,70				20
99	1,100	0,300	1,400		0,60	0,70				60
100	0,800	0,400	1,200		0,60	0,70				100

[Tabelle 1] (Fortsetzung)

Test Nr.	Drahtcharakteristiken			Qualitätsbeurteilungsergebnisse					
	Schichtdicke der Pd-Überzugsschicht (µm)	Schichtdicke der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält (µm)	Flächenanteil der Oberflächenkristallorientierung <111> (%)	HAST	HTS	FAB-Form	Keil-Bondfähigkeit	Einge-drückte Form	Neigung
81	0,15	0,01	81	○	⊙	Δ	⊙	⊙	⊙
82	0,1	0,003	72	⊙	⊙	Δ	⊙	⊙	⊙
83	0,1	0,003	68	⊙	⊙	Δ	⊙	⊙	⊙
84	0,015	0,0005	78	⊙	⊙	Δ	○	⊙	⊙
85	0,15	0,05	79	⊙	⊙	Δ	⊙	⊙	⊙
86	0,015	0,0005	65	⊙	⊙	Δ	○	⊙	⊙
87	0,15	0,01	39	⊙	⊙	Δ	⊙	⊙	⊙
88	0,15	-	95	⊙	⊙	⊙	Δ	⊙	⊙
89	0,05	0,001	87	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
90	0,1	0,01	66	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
91	0,15	0,01	64	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
92	0,15	0,001	74	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙
93	0,15	0,01	76	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙
94	0,15	0,003	47	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙
95	0,05	0,0005	84	⊙	○	⊙	○	⊙	⊙
96	0,1	0,01	57	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙
97	0,015	0,01	91	⊙	○	○	⊙	⊙	⊙
98	0,1	0,0005	41	⊙	⊙	⊙	○	⊙	⊙
99	0,15	-	87	⊙	⊙	⊙	Δ	⊙	⊙
100	0,05	0,001	75	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙

Arbeitsbs-
p.

[Tabelle 1]

Test Nr.	Komponenten-Gehalt									
	Im Draht (Massen-%)			Im Draht (Massen-%) (Material im Kern für Pd (Massen-%))				Im Draht (Massen-ppm)		
	Ga	Ge	Ga und Ge insgesamt	Ni	Ir	Pt	Pd	B	P	Mg
101	0,800	0,030	0,830		0,60		0,70			35
102	0,050	1,100	1,150	1,20					75	
103	0,800	0,060	0,860	1,20					75	
104	0,030	0,800	0,830	1,20					75	
105	0,090	1,300	1,390		0,30	0,40		30	20	
106	0,700	0,700	1,400		0,30	0,40		40	20	
107	0,200	0,600	0,800		0,30	0,40		50	20	

Arbeitsbs-
p.

[Tabelle 1] (Fortsetzung)

Drahtcharakteristiken				Qualitätsbeurteilungsergebnisse					
Test Nr.	Schichtdicke der Pd-Überschicht (µm)	Schichtdicke der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält (µm)	Flächenanteil der Oberflächenkristallorientierung <111> (%)	HAST	HTS	FAB-Form	Keil-Bondfähigkeit	Einge-drückte Form	Neigung
101	0,15	0,003	64	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
102	0,015	0,001	97	⊙	⊙	○	⊙	⊙	⊙
103	0,015	0,05	86	⊙	⊙	○	⊙	⊙	⊙
104	0,1	0,01	96	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
105	0,1	0,01	66	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙
106	0,05	-	79	⊙	○	⊙	Δ	⊙	⊙
107	0,15	0,003	89	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙

Arbeitsbs-
p.

[Tabelle 2]

Komponenten-Gehalt									
Test Nr.	Im Draht (Massen-%)			Im Draht (Massen-%) (Material im Kern für Pd (Massen-%))					Im Draht (Massen-ppm)
	Ga	Ge	Ga und Ge insgesamt	Ni	Ir	Pt	Pd	B	P
1	0,010		<u>0,010</u>						
2	0,010		<u>0,010</u>						
3	0,010		<u>0,010</u>						
4		0,010	<u>0,010</u>						
5		0,010	<u>0,010</u>						
6		0,010	<u>0,010</u>						
7	0,0050	0,0050	<u>0,010</u>						
8	0,0050	0,0050	<u>0,010</u>						
9	0,0050	0,0050	<u>0,010</u>						

Ver-
gleichsbs-
p.

