



(10) **DE 11 2015 006 616 B3** 2020.03.26

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **11 2015 006 616.0**

(22) Anmeldetag: **18.09.2015**

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **26.03.2020**

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

**H01L 21/60** (2006.01)

**H01B 5/02** (2006.01)

**H01R 4/02** (2006.01)

**C22F 1/08** (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).

(30) Unionspriorität:

**2015-106368**      **26.05.2015**      **JP**

**PCT/JP2015/066392**      **05.06.2015**      **JP**

(62) Teilung aus:

**11 2015 004 364.0**

(62) Teilung in:

**11 2015 007 265.9**

(73) Patentinhaber:

**Nippon Micrometal Corporation, Iruma-shi,  
Saitama, JP; NIPPON STEEL Chemical & Material  
Co., Ltd., Tokyo, JP**

(74) Vertreter:

**VOSSIUS & PARTNER Patentanwälte  
Rechtsanwälte mbB, 81675 München, DE**

(72) Erfinder:

**Yamada, Takashi, Iruma-shi, Saitama, JP; Oda,  
Daizo, Iruma-shi, Saitama, JP; Haibara, Teruo,  
Iruma-shi, Saitama, JP; Uno, Tomohiro, Tokyo, JP**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>US</b>	<b>2011 / 0 120 594</b>	<b>A1</b>
<b>JP</b>	<b>S61- 48 543</b>	<b>A</b>

(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 wenigstens ein oder mehrere erste Elemente enthält, die aus Sb, Bi und Se ausgewählt sind,

eine Konzentration der ersten Elemente insgesamt 0,1 Massen-ppm oder mehr und 100 Massen-ppm oder weniger relativ zu dem Gesamtdraht ist, und

Sb ≤ 10 Massen-ppm und Bi ≤ 1 Massen-ppm, und

der Bonddraht wenigstens ein oder mehrere zweite Elemente enthält, die aus Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga und Ge ausgewählt sind, und

eine Konzentration jedes der zweiten Elemente 0,011 Massen-% oder mehr und 1,2 Massen-% oder weniger relativ zu dem Gesamtdraht 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 Drähte.

## Hintergrundtechnik

**[0002]** 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), wird heutzutage ein dünner Draht mit einem Drahtdurchmesser von etwa 15 bis 50 µm verwendet. Für ein Bondverfahren mit Bonddraht wird im Allgemeinen ein Wärmedruck-Bondverfahren mit der Hilfe von Ultraschall, in dem eine allgemeine Bondvorrichtung, ein Kapillarwerkzeug, das zum Bonden durch Hindurchführen eines Bonddrahts verwendet wird, und ähnliches verwendet. Ein Bondverfahren eines Bonddrahts wird durch Heizen und Schmelzen einer Drahtspitze durch Bogenentladungswärme, die eingespeist wird, um durch Oberflächenspannung eine Kugel auszubilden (FAB: free air ball); Pressbonden des Kugelteils auf eine Elektrode der Halbleitervorrichtung, die auf einen Bereich von 150 bis 300°C geheizt wird (worauf hier nachstehend als „Kugelbonden“ Bezug genommen wird); Ausbilden einer Schleife; und schließlich Pressbonden eines Drahtteils auf eine Elektrode der äußeren Leitung (worauf hier nachstehend als Keilbonden (Wedge-Bonden) Bezug genommen wird) ausgeführt. Für die Elektrode auf der Halbleitervorrichtung als ein Objekt, das mit dem Bonddraht gebondet werden soll, wird eine Elektrodenstruktur verwendet, in der eine dünne Legierungsschicht, die hauptsächlich A1 enthält, auf einem Si-Substrat ausgebildet ist. Für die Elektrode der äußeren Leitung wird eine Elektrodenstruktur mit Ag-Beschichtung oder Pd-Beschichtung verwendet.

**[0003]** Wenngleich hauptsächlich Au als ein Material des Bonddrahts verwendet wurde, wird in der LSI-Verwendung (LSI: large scale integration) hauptsächlich ein Ersatz von Au mit Cu ausgeführt. Vor dem Hintergrund der starken Zunahme von Elektrofahrzeugen und Hybridfahrzeugen, nehmen Notwendigkeiten zum Ersetzen von Au mit Cu auch bei der Verwendung im Fahrzeug zu.

**[0004]** Was einen Cu-Bonddraht anbetrifft, wurde vorgeschlagen, einen Draht mit hochreinem Cu (Reinheit: 99,99 Massen-% oder mehr) (zum Beispiel JP S61- 048 543 A) zu verwenden. Cu hat den Nachteil, dass es empfindlicher für Oxidation als Au ist, und hat ein Problem 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, wurde eine Struktur vorgeschlagen, bei der eine Oberfläche des Cu-Kernmaterials mit einem Metall, wie etwa Au, Ag, Pt, Pd, Ni, Co, Cr und Ti beschichtet wird ((JP 2005- 167020 A). Es wurde auch eine Struktur vorgeschlagen, in der eine Oberfläche aus Cu-Kernmaterial mit Pd beschichtet wird und seine Oberfläche mit Au, Ag, Cu oder einer Legierung davon beschichtet wird (JP 2012- 36490 A).

**[0005]** Die US 2011 / 0 120 594 A1 offenbart einen Halbleiter-Bonddraht, der ein Kernelement, das hauptsächlich aus einer oder mehreren der folgenden Arten von Elementen besteht: Cu, Au und Ag, und eine Außenschicht aufweist, die auf dem Kernelement ausgebildet ist und hauptsächlich aus Pd besteht.

## Zusammenfassung der Erfindung

**[0006]** Problem, das durch die Erfindung gelöst werden soll

**[0007]** Im Vergleich zu allgemeinen elektronischen Vorrichtungen erfordern Vorrichtungen auf Fahrzeugen eine Verbindungszuverlässigkeit in einer harten Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung. Insbesondere ist eine Langlebigkeit der Verbindung eines kugelgebondeten Teils, der durch Bonden einer Drahtkugel mit einer Elektrode ausgebildet wird, von größter Wichtigkeit. Einige Verfahren werden entwickelt, um die Verbindungszuverlässigkeit in einer Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung auszuwerten, und ein repräsentatives Auswertungsverfahren umfasst einen hoch beschleunigten Temperatur- und Feuchtigkeitsbelastungstest (HAST) (ein Test des Aussetzens einer Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung). Wenn eine Verbindungszuverlässigkeit eines kugelgebondeten Teils durch HAST ausgewertet wird, wird ein kugelgebondeter Teil, der ausgewertet werden soll, einer Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung mit einer Temperatur 130°C und einer relativen Feuchtigkeit von 85% ausgesetzt, und dann wird die Langlebigkeit der Verbindung des kugelgebondeten Teils ausgewertet, indem zeitliche Änderungen in einem Widerstands-

wert des gebondeten Teils gemessen werden oder indem zeitliche Änderungen in der Scherfestigkeit des kugelgebondeten Teils gemessen werden. Es wurde in letzter Zeit eine Langlebigkeit der Verbindung beim HAST unter derartigen Verbindungen von 100 Stunden oder mehr gefordert.