[Tabelle 2] (Fortsetzung)

Test Nr.	Drahtcharakteristiken			Qualitätsbeurteilungsergebnisse					
	Schichtdicke der Pd-Überzugsschicht (µm)	Schichtdicke der Legie- rungshautschicht, die Au und Pd enthält (µm)	Flächenanteil der Ober- flächenkristallorientierung <111 > (%)	HAST	HTS	FAB- Form	Keil-Bondfä- higkeit	Einge- drückte Form	Neigung
1	0,005	0,001	18	x	Δ	x	⊙	○	Δ
2	0,2	0,003	68	x	Δ	x	⊙	○	⊙
3	0,3	0,01	28	x	Δ	x	⊙	○	Δ
4	0,05	0,001	97	x	Δ	⊙	⊙	○	⊙
5	0,2	0,003	56	x	Δ	x	⊙	○	⊙
6	0,005	0,01	22	x	Δ	x	⊙	○	Δ
7	0,3	0,001	56	x	Δ	x	⊙	○	⊙
8	0,05	0,003	22	x	Δ	⊙	⊙	○	Δ
9	0,2	0,01	48	x	Δ	x	⊙	○	⊙

Ver-
gleichsbs-
p.

(Beurteilungsverfahren)

[0061] Eine Kristallstruktur wurde mit der Drahtoberfläche als eine Beobachtungsoberfläche beurteilt. Elektronenrückstreubeugung (EBSD) wurde als ein Beurteilungsverfahren verwendet. EBSD ist charakterisiert durch die Beobachtung von Kristallorientierungen auf der Beobachtungsoberfläche und dadurch, dass es eine Winkeldifferenz der Kristallorientierungen zwischen benachbarten Messpunkten darstellen kann, und kann die Kristallorientierungen auch für einen dünnen Draht wie den Bonddraht mit hoher Genauigkeit beobachten, während es relativ einfach ist.

[0062] Man sollte Sorgfalt walten lassen, wenn EBSD mit einer gekrümmten Oberfläche wie der Drahtoberfläche als Probe durchgeführt wird. Wenn eine Region mit einer großen Krümmung gemessen wird, ist eine Messung mit hoher Genauigkeit schwierig. Jedoch wird ein Bonddraht, der gemessen werden soll, an einer Linie auf einer Ebene fixiert und ein flacher Teil in der Nähe der Mitte des Bonddrahts wird gemessen, wodurch eine Messung mit hoher Genauigkeit durchgeführt werden kann. Insbesondere wird die folgende Messregion gut funktionieren. Die Größe in der Umfangsrichtung ist 50% oder weniger des Drahtdurchmessers mit der Mitte in der Drahtlängsrichtung als eine Achse, während die Größe in der Drahtlängsrichtung 100 µm oder weniger ist. Vorzugsweise ist die Größe in der Umfangsrichtung 40% oder weniger des Drahtdurchmessers, während die Größe in der Drahtlängsrichtung 40 µm oder weniger ist, wodurch der Messwirkungsgrad durch Verringern einer Messzeit verbessert werden kann. Um die Genauigkeit weiter zu verbessern, ist es wünschenswert, dass drei oder mehr Punkte gemessen werden, um Durchschnitts-Informationen zu erhalten, die Schwankungen berücksichtigen. Die Messstellen können 1 mm oder mehr voneinander entfernt sein, um nicht nahe beieinander zu sein.

[0063] Der Anteil der Oberflächenkristallorientierung $\langle 111 \rangle$ wurde durch Berechnen des Flächenprozentsatzes der Kristallorientierung $\langle 111 \rangle$ mit einem Winkel von 15 Grad oder weniger zu der Längsrichtung unter den Kristallorientierungen in der Längsrichtung des Bonddrahts bestimmt, wobei alle Kristallorientierungen durch eine exklusive Software (zum Beispiel OIM-Analyse, hergestellt von TSL Solutions) als eine Besetzung identifiziert wurden.

[0064] Die Verbindungszuverlässigkeit des kugelgebondeten Teils in einer Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung oder einer Hochtemperaturumgebung wurde durch Herstellen einer Probe für die Beurteilung der Verbindungszuverlässigkeit, Durchführen einer HAST- und HTS-Beurteilung und der Verbindungslanglebigkeit des kugelgebondeten Teils in jedem Test bestimmt. Die Probe für die Beurteilung der Verbindungszuverlässigkeit wurde hergestellt, indem ein Kugelbonds auf einer Elektrode durchgeführt wurde, die unter Verwendung eines im Handel erhältlichen Drahtbonders durch Ausbilden einer Legierung aus Al-1,0%Si-0,5% Cu als eine dünne Schicht mit einer Dicke von 0,8 µm auf einem Si-Substrat auf einem allgemeinen metallischen Rahmen ausgebildet wurde, und sie mit einem im Handel erhältlichen Epoxidharz abgedichtet wurde. Eine Kugel wurde ausgebildet, während bewirkt wurde, dass ein $N_2 + 5\%H_2$ -Gas mit einem Durchsatz von 0,4 bis 0,6 L/min strömte, und ihre Größe lag in einem Durchmesserbereich von 33 bis 34 µm.

[0065] Bezüglich der HAST-Beurteilung wurde die hergestellte Probe für die Verbindungszuverlässigkeitsbeurteilung unter Verwendung eines ungesättigten Druckkochtesters einer Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung mit einer Temperatur von 130°C und einer relativen Feuchtigkeit von 85% ausgesetzt und mit einer Vorspannung von 7 V versehen. Alle 48 Stunden wurde ein Schertest an dem kugelgebondeten Teil durchgeführt, und eine Zeit, zu der ein Wert der Scherfestigkeit die Hälfte der anfänglich erhaltenen Scherfestigkeit war, wurde als die Verbindungslanglebigkeit des kugelgebondeten Teils bestimmt. Der Schertest nach dem Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsstest wurde nach dem Entfernen des Harzes durch eine Säurebehandlung und Freilegen des kugelgebondeten Teils durchgeführt.

[0066] Ein von DAGE hergestellter Tester wurde als ein Schertester für die HAST-Beurteilung verwendet. Ein Mittelwert von Messwerten von 10 kugelgebondeten Teilen, die zufällig ausgewählt wurden, wurde für den Wert der Scherfestigkeit verwendet. In der Beurteilung wurde die Verbindungslanglebigkeit von weniger als 96 Stunden als in der Praxis problematisch bestimmt, um mit einem „Kreuz“-Symbol markiert zu werden, 96 Stunden oder mehr bis weniger als 144 Stunden wurde als ausführbar aber etwas problematisch bestimmt, um mit einem „Dreieck“-Symbol markiert zu werden, 144 Stunden oder mehr bis weniger als 288 Stunden wurde als praktisch kein Problem bestimmt, um mit einem „Kreis“-Symbol markiert zu werden, und 288 Stunden oder mehr wurde als hervorragend bestimmt, um mit einem „Doppelkreis“-Symbol in der Spalte „HAST“ in Tabelle 1 markiert zu werden.

[0067] Bezüglich der HTS-Auswertung wurde die hergestellte Probe für die Zuverlässigkeitsbeurteilung unter Verwendung einer thermostatischen Hochtemperaturvorrichtung einer Hochtemperaturumgebung mit einer Temperatur von 200°C ausgesetzt. Alle 500 Stunden wurde ein Schertest an dem kugelgebondeten Teil durchgeführt, und eine Zeit, zu der ein Wert der Scherfestigkeit die Hälfte der anfänglich erhaltenen Scherfestigkeit war, wurde als die Verbindungslanglebigkeit des kugelgebondeten Teils bestimmt. Der Schertest nach dem Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitstest wurde durchgeführt, nachdem das Harz durch Säurebehandlung entfernt wurde und der kugelgebondete Teil freigelegt wurde.