**[0008]** Es wurde offenbart, dass die Verbindungslanglebigkeit des kugelgebondeten Teils in einem Fall, in dem herkömmlicher Cu-Bonddraht mit einer Pd-Überzugschicht verwendet wird, um einen Bond-Arbeitsgang mit einer reinen Al-Elektrode durchzuführen, bei dem das erste Bonden ein Kugelbonds und das zweite Bonden ein Keil-Bonds ist, woraufhin ein Dichtungsarbeitsgang mit einem Epoxidharz und Auswerten eines sich ergebenden kugelgebondeten Teils unter der vorstehend erwähnten HAST-Bedingung folgt, weniger als 100 Stunden sein kann und seine Verbindungszuverlässigkeit für Vorrichtungen im Fahrzeug nicht ausreicht.

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

#### Mittel zum Lösen des Problems

**[0010]** Erfindungsgemäß werden ein Bonddraht gemäß Anspruch 1 und ein Bonddraht gemäß Anspruch 2 angegeben. Die abhängigen Ansprüche definieren Ausführungsformen.

**[0011]** Die vorliegende Erfindung verwendet die folgenden Strukturen.

(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 wenigstens ein oder mehrere erste Elemente enthält, die aus Sb, Bi und Se ausgewählt sind, wobei eine Konzentration der ersten Elemente insgesamt 0,1 Massen-ppm oder mehr und 100 Massen-ppm oder weniger relativ zu dem Gesamtdraht ist, und  $Sb \leq 10$  Massen-ppm und  $Bi \leq 1$  Massen-ppm. Der Bonddraht enthält ferner wenigstens ein oder mehrere zweite Elemente, die aus Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga und Ge ausgewählt sind. Eine Konzentration jedes der zweiten Elemente beträgt 0,011 Massen-% oder mehr und 1,2 Massen-% oder weniger relativ zu dem Gesamtdraht.

(2) 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 wenigstens ein oder mehrere erste Elemente enthält, die aus Sb, Bi und Se ausgewählt sind, wobei, wenn der Bonddraht Sb enthält, eine Konzentration von Sb 2,2 Massen-ppm oder mehr und 10 Massen-ppm oder weniger relativ zu dem Gesamtdraht ist, wenn der Bonddraht Bi enthält, eine Konzentration von Bi 0,2 Massen-ppm oder mehr und 1 Massen-ppm oder weniger relativ zu dem Gesamtdraht ist, und wenn der Bonddraht Se enthält, eine Konzentration von Se 1,2 Massen-ppm oder mehr und 4,9 Massen-ppm oder weniger relativ zu dem Gesamtdraht ist.

(3) Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach (2), wobei der Bonddraht ferner wenigstens ein oder mehrere zweite Elemente enthält, die aus Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga und Ge ausgewählt sind, und eine Konzentration jedes der zweiten Elemente 0,011 Massen-% oder mehr und 1,2 Massen-% oder weniger relativ zu dem Gesamtdraht beträgt.

(4) Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem von (1) bis (3), wobei die Konzentration des wenigstens einen oder der mehreren ersten Elemente, die aus Sb, Bi und Se ausgewählt sind, insgesamt 1 Massen-ppm oder mehr und 100 Massen-ppm oder weniger relativ zu dem Gesamtdraht beträgt.

(5) Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem von (1) bis (4), wobei eine Dicke der Pd-Überzugschicht 0,015  $\mu\text{m}$  oder mehr und 0,150  $\mu\text{m}$  oder weniger beträgt.

(6) Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem von (1) bis (5), der ferner eine Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, auf der Pd-Überzugschicht aufweist.

(7) Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach (6), wobei eine Dicke der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, 0,0005  $\mu\text{m}$  oder mehr und 0,050  $\mu\text{m}$  oder weniger beträgt.

(8) Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem von (1) bis (7), wobei das Cu-Legierungskernmaterial Pd enthält, und eine Konzentration von Pd, das in dem Cu-Legierungskernmaterial enthalten ist, 0,05 Massen-% oder mehr und 1,2 Massen-% oder weniger relativ zu dem Gesamtdraht beträgt.

(9) Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem von (1) bis (8), wobei der Bonddraht ferner wenigstens ein oder mehrere dritte Elemente aufweist, die aus B, P, Mg, Ca und La ausgewählt sind, und

eine Konzentration jedes der dritten Elemente 1 Massen-ppm oder mehr und 100 Massen-ppm oder weniger relativ zu dem Gesamtdraht beträgt.

(10) Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem von (1) bis (9), 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 des einen Anteil von 30% oder mehr und 100% oder weniger hat.

(11) Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem von (1) bis (10), wobei an einer äußersten Oberfläche des Bonddrahts Cu vorhanden ist.

(12) Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem von (1) bis (11), wobei eine Konzentration von Sb 9,9 Massen-ppm oder weniger relativ zu dem Gesamtdraht beträgt.

#### Ergebnis der Erfindung

**[0012]** Die vorliegende Erfindung ist ein Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung, der ein Cu-Legierungskernmaterial und eine auf einer Oberfläche des Cu-Legierungskernmaterials ausgebildete Pd-Überzugschicht umfasst. Der Bonddraht nach einer Ausführungsform enthält wenigstens ein oder mehrere Elemente, die aus Sb, Bi und Se ausgewählt sind, in einer Menge von 0,1 bis 100 Massen-ppm, und dadurch erhöht die vorliegende Erfindung eine Verbindungslanglebigkeit eines kugelgebondeten Teils in einer Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung und kann die Verbindungszuverlässigkeit verbessern.

#### Ausführungsform zum Ausführen der Erfindung

**[0013]** Der Bonddraht der vorliegenden Erfindung ist ein Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung, der ein Cu-Legierungskernmaterial und eine Pd-Überzugschicht, die auf einer Oberfläche des Cu-Legierungskernmaterials ausgebildet ist, umfasst, wobei der Bonddraht nach einer Ausführungsform wenigstens ein oder mehrere Elemente, die aus Sb, Bi und Se ausgewählt sind, in einer Gesamtmenge von 0,1 bis 100 Massen-ppm enthält. Der Bonddraht der vorliegenden Erfindung mit dem spezifischen Aufbau kann die Verbindungszuverlässigkeit eines kugelgebondeten Teils in einer Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung, die für Vorrichtungen im Fahrzeug erforderlich ist, verbessern.

**[0014]** Wenngleich nachstehend Details beschrieben werden, wird, wenn eine Kugel unter Verwendung des Bonddrahts der vorliegenden Erfindung durch Bogenentladung ausgebildet wird, während des Verfahrens, wenn der Bonddraht schmilzt und sich verfestigt, eine Legierungsschicht mit einer höheren Pd-Konzentration als ein Inneres der Kugel in einer Oberfläche der Kugel ausgebildet. Eine derartige Kugel wird verwendet, um mit einer Al-Elektrode zu verbinden, und ein Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitstest, der zulässt, dass Pd an einer Bond-Grenzfläche konzentriert wird, wird durchgeführt. Eine konzentrierte Schicht, die durch das konzentrierte Pd ausgebildet wird, kann eine Diffusion von Cu und Al an einer Bond-Grenzfläche während des Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitstests verringern und kann eine Wachstumsrate einer korrodierbaren Verbindung verringern. Sie ist somit fähig, die Verbindungszuverlässigkeit eines kugelgebondeten Teils in einer Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung erheblich zu verbessern.