[0068] Ein von DAGE hergestellter Tester wurde als ein Schertester für die HTS-Beurteilung verwendet. Ein Mittelwert von Messwerten von 10 kugelgebondeten Teilen, die zufällig ausgewählt wurden, wurde für den Wert der Scherfestigkeit verwendet. In der Beurteilung wurde die Verbindungslanglebigkeit von 500 Stunden oder mehr bis weniger als 1000 Stunden als ausführbar aber Verbesserungen wünschenswert bestimmt, um mit einem „Dreieck“-Symbol markiert zu werden, 1000 Stunden oder mehr bis 3000 Stunden wurde als praktisch kein Problem bestimmt, um mit einem „Kreis“-Symbol markiert zu werden, und 3000 Stunden oder mehr wurde als besonders hervorragend bestimmt, um mit einem „Doppelkreis“-Symbol markiert zu werden.

[0069] Bezüglich der Beurteilung der Kugelformbarkeit (FAB-Form) wurde eine Kugel vor dem Durchführen des Bondens gesammelt und beobachtet, und das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Leerräumen auf der Kugeloberfläche und das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Deformation der Kugel, die in erster Linie eine perfekte Kugelform ist. Das Auftreten jedes der vorstehenden Phänomene wurde als fehlerhaft bestimmt. Die Ausbildung der Kugel wurde durchgeführt, während ein N₂-Gas mit einem Durchsatz von 0,5 L/min geblasen wurde, um die Oxidation in einem Schmelzverfahren zu verringern. Die Größe der Kugel war 34 µm. Für eine Bedingung wurden 50 Kugeln beobachtet. Für die Beobachtung wurde ein REM verwendet. In der Beurteilung der Formbarkeit der Kugel wurde ein Fall, in dem fünf oder mehr Fehler auftraten, als problematisch bestimmt, um mit einem „Kreuz“-Symbol markiert zu werden, ein Fall von drei oder vier Fehlern wurde als ausführbar aber etwas problematisch bestimmt, um mit einem „Dreieck“-Symbol markiert zu werden, ein Fall von ein oder zwei Fehlern wurde als kein Problem bestimmt, um mit einem „Kreis“-Symbol markiert zu werden, und ein Fall, in dem kein Fehler auftrat, wurde als hervorragend bestimmt, um mit einem „Doppelkreis“-Symbol in der Spalte „FAB-Form“ in Tabelle 1 markiert zu werden.

[0070] Die Beurteilung der Keil-Bondfähigkeit auf dem drahtgebondeten Teil wurde bestimmt, indem 1000 Bondteile auf Leitungen einer Leiterplatine ausgeführt wurden und durch die Auftretsfrequenz eines Abschälens des gebondeten Teils. Eine mit 1 bis 3 µm Ag metallisierte Fe-42 At-% Ni-Legierungsleiterplatine wurde als Leiterplatine verwendet. In dieser Beurteilung wurde, unter der Annahme härterer Bond-Bedingungen als normal, eine Haltertemperatur auf 150°C festgelegt, was niedriger als ein allgemeiner Solltemperaturbereich war. In der Beurteilung wurde ein Fall, in dem 11 oder mehr Fehler auftraten, als problematisch bestimmt, um mit einem „Kreuz“-Symbol markiert zu werden, ein Fall von 6 bis 10 Fehlern wurde als ausführbar aber etwas problematisch bestimmt, um mit einem „Dreieck“-Symbol markiert zu werden, ein Fall von 1 bis 5 Fehlern wurde als kein Problem bestimmt, um mit einem „Kreis“-Symbol markiert zu werden, und ein Fall, in dem kein Fehler auftrat, wurde als hervorragend bestimmt, um mit einem „Doppelkreis“-Symbol in der Spalte „Keil-Bondfähigkeit“ in Tabelle 1 markiert zu werden.