**[0015]** Die auf einer Oberfläche der Kugel ausgebildete Legierungsschicht mit einer hohen Pd-Konzentration hat eine hervorragende Oxidationsbeständigkeit und kann dadurch Fehler, wie etwa eine Abweichung einer Kugelausbildungsposition relativ zu einer Mitte des Bonddrahts zur Zeit der Kugelausbildung verringern.

**[0016]** Um angesichts der Erhöhung der Verbindungslanglebigkeit eines kugelgebondeten Teils in einer Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung mit einer Temperatur von 130°C und einer relativen Feuchtigkeit von 85% die Verbindungszuverlässigkeit zu verbessern, beträgt die Konzentration des wenigstens einen oder der mehreren Elemente, die aus Sb, Bi und Se ausgewählt werden, insgesamt relativ zu dem gesamten Bonddraht 0,1 Massen-ppm oder mehr, vorzugsweise 0,5 Massen-ppm oder mehr, besser 1 Massen-ppm oder mehr und ferner vorzugsweise 1,5 Massen-ppm oder mehr, 2 Massen-ppm oder mehr, 2,5 Massen-ppm oder mehr oder 3 Massen-ppm oder mehr.

**[0017]** Ein Formharz (ein Epoxidharz) als ein Gehäuse einer Halbleitervorrichtung enthält Chlor (Cl) in seinem Molekulargerüst. In einer Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung mit einer Temperatur von 130°C und einer relativen Feuchtigkeit von 85% als eine HAST-Auswertungsbedingung hydrolysiert und löst sich Cl in dem Molekulargerüst als ein Chlorion (Cl<sup>-</sup>). Wenn in einem Fall, in dem ein Cu-Bonddraht ohne Überzugschicht an eine Al-Elektrode gebondet ist, eine Cu/Al-Bond-Grenzfläche in einer hohen Temperatur angeordnet wird, diffundieren Cu und Al wechselseitig und schließlich wird Cu<sub>9</sub>Al<sub>4</sub> als eine intermetallische Verbindung

ausgebildet.  $\text{Cu}_9\text{Al}_4$  ist anfällig für eine Korrosion durch ein Halogen und erfährt durch Chlorid, das aus dem Formharz gelöst wird, eine Korrosion, was zu einer Verschlechterung in der Verbindungszuverlässigkeit führt. In einem Fall, in dem ein Cu-Draht eine Pd-Überzugschicht hat, hat eine Bond-Grenzfläche zwischen dem Pd-beschichteten Cu-Draht und der Al-Elektrode eine Struktur einer Cu/Pd-konzentrierten Schicht/Al, wodurch eine Bildung der intermetallischen  $\text{Cu}_9\text{Al}_4$ -Verbindung im Vergleich zu einem Fall des Cu-Drahts ohne Überzugschicht verringert wird, aber ihre Verbindungszuverlässigkeit in einer Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung, die für Vorrichtungen im Fahrzeug erforderlich ist, ist immer noch unzureichend.

**[0018]** Im Gegensatz dazu wird überlegt, dass, wenn ein Pd-beschichteter Cu-Bonddraht wenigstens ein oder mehrere Elemente, die aus Sb, Bi und Se ausgewählt sind, wobei optional As, Te, Sn vorhanden sein können, wie in der vorliegenden Erfindung in einer gewissen Menge enthält, eine Bildung einer intermetallischen  $\text{Cu}_9\text{Al}_4$ -Verbindung in dem gebondeten Teil dazu neigt, weiter verringert zu werden. Wenn in einem Fall, in dem diese Elemente in einer gewissen Menge enthalten sind, eine Kugel ausgebildet wird, nimmt die Zwischenflächenspannung zwischen Cu des Kernmaterials und Pd der Überzugschicht ab, und dann verbessert sich die Zwischenflächenbenetzbarkeit, was zulässt, dass Pd in einer kugelgebondeten Grenzfläche erheblicher konzentriert wird. Es kann somit geschätzt werden, dass eine Wirkung der Verringerung einer wechselseitigen Diffusion von Cu und Al durch die Pd-konzentrierte Schicht ferner verbessert wird, und als ein Ergebnis davon eine Bildung von  $\text{Cu}_9\text{Al}_4$ , das durch die Wirkung von Cl wahrscheinlich korrodiert, verringert wird, und dann die Verbindungszuverlässigkeit des kugelgebondeten Teils in einer Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung sich erheblich verbessert.

**[0019]** Wenn in der vorliegenden Erfindung, die ein Cu-Legierungskernmaterial, eine Pd-Überzugschicht auf der Oberfläche des Cu-Legierungskernmaterials und ferner nach Bedarf eine Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, auf ihrer Oberfläche umfasst, wie nachstehend beschrieben eine Diffusionswärmebehandlung oder Temperwärmebehandlung durchgeführt wird, diffundiert durch Korngrenzendiffusion oder ähnliches Cu des Kernmaterials durch die Überzugschicht und die Legierungshautschicht, wodurch ermöglicht wird, dass Cu eine äußerste Oberfläche des Drahts erreicht und zugelassen wird, dass in der äußersten Oberfläche Cu vorhanden ist. Folglich kann in der vorliegenden Erfindung Cu an einer äußersten Oberfläche des Bonddrahts vorhanden sein.

**[0020]** Wenn in einem Fall, in dem ein Pd-beschichteter Bonddraht Sb, Bi und Se in einer gewissen Menge enthält, wobei optional As, Te, Sn vorhanden sein können, ferner Cu in einer äußersten Oberfläche des Bonddrahts vorhanden ist, neigt die Bildung der intermetallischen  $\text{Cu}_9\text{Al}_4$ -Verbindung in einem gebondeten Teil dazu, weiter verringert zu werden. Wenn in dem Pd-beschichteten Cu-Bonddraht, der Sb, Bi und Se in einer gewissen Menge enthält, wobei optional As, Te, Sn vorhanden sein können, ferner Cu an einer äußersten Oberfläche des Bonddrahts vorhanden ist, fördert die Wechselwirkung zwischen As, Te, Sn, Sb, Bi und Se und Cu, die in dem Bonddraht enthalten sind, ein Konzentrationsverhalten von Pd auf einer Oberfläche einer FAB während der Ausbildung der FAB, was zulässt, dass Pd in einer erheblicheren Konzentration in einer kugelgebondeten Grenzfläche konzentriert wird. Es kann somit geschätzt werden, dass eine Wirkung der Verringerung einer wechselseitigen Diffusion von Cu und Al durch die konzentrierte Pd-Schicht weiter verbessert wird und als ein Ergebnis davon eine Bildungsmenge von  $\text{Cu}_9\text{Al}_4$ , das durch die Wirkung von Cl wahrscheinlich korrodiert, verringert wird, und sich dann die Verbindungszuverlässigkeit des kugelgebondeten Teils in einer Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung erheblich verbessert.

**[0021]** Wenn eine Oberfläche des Bonddrahts durch eine Auger-Elektronenspektroskopievorrichtung gemessen wird und wenn auf der Oberfläche Cu erfasst wird, kann bestimmt werden, dass Cu an der äußersten Oberfläche vorhanden ist, und die vorstehende Wirkung kann gezeigt werden. Außerdem wird aufgrund dessen, dass eine Verbesserungswirkung der Verbindungszuverlässigkeit eines kugelgebondeten Teils in einer Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung sicher gezeigt werden kann, bevorzugt, dass eine Konzentration von Cu 1 At-% oder mehr relativ zu metallischen Elementen, die die äußerste Oberfläche des Bonddrahts bilden, beträgt. Angesichts der weiteren Verbesserung der Verbindungszuverlässigkeit eines kugelgebondeten Teils in einer Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung beträgt eine Konzentration von Cu relativ zu metallischen Elementen, die die äußerste Oberfläche des Bonddrahts bilden, vorzugsweise 1,5 At-% oder mehr und ferner vorzugsweise 2 At-% oder mehr, 2,5 At-% oder mehr oder 3 At-% oder mehr. Angesichts der Verringerung der Verschlechterung der Oxidationsbeständigkeit und der Schwefelbeständigkeit der Drahtoberfläche, was die Haltbarkeit des Bonddrahts verschlechtert, beträgt eine Konzentration von Cu relativ zu metallischen Elementen, die die äußerste Oberfläche des Bonddrahts bilden, vorzugsweise 50 At-% oder weniger, besser 45 At-% oder weniger und ferner bevorzugt 40 At-% oder weniger, 35 At-% oder weniger oder 30 At-% oder weniger.

**[0022]** Die Wirkung aufgrund des Vorhandenseins von Cu auf einer Oberfläche neigt dazu, dass sie sich zeigt, wenn eine Reinheit von Cu des Kernmaterials gering ist (zum Beispiel 3N oder weniger) und neigt insbesondere dazu, sich erheblicher zu zeigen, wenn die Reinheit von Cu 2N oder weniger ist.

**[0023]** Die Wirkung der Verbesserung der Verbindungszuverlässigkeit eines kugelgebondeten Teils in einer Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung aufgrund des Vorhandenseins von Cu in einer äußersten Oberfläche des Bonddrahts ist einzigartig für den Bonddraht der vorliegenden Erfindung, der Bi und Se in einer gewissen Menge enthält, wobei optional As, Te, Sn vorhanden sein können. Ein allgemeiner Pdbeschichteter Cu-Bonddraht, der keines dieser Elemente enthält, erreicht in einer Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung nicht die Verbesserungswirkung in der Verbindungszuverlässigkeit eines kugelgebondeten Teils wie in der vorliegenden Erfindung. Im Gegensatz dazu verschlechtert das Vorhandensein von Cu an der äußersten Oberfläche des Bonddrahts die Oxidationsbeständigkeit und die Schwefelbeständigkeit der Drahtoberflächen und verringert die Haltbarkeit des Bonddrahts in dem allgemeinen Pd-beschichteten Cu-Bonddraht, der keines dieser Elemente enthält. Außerdem tritt häufig eine Exzentrizität der FAB auf und eine Kugelform wird wahrscheinlich verschlechtert. Außerdem neigt die Keil-Bondfähigkeit dazu, sich zu verschlechtern.

**[0024]** In dem Bonddraht der vorliegenden Erfindung erscheint die Wirkung aufgrund des Vorhandenseins von Cu an einer äußersten Oberfläche des Bonddrahts sowohl in einem Fall, in dem eine Pd-Überzugschicht eine äußerste Oberfläche ist, als auch einem Fall, in dem eine Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, eine äußerste Oberfläche ist.

**[0025]** Die äußerste Oberfläche bezieht sich auf eine Region der Oberfläche des Bonddrahts, die durch eine Auger-Elektronenspektroskopievorrichtung gemessen werden soll, ohne Sputtern der ähnliches durchzuführen.

**[0026]** Angesichts der Gewinnung der vorteilhaften FAB-Form und daher der Gewinnung einer vorteilhaften Kugelbondfähigkeit beträgt eine Konzentration der Elemente insgesamt in dem Draht 100 Massen-ppm oder weniger, vorzugsweise 95 Massen-ppm oder weniger, 90 Massen-ppm oder weniger, 85 Massen-ppm oder weniger, 85 Massen-ppm oder weniger, 80 Massen-ppm oder weniger. Wenn eine Konzentration von Sn oder Sb 10 Massen-% überschreitet oder wenn eine Konzentration von Bi 1 Massen-ppm überschreitet, wird eine FAB-Form fehlerhaft. Es wird daher zur weiteren Verbesserung einer FAB-Form bevorzugt, dass  $\text{Sn} \leq 10$  Massen-ppm,  $\text{Sb} \leq 10$  Massen-ppm, und  $\text{Bi} \leq 1$  Massen-ppm. Außerdem ist eine Konzentration von Se von 4,9 Massen-ppm oder weniger in der Hinsicht vorteilhafter, dass eine FAB-Form und eine Keil-Bondfähigkeit sich weiter verbessern können.

**[0027]** Was den Zusatz von Sb, Bi und Se in einen Bonddraht anbetrifft, wobei optional As, Te, Sn vorhanden sein können, kann die Wirkung der Erfindung gezeigt werden, indem sowohl ein Verfahren zum Hinzufügen dieser Elemente in ein Cu-Kernmaterial als auch ein Verfahren zum Hinzufügen dieser Elemente darin, indem diese Elemente auf einem Cu-Kernmaterial oder einer Oberfläche des Drahts abgeschieden werden, verwendet werden. Eine Menge dieser Elemente, die hinzugefügt werden soll, ist winzig und lässt eine große Vielfalt an Verfahren zum Zusetzen zu, und die Wirkung zeigt sich durch jedes Zusetzverfahren, solange die Komponenten in dem vorgesehen Konzentrationsbereich enthalten sind.

**[0028]** In dem Bonddraht der vorliegenden Erfindung beträgt eine Dicke der Pd-Überzugschicht angesichts der weiteren Verbesserung der Verbindungszuverlässigkeit eines kugelgebondeten Teils in einer Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung, die für Vorrichtungen im Fahrzeug erforderlich ist, vorzugsweise 0,015  $\mu\text{m}$  oder mehr, besser 0,02  $\mu\text{m}$  oder mehr, noch besser 0,025  $\mu\text{m}$  oder mehr, 0,03  $\mu\text{m}$  oder mehr, 0,035  $\mu\text{m}$  oder mehr, 0,04  $\mu\text{m}$  oder mehr, 0,045  $\mu\text{m}$  oder mehr oder 0,05  $\mu\text{m}$  oder mehr. Angesichts der Gewinnung einer vorteilhaften FAB-Form beträgt eine Dicke der Pd-Überzugschicht vorzugsweise 0,150  $\mu\text{m}$  oder weniger, besser 0,140  $\mu\text{m}$  oder weniger, 0,130  $\mu\text{m}$  oder weniger, 0,120  $\mu\text{m}$  oder weniger, 0,110  $\mu\text{m}$  oder weniger oder 0,100  $\mu\text{m}$  oder weniger.