[0071] Die Beurteilung einer eingedrückten Form des kugelgebondeten Teils wurde durch Beobachten des kugelgebondeten Teils nach dem Bonden von unmittelbar darüber und seiner Kreisförmigkeit bestimmt. Als Bond-Gegenstück wurde eine Elektrode, in der eine Al-0,5%-Cu-Legierung als eine dünne Schicht mit einer Dicke von 1,0 µm auf einem Si-Substrat ausgebildet wurde, verwendet. Die Beobachtung wurde unter Verwendung eines Lichtmikroskops durchgeführt, und 200 Stellen wurden für eine Bedingung beobachtet. Elliptisch mit einer großen Abweichung von einem perfekten Kreis und anisotrop in der Verformung wurde in der eingedrückten Form des kugelgebondeten Teils als fehlerhaft bestimmt. In der Beurteilung wurde ein Fall, in dem sechs oder mehr Fehler auftraten, als problematisch bestimmt, um mit einem „Kreuz“-Symbol markiert zu werden, ein Fall von vier oder fünf Fehlern wurde als ausführbar aber etwas problematisch bestimmt, um mit einem „Dreieck“-Symbol markiert zu werden, ein bis drei wurde als kein Problem bestimmt, um mit einem „Kreis“-Symbol markiert zu werden, und ein Fall, in dem für alle ein günstiger perfekter Kreis erhalten wurde, wurde als besonders hervorragend bestimmt, um mit einem „Doppelkreis“-Symbol in der Spalte „eingedrückte Form“ in Tabelle 1 markiert zu werden.

[Neigung]

[0072] An eine Leiterplatine für die Auswertung wurden 100 Bondteile mit einer Schleifenlänge von 5 mm und einer Schleifenhöhe von 0,5 mm ausgeführt. Als ein Beurteilungsverfahren wurde ein aufrechter Drahtteil

von einer horizontalen Chiprichtung beobachtet, und die Beurteilung wurde basierend auf einem Zwischenraum, wenn ein Zwischenraum zwischen einer senkrechten Linie, die durch die Mitte des kugelgebondeten Teils geht, und dem aufrechten Drahtteil maximiert wurde (Neigungszwischenraum), durchgeführt. Wenn der Neigungszwischenraum kleiner als der Drahtdurchmesser war, wurde die Neigung als günstig bestimmt, während, wenn der Neigungszwischenraum größer war, der aufrechte Teil sich neigte, und die Neigung wurde als fehlerhaft bestimmt. Einhundert gebondete Drähte wurden mit einem optischen Mikroskop beobachtet und die Zahl der Neigungsfehler wurde gezählt. Ein Fall, in dem sieben oder mehr Fehler auftraten, wurde als problematisch bestimmt, um mit einem „Kreuz“-Symbol markiert zu werden, ein Fall von vier bis sechs Fehlern wurde als ausführbar aber etwas problematisch bestimmt, um mit einem „Dreieck“-Symbol markiert zu werden, ein Fall von ein bis drei Fehlern wurde als kein Problem bestimmt, um mit einem „Kreis“-Symbol markiert zu werden, und ein Fall, in dem kein Fehler auftrat, wurde als hervorragend bestimmt, um mit einem „Doppelkreis“-Symbol in der Spalte „Neigung“ in Tabelle 1 markiert zu werden.

(Beurteilungsergebnisse)

[0073] Die Bonddrähte gemäß den in Tabelle 1 aufgelisteten Arbeitsbeispielen 1 bis 107 weisen jeweils das Cu-Legierungskernmaterial und die Pd-Überzugschicht, die auf der Oberfläche des Cu-Legierungskernmaterials ausgebildet ist, auf, wobei der Bonddraht ein oder mehrere Elemente enthält, die aus Ga und Ge ausgewählt sind, und wobei die Konzentration der Elemente insgesamt relativ zu dem Gesamtdraht 0,011 bis 1,5 Massen-% ist. Es wurde gezeigt, dass die Bonddrähte gemäß den Arbeitsbeispielen 1 bis 107 mit diesem Aufbau die Zuverlässigkeit des kugelgebondeten Teils in dem HAST-Test in der Hochtemperatur-Hochfeuchtigkeitsumgebung mit einer Temperatur von 130°C und einer relativen Feuchtigkeit von 85% erreichen können.