**[0029]** Die Definition des Cu-Legierungskernmaterials und der Pd-Überzugschicht des Bonddrahts werden beschrieben. Eine Grenze zwischen dem Cu-Legierungskernmaterial und der Pd-Überzugschicht wurde basierend auf einer Konzentration von Pd bestimmt. Die Grenze wurde derart festgelegt, dass sie eine Position ist, an der eine Konzentration von Pd 50 At-% war, und eine Region, in der eine Konzentration von Pd 50 At-% oder mehr war, wurde als die Pd-Überzugschicht bestimmt, und eine Konzentration, in der eine Konzentration von Pd kleiner als 50 At-% war, wurde als das Cu-Legierungskernmaterial bestimmt. Dies liegt daran, dass, wenn eine Konzentration von Pd in der Pd-Überzugschicht 50 At-% oder mehr beträgt, aus der Struktur der Pd-Überzugschicht eine Wirkung der Verbesserung der Charakteristiken erwartet werden kann. Die Pd-Über-

zugschicht kann eine Region einer einzigen Pd-Schicht und eine Region mit Konzentrationsgradienten von Pd und Cu in einer Drahttiefenrichtung enthalten. Der Grund, warum die Region mit den Konzentrationsgradienten in der Pd-Überzugschicht ausgebildet ist, ist dass Atome von Pd und Cu durch eine Wärmebehandlung oder ähnliches in einem Herstellungsverfahren diffundieren können. In der vorliegenden Erfindung bezieht sich der Konzentrationsgradient auf die Tatsache, dass ein Änderungsgrad der Konzentration in der Tiefenrichtung pro  $0,1 \mu\text{m}$  10 Mol-% oder mehr beträgt. Außerdem kann die Pd-Überzugschicht unvermeidbare Verunreinigungen enthalten.

**[0030]** Der Bonddraht der vorliegenden Erfindung kann ferner eine Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, auf einer Oberfläche der Pd-Überzugschicht enthalten. Mit diesem Aufbau kann der Bonddraht der vorliegenden Erfindung ferner die Verbindungszuverlässigkeit erhöhen und kann die Keil-Bondfähigkeit verbessern.

**[0031]** Es wird die Definition der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, des Bonddrahts beschrieben. Eine Grenze zwischen der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, und der Pd-Überzugschicht wurde basierend auf einer Konzentration von Au bestimmt. Die Grenze wurde derart festgelegt, dass eine Position, an der eine Konzentration von Au 10 At-% war, und eine Region, in der eine Konzentration von Au 10 At-% oder mehr war, wurde als die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, bestimmt, und eine Region, in der eine Konzentration von Au weniger als 10 At-% war, wurde als die Pd-Überzugschicht bestimmt. Selbst in der Region, in der eine Konzentration von Pd 50 At-% oder mehr war, wurde eine Region, in der Au mit 10 At-% oder mehr vorhanden war, als die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, bestimmt. Diese Bestimmungen liegen daran, dass, wenn eine Konzentration von Au in den vorstehend erwähnten Bereich fällt, eine Verbesserungswirkung der Charakteristiken aus der Struktur der Au-Hautschicht erwartet werden kann. Die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, ist eine Au-Pd-Legierung und umfasst sowohl einen Fall, in dem sie eine Region mit Konzentrationsgradienten von Au und Pd in der Drahttiefenrichtung enthält, als auch einen Fall, in dem sie die Region mit den Konzentrationsgradienten nicht enthält. Es wird bevorzugt, dass die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, die Region mit den Konzentrationsgradienten enthält. Der Grund dafür, 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.

**[0032]** In dem Bonddraht der vorliegenden Erfindung reagiert die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, mit der Pd-Überzugschicht, um die Haftfestigkeit zwischen der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, der Pd-Überzugschicht und dem Cu-Legierungskernmaterial zu verbessern und zu verhindern, dass die Pd-Überzugschicht und die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthalten, zur Zeit des Keil-Bondens abblättern. Folglich kann der Bonddraht der vorliegenden Erfindung die Keil-Bondfähigkeit verbessern. Angesichts der Gewinnung einer günstigen Keil-Bondfähigkeit beträgt eine Dicke der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, vorzugsweise  $0,0005 \mu\text{m}$  oder mehr, und besser  $0,001 \mu\text{m}$  oder mehr,  $0,002 \mu\text{m}$  oder mehr oder  $0,003 \mu\text{m}$  oder mehr. Angesichts der Verringerung der Exzentrizität, um eine vorteilhafte FAB-Form zu erreichen, beträgt eine Dicke der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, vorzugsweise  $0,050 \mu\text{m}$  oder weniger und besser  $0,045 \mu\text{m}$  oder weniger,  $0,040 \mu\text{m}$  oder weniger,  $0,035 \mu\text{m}$  oder weniger oder  $0,030 \mu\text{m}$  oder weniger. Die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, kann durch ein Verfahren ähnlich dem der Pd-Überzugschicht ausgebildet werden.

**[0033]** Ein Formharz (ein Epoxidharz) als ein Gehäuse einer Halbleitervorrichtung enthält einen Silanhaftvermittler. Der Silanhaftvermittler hat eine Funktion zur Verbesserung der Haftfähigkeit zwischen organischer Materie (Harz) und anorganischer Materie (Silizium oder Metall) und kann dadurch die Haftfähigkeit mit einem Siliziumsubstrat oder Metall verbessern. In einem Fall, in dem eine höhere Haftfähigkeit erforderlich ist, wie etwa einem Fall von Halbleitern im Fahrzeug, die eine Zuverlässigkeit bei höheren Temperaturen erfordern, wird ein „Schwefel-enthaltender Silanhaftvermittler“ darin zugesetzt. Schwefel, der in dem Formharz enthalten ist, wird bei etwa  $130^\circ\text{C}$  als einer Temperaturbedingung von HAST nicht freigesetzt, wird aber freigesetzt, wenn es unter einer Bedingung von  $175^\circ\text{C}$  oder mehr, z.B.  $175^\circ\text{C}$  bis  $200^\circ\text{C}$  verwendet wird. Wenn Schwefel, der bei einer hohen Temperatur von  $175^\circ\text{C}$  oder mehr freigesetzt wird, in Kontakt mit Cu kommt, korrodiert Cu spürbar, um ein Sulfid ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) oder ein Oxid ( $\text{CuO}$ ) zu erzeugen. Wenn die Korrosion von Cu in einer Halbleitervorrichtung, die Cu-Bonddraht verwendet, auftritt, verschlechtert sich eine Verbindungszuverlässigkeit, insbesondere eines kugelgebondeten Teils.

**[0034]** Als ein Mittel zum Auswerten einer Verbindungszuverlässigkeit des kugelgebondeten Teils in einer Hochtemperaturumgebung bei  $170^\circ\text{C}$  oder mehr wird ein Hochtemperaturlagertest (HTS) (ein Hochtemperaturhaltbarkeitstest) durchgeführt. Für eine Probe, die ausgewertet werden soll, die einer Hochtemperaturum-

gebung ausgesetzt wurde, wird eine Verbindungslanglebigkeit eines kugelgebondeten Teils durch Messen von zeitlichen Änderungen in einem Widerstandswert des kugelgebondeten Teils oder durch Messen zeitlicher Änderungen in der Scherfestigkeit des kugelgebondeten Teils ausgewertet. Für Halbleitervorrichtungen im Fahrzeug ist eine Verbesserung der Verbindungszuverlässigkeit des kugelgebondeten Teils im HTS von 175°C bis 200°C erforderlich.

**[0035]** Es wird bevorzugt, dass der Bonddraht der vorliegenden Erfindung ferner wenigstens ein oder mehrere Elemente enthält, die aus Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga und Ge ausgewählt werden, und eine Konzentration jedes der Elemente 0,011 bis 1,2 Massen-% relativ zu dem Gesamtdraht ist. Wenn der Bonddraht der vorliegenden Erfindung ferner diese Elemente enthält, ist er fähig, die Leistung im HTS bei 175°C oder mehr der Verbindungszuverlässigkeit des kugelgebondeten Teils in einer Hochtemperaturumgebung zu verbessern. Angesichts der Verbesserung der Verbindungszuverlässigkeit eines kugelgebondeten Teils in einer Hochtemperaturumgebung (insbesondere der Leistung im HTS bei 175°C oder mehr) beträgt eine Konzentration jedes der Elemente relativ zu dem Gesamtdraht vorzugsweise 0,011 Massen-% oder mehr, besser 0,020 Massen-% oder mehr und noch besser 0,030 Massen-% oder mehr, 0,050 Massen-% oder mehr, 0,070 Massen-% oder mehr, 0,090 Massen-% oder mehr oder 0,10 Massen-% oder mehr, 0,15 Massen-% oder mehr oder 0,20 Massen-% oder mehr. Angesichts der Gewinnung einer vorteilhaften FAB-Form und angesichts der Verringerung der Härtung des Bonddrahts, um die Verschlechterung der Keil-Bondfähigkeit zu verringern, beträgt eine Konzentration jedes der Elemente relativ zu dem Gesamtdraht vorzugsweise 1,2 Massen-% oder weniger und besser 1,1 Massen-% oder weniger. Wenn der Bonddraht der vorliegenden Erfindung mehrere Elemente enthält, die aus Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga und Ge ausgewählt sind, ist eine Konzentration dieser Elemente insgesamt vorzugsweise 0,011 bis 2,2 Massen-% relativ zu dem Gesamtdraht. Angesichts der Verbesserung der Verbindungszuverlässigkeit eines kugelgebondeten Teils in einer Hochtemperaturumgebung (insbesondere der Leistung beim HTS bei 175°C oder mehr) beträgt eine Konzentration der Elemente insgesamt relativ zu dem Gesamtdraht vorzugsweise 0,011 Massen-% oder mehr, besser 0,020 Massen-% oder mehr und noch besser 0,030 Massen-% oder mehr, 0,050 Massen-% oder mehr, 0,070 Massen-% oder mehr, 0,090 Massen-% oder mehr, 0,10 Massen-% oder mehr, 0,15 Massen-% oder mehr oder 0,20 Massen-% oder mehr. Angesichts der Gewinnung einer vorteilhaften FAB-Form und angesichts der Verringerung der Härtung des Bonddrahts, um die Verschlechterung der Keil-Bondfähigkeit zu verringern, beträgt eine Konzentration der Elemente insgesamt relativ zu dem Gesamtdraht vorzugsweise 2,5 Massen-% oder weniger, 1,8 Massen-% oder weniger oder 1,6 Massen-% oder weniger.

**[0036]** In dem Bonddraht der vorliegenden Erfindung wird auch bevorzugt, dass das Cu-Legierungskernmaterial Pd enthält und eine Konzentration von Pd, die in dem Cu-Legierungskernmaterial enthalten ist, 0,05 bis 1,2 Massen-% beträgt. Mit diesem Aufbau kann ein Ergebnis erhalten werden, das ähnlich dem Fall ist, der Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga und Ge enthält. In dem Bonddraht der vorliegenden Erfindung beträgt eine Konzentration von Pd, die in dem Cu-Legierungskernmaterial enthalten ist, angesichts der Verbesserung der Verbindungszuverlässigkeit eines kugelgebondeten Teils in einer Hochtemperaturumgebung (insbesondere der Leistung im HTS bei 175°C oder mehr) vorzugsweise 0,05 Massen-% oder mehr, 0,1 Massen-% oder mehr, 0,2 Massen-% oder mehr, 0,3 Massen-% oder mehr, 0,4 Massen-% oder mehr oder 0,5 Massen-% oder mehr. Angesichts der Gewinnung einer vorteilhaften FAB-Form und angesichts der Verringerung der Härtung des Bonddrahts, beträgt eine Konzentration von Pd, die in dem Cu-Legierungskernmaterial enthalten ist, um die Verschlechterung der Keil-Bondfähigkeit zu verringern, vorzugsweise 1,2 Massen-% oder weniger und besser 1,1 Massen-% oder weniger. Wenn der Bonddraht der vorliegenden Erfindung Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga und Pd in dem vorstehend erwähnten Mengenbereich enthält, kann er eine Schleifenausbildungsfähigkeit verbessern, das heißt, kann ein Neigen, das für die hochdichte Montage ein Problem wird, verringern. Dies liegt daran, dass eine Streckgrenze eines Bonddrahts zunimmt und eine Verformung des Bonddrahts verringert werden kann, wenn der Bonddraht diese Elemente enthält. Beispiele für ein Verfahren zur Bestimmung einer Konzentration von Pd, das in dem Cu-Legierungskernmaterial enthalten ist, aus einem Bonddrahtprodukt umfassen ein Verfahren, das einen Querschnitt eines Bonddrahts freilegt und eine Konzentrationsanalyse einer Region des Cu-Legierungskernmaterials durchführt, und ein Verfahren, das eine Konzentrationsanalyse einer Region des Cu-Legierungskernmaterials durchführt, während der Bonddraht von seiner Oberfläche durch Sputtern oder ähnliches in einer Tiefenrichtung abgetragen wird. Wenn das Cu-Legierungskernmaterial eine Region mit einem Konzentrationsgradienten von Pd enthält, kann zum Beispiel eine Linienanalyse an einem Querschnitt des Bonddrahts durchgeführt werden, und eine Konzentrationsanalyse kann an einer Region, die keinen Konzentrationsgradienten von Pd hat (eine Region, bei der ein Änderungsgrad in der Pd-Konzentration in der Tiefenrichtung zum Beispiel weniger als 10 Mol-% pro 0,1 µm beträgt), durchgeführt werden. Ein Verfahren zur Konzentrationsanalyse wird nachstehend beschrieben.