[0074] Im Gegensatz dazu wurde in den in der Tabelle 2 aufgelisteten Vergleichsbeispielen 1 bis 9 die Zuverlässigkeit des kugelgebondeten Teils in dem HAST-Test nicht erreicht, da die Konzentration von Ga und Ge insgesamt außerhalb der unteren Grenze war. In den Vergleichsbeispielen 1 und 6 war die FAB-Form ein „Kreuz“-Symbol, da die Dicke der Pd-Überzugschicht außerhalb der Untergrenze des bevorzugten Bereichs war. In den Vergleichsbeispielen 1, 3, 6 und 8 war die Neigung ein „Dreieck“-Symbol, da der Flächenprozentanteil der <111>-Kristallorientierung außerhalb des bevorzugten Bereichs der vorliegenden Erfindung lag.

[0075] In den Arbeitsbeispielen der vorliegenden Erfindung, die ferner die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, auf der Pd-Überzugschicht umfassen, wurde gezeigt, dass die hervorragende Keil-Bondfähigkeit erhalten werden kann, die durch die Tatsache bewirkt wird, dass die Schichtdicke der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, 0,0005 bis 0,050 µm ist.

[0076] In den Arbeitsbeispielen, in denen die Bonddrähte ferner wenigstens ein Element enthalten, das aus Ni, Ir, Pt und Pd ausgewählt wurde, wurde gezeigt, dass die Hochtemperaturzuverlässigkeit des kugelgebondeten Teils in der HTS-Beurteilung aufgrund der Tatsache vorteilhaft ist, dass die Konzentration jedes der Elemente außer Pd relativ zu dem Gesamtdraht 0,011 bis 1,2 Massen-% ist und die Konzentration von Pd, das in dem Cu-Legierungskernmaterial enthalten ist, 0,05 bis 1,2 Massen-% ist.

[0077] In den Arbeitsbeispielen, in denen die Bonddrähte ferner wenigstens ein Element enthalten, das aus B, P und Mg ausgewählt ist, war die eingedrückte Form des kugelgebondeten Teils vorteilhaft, was durch die Tatsache bewirkt wurde, dass die Konzentration jedes der Elemente relativ zu dem Gesamtdraht 1 bis 100 Massen-ppm war.

Patentansprüche

1. Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung, der aufweist:
ein Cu-Legierungskernmaterial; und
eine Pd-Überzugschicht, die auf einer Oberfläche des Cu-Legierungskernmaterials ausgebildet ist, wobei der Bonddraht Ge enthält, und
eine Konzentration von Ge relativ zu dem Gesamtdraht 0,011 bis 1,5 Massen-% beträgt.
2. Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei eine Dicke der Pd-Überzugschicht 0,015 bis 0,150 µm beträgt.
3. Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, der ferner eine Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, auf der Pd-Überzugschicht aufweist.

4. Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach Anspruch 3, wobei eine Dicke der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, 0,0005 bis 0,050 μm beträgt.

5. Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Bonddraht ferner wenigstens ein oder mehrere Elemente enthält, die aus Ni, Ir und Pt ausgewählt sind, und eine Konzentration jedes der Elemente relativ zu dem Gesamtdraht 0,011 bis 1,2 Massen-% beträgt.

6. Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Cu-Legierungskernmaterial Pd enthält, und eine Konzentration von Pd, das in dem Cu-Legierungskernmaterial enthalten ist, 0,05 bis 1,2 Massen-% beträgt.

7. Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Bonddraht ferner wenigstens ein Element aufweist, das aus B, P und Mg ausgewählt ist, und eine Konzentration jedes der Elemente relativ zu dem Gesamtdraht 1 bis 100 Massen-ppm beträgt.

8. Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei in einem Messergebnis, wenn Kristallorientierungen auf einer Oberfläche des Bonddrahts gemessen werden, eine Kristallorientierung $\langle 111 \rangle$ mit einem Winkel von 15 Grad oder weniger zu einer Längsrichtung ausgedrückt in Flächenprozent einen Anteil von 30 bis 100% an den Kristallorientierungen in der Längsrichtung des Bonddrahts hat.

9. Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei in einer äußersten Oberfläche des Bonddrahts Cu vorhanden ist.

Es folgen keine Zeichnungen