**[0037]** Durch das Aufnehmen von Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga, Ge und Pd in der Menge des vorstehend erwähnten Bereichs kann der Bonddraht der vorliegenden Erfindung ferner die Langlebigkeit der Verbindung eines kugelgebondeten Teils in einer Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung mit einer Temperatur von 130°C und einer relativen Feuchtigkeit von 85% weiter verbessern. Es wird überlegt, dass, wenn der Bonddraht der vorliegenden Erfindung ferner Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga, Ge und Pd in einer gewissen Menge enthält, die Bildung einer intermetallischen  $\text{Cu}_9\text{Al}_4$ -Verbindung dazu neigt, weiter verringert zu werden. Wenn diese Elemente ferner enthalten sind, nimmt die Zwischenflächenspannung zwischen Cu des Kernmaterials und Pd der Überzugschicht weiter ab, und ein Konzentrationsverhalten von Pd in der kugelgebondeten Grenzfläche erscheint ausgeprägter. Es kann somit geschätzt werden, dass eine Wirkung der Verringerung einer wechselseitigen Diffusion von Cu und Al durch die Pd-konzentrierte Schicht weiter verbessert wird, und als ein Ergebnis davon eine Ausbildungsmenge von  $\text{Cu}_9\text{Al}_4$ , das wahrscheinlich durch die Wirkung von Cl korrodiert, erheblich verringert wird und sich dann die Zuverlässigkeit des kugelgebondeten Teils in einer Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung weiter verbessert.

**[0038]** Es wird bevorzugt, dass der Bonddraht der vorliegenden Erfindung ferner wenigstens ein oder mehrere der Elemente enthält, die aus B, P, Mg, Ca und La ausgewählt werden, und dass eine Konzentration jedes der Elemente 1 bis 100 Massen-ppm relativ zu dem Gesamtdraht ist. Mit diesem Aufbau kann eine eingedrückte Form eines kugelgebondeten Teils, die für die hochdichte Montage erforderlich ist, verbessert werden, das heißt, es kann eine Kreisförmigkeit der Form eines kugelgebondeten Teils verbessert werden. Es wird überlegt, dass dies daran liegt, dass ein Zusetzen der Elemente zulassen kann, dass eine Größe eines Kristallkorns in der Kugel fein ist und die Verformung der Kugel verringern kann. Angesichts der Verbesserung der eingedrückten Form eines kugelgebondeten Teils, das heißt, der Verbesserung der Kreisförmigkeit der Form des kugelgebondeten Teils, beträgt eine Konzentration jedes der Elemente relativ zu dem Gesamtdraht vorzugsweise 1 Massen-ppm oder mehr, besser 2 Massen-ppm oder mehr, 3 Massen-ppm oder mehr, 4 Massen-ppm oder mehr oder 5 Massen-ppm oder mehr. Angesichts der Verringerung der Härtung der Kugel und der Verringerung des Chip-Schadens zur Zeit des Kugelbondens beträgt eine Konzentration jedes der Elemente relativ zu dem Gesamtdraht vorzugsweise 100 Massen-ppm oder weniger und besser 95 Massen-ppm oder weniger, 90 Massen-ppm oder weniger, 85 Massen-ppm oder weniger oder 80 Massen-ppm oder weniger. Wenn der Bonddraht der vorliegenden Erfindung mehrere Elemente enthält, die aus B, P, Mg, Ca und La ausgewählt werden, beträgt eine Konzentration dieser Elemente insgesamt vorzugsweise 1 bis 100 Massen-ppm relativ zu dem Gesamtdraht. Angesichts der Verbesserung der eingedrückten Form eines kugelgebondeten Teils, das heißt, der Verbesserung der Kreisförmigkeit eines kugelgebondeten Teils, beträgt eine Konzentration der Elemente insgesamt relativ zu dem Gesamtdraht vorzugsweise 1 Massen-ppm oder mehr und besser 2 Massen-ppm oder mehr, 3 Massen-ppm oder mehr, 4 Massen-ppm oder mehr oder 5 Massen-ppm oder mehr. Angesichts der Verringerung der Härtung der Kugel und der Verringerung der Chipbeschädigung zur Zeit des Kugelbondens beträgt eine Konzentration der Elemente insgesamt relativ zu dem Gesamtdraht vorzugsweise 90 Massen-ppm oder weniger, 80 Massen-ppm oder weniger oder 70 Massen-ppm oder weniger.

**[0039]** Für eine Konzentrationsanalyse der Pd-Überzugschicht und der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, und eine Konzentrationsanalyse von Pd in dem Cu-Legierungskernmaterial sind ein Verfahren zur Durchführung einer Analyse, während der Bonddraht von seiner Oberfläche in der Tiefenrichtung durch Sputtern oder ähnliches abgetragen wird, oder ein Verfahren zum Freilegen eines Querschnitts des Drahts und Durchführen einer Linienanalyse, einer Punktanalyse oder ähnliches daran wirksam. Als ein Analysator, der für eine derartige Konzentrationsanalyse verwendet wird, können eine Auger-Elektronenspektroskopievorrichtung, die in einem Rasterelektronenmikroskop oder einem Transmissionselektronenmikroskop installiert ist, ein energiedispersiver Röntgenstrahlanalysator und ein Elektronensondenmikroanalysator, etc. angewendet werden. Als ein Verfahren zum Freilegen eines Drahtquerschnitts können ein mechanisches Polieren, ein Ionenätzen, etc. angewendet werden. Für eine Mikroanalyse von As, Te, Sn, Sb, Bi, Se, Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga, Ge, B, P, Mg, Ca und La in dem Bonddraht wird eine Lösung, die durch Auflösen des Bonddrahts mit einer starken Säure erhalten wird, unter Verwendung eines ICP-Emissionsspektrometers oder eines ICP-Massenspektrometers analysiert, wodurch die Erfassung als die Konzentrationen von Elementen, die in dem gesamten Bonddraht enthalten sind, ermöglicht wird.

**[0040]** In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hat eine Kristallorientierung  $\langle 111 \rangle$  im Winkel von 15 Grad oder weniger zu einer Längsrichtung des Bonddrahts in Form eines Flächenprozentsatzes in einem Messergebnis beim Messen von Kristallorientierungen auf einer Oberfläche des Bonddrahts einen Anteil von 30 bis 100%. Die Ausführungsform kann eine Schleifenausbildungsfähigkeit verbessern, das heißt, eine Schleifengeradlinigkeit, die für die hochdichte Montage erforderlich ist, verbessern und Schwankungen in der Schleifenhöhe verringern. Dies liegt daran, dass, wenn eine Oberflächenkristallorientierung ausgerichtet

ist, der Bonddraht widerstandsfähig gegen seitliche Verformung ist und seine seitliche Verformung verringert wird und somit Neigungsfehler verringert werden können.

**[0041]** Angesichts der Verringerung der Neigungsfehler hat die vorstehend erwähnte Kristallorientierung  $\langle 111 \rangle$  in Form eines Flächenprozensatzes einen Anteil von bevorzugter 35% oder mehr und ferner besser 40% oder mehr, 45% oder mehr, 50% oder mehr oder 55% oder mehr.

(Herstellungsverfahren)

**[0042]** Als nächstes wird ein Verfahren zur Herstellung des Bonddrahts gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Der Bonddraht wird erhalten, indem eine Cu-Legierung, die für ein Kernmaterial verwendet wird, hergestellt wird, sie zu einem dünnen Draht bearbeitet wird, eine Pd-Überzugschicht und eine Au-Schicht ausgebildet werden und eine Wärmebehandlung durchgeführt wird. Nach dem Ausbilden der Pd-Überzugschicht und der Au-Schicht kann eine andere Drahtzieh- und Wärmebehandlung durchgeführt werden. Es werden ein Verfahren zur Herstellung des Cu-Legierungskernmaterials, ein Verfahren zur Ausbildung der Pd-Überzugschicht und einer Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, und ein Verfahren zur Wärmebehandlung im Detail beschrieben.

**[0043]** Der Cu-Legierungskern, der für ein Kernmaterial verwendet wird, 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 Luft in sie hinein gemischt werden, wird das Schmelzen vorzugsweise in einer Vakuumatmosphäre oder einer inerten Atmosphäre, wie etwa Ar und  $N_2$ , durchgeführt.

**[0044]** Ein Verfahren zum Ausbilden der Pd-Überzugschicht und der Au-Schicht auf einer Oberfläche des Cu-Legierungskernmaterials umfasst ein Plattierungsverfahren, ein Dampfabscheidungsverfahren und ein Schmelzverfahren. Für ein Plattierungsverfahren können sowohl ein Galvanisierungsverfahren als auch ein stromloses Plattierungsverfahren verwendet werden. Das Galvanisieren, das als ein Strike-Plattieren oder Flash-Plattieren bezeichnet wird, hat eine hohe Plattierungsgeschwindigkeit und ist vorteilhaft in der Haftfähigkeit mit einem Substrat. Eine Lösung, die für ein stromloses Plattieren verwendet wird, wird in einen Substitutionstyp und einen Reduktionstyp klassifiziert. Wenngleich nur das Durchführen des Substitutionsplattierens für eine kleinere Dicke ausreicht, ist es für eine größere Dicke wirksam, nach dem Substitutionsplattieren in einer schrittweisen Weise das Reduktionsplattieren durchzuführen.

**[0045]** Für ein Dampfabscheidungsverfahren können eine physikalische Adsorption, wie etwa ein Sputterverfahren, ein Ionenplattierungsverfahren und ein Vakuumdampfabscheidungsverfahren, und eine chemische Adsorption, wie etwa Plasma-CVD, verwendet werden. Sie sind alle Trockenverfahren und 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.

**[0046]** 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, um die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, auszubilden. 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.

**[0047]** Für eine Ausbildung der Pd-Überzugschicht und der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, sind sowohl ein Verfahren zu deren Ausbildung nach dem Durchführen des Drahtziehens auf einen abschließenden Durchmesser des Drahts als auch ein Verfahren zu deren Ausbildung auf einem Cu-Legierungskernmaterial mit einem großen Durchmesser und dann Durchführen des Drahtziehens mehrere Male, bis ein Zieldurchmesser erhalten wird, wirksam. In dem Ersteren, in dem die Pd-Überzugschicht und die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, mit dem abschließenden Drahtdurchmesser ausgebildet werden, sind eine Herstellung, eine Qualitätssteuerung und ähnliches einfach. In dem Letzteren, in dem das Drahtziehen in Kombination mit der ausgebildeten Pd-Überzugschicht und der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, durchgeführt wird, gibt es den Vorteil, dass sich das Haftungsvermögen mit dem Cu-Legierungskernmaterial verbessert. Spezifische Beispiele der jeweiligen Ausbildungsverfahren umfassen ein Verfahren zum Ausbilden der Pd-Überzugschicht und der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, mit einem abschließenden Durchmesser, während der Draht sukzessive durch eine Galvanisierungslösung gezogen wird, und ein Verfahren zum Ausbilden der Pd-Überzugschicht und der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, durch Eintauchen eines Cu-

Legierungskernmaterials mit einem großen Durchmesser in eine Elektro- oder stromlose Plattierungslösung und dann Ziehen des Drahts, um einen abschließenden Drahtdurchmesser zu erreichen.

**[0048]** Nach dem Ausbilden der Pd-Überzugschicht und der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, kann die Wärmebehandlung ausgeführt werden. Durch Ausführen der Wärmebehandlung tritt eine Diffusion von Atomen zwischen der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, der Pd-Überzugschicht und dem Cu-Legierungskernmaterial auf, was die Haftfestigkeit dazwischen verbessert und in der Hinsicht wirksam ist, dass die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, und die Pd-Überzugschicht davon abgehalten werden, während der Bearbeitung abzublättern und somit die Produktivität verbessert wird. Um zu verhindern, dass O<sub>2</sub> aus Luft hinein gemischt wird, wird bevorzugt, die Wärmebehandlung in einer Vakuumatmosphäre oder einer inerten Atmosphäre, wie etwa Ar oder N<sub>2</sub>, durchzuführen.

**[0049]** Wie vorstehend beschrieben, diffundiert durch Einstellen einer Bedingung für die Diffusionswärmebehandlung oder die Temperwärmebehandlung, die auf den Bonddraht ausgeübt werden, mittels Korngrenzendiffusion oder ähnliches Cu des Kernmaterials durch die Pd-Überzugschicht und die Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, was ermöglicht, dass Cu eine äußerste Oberfläche des Bonddrahts erreicht, und zulässt, dass Cu an einer äußersten Oberfläche vorhanden ist. Für eine Wärmebehandlung, um zuzulassen, dass auf einer äußersten Oberfläche Cu vorhanden ist, kann eine Wärmebehandlung zum Ausbilden der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, wie vorstehend beschrieben, verwendet werden. Wenn die Wärmebehandlung zum Ausbilden der Legierungshautschicht durchgeführt wird, können die Temperatur und die Zeit für die Wärmebehandlung ausgewählt werden, um zuzulassen, dass Cu auf einer äußersten Oberfläche vorhanden ist, oder zuzulassen, dass Cu an einer äußersten Oberfläche nicht vorhanden ist. Außerdem ist man auch fähig, eine Konzentration von Cu an einer äußersten Oberfläche auf einen gewissen Bereich, z.B. einen Bereich von 1 bis 50 At-%, einzustellen. Alternativ kann Cu durch eine Wärmebehandlung, die woanders als bei der Ausbildung der Legierungshautschicht durchgeführt wird, zu einer äußersten Oberfläche diffundiert werden.

**[0050]** Was das Zusetzen von Sb, Bi und Se in den Bonddraht, wie vorstehend beschrieben, anbetrifft, wobei optional As, Te, Sn vorhanden sein können, kann das Ergebnis der Erfindung durch beide, das Verfahren zum Zusetzen dieser Elemente in das Cu-Kernmaterial und das Verfahren zum Zusetzen dieser Elemente durch Abscheiden dieser Elemente auf das Cu-Kernmaterial oder die Drahtoberfläche, gezeigt werden. Das Gleiche soll für Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga, Ge, B, P, Mg, Ca und La gelten.

**[0051]** Das einfachste Verfahren zum Zusetzen der Komponenten ist ein Verfahren, um diese zu Ausgangsmaterialien des Cu-Legierungskernmaterials zuzusetzen. Zum Beispiel werden hochreines Kupfer und die vorstehenden Komponentenelementausgangsmaterialien als Startausgangsmaterialien gewogen und werden dann in einem Hochvakuum oder in einer inerten Atmosphäre, wie etwa Stickstoff und Argon, geheizt und geschmolzen, um einen Gussblock herzustellen, in dem die Komponenten mit der Konzentration im geplanten Bereich zugesetzt wurden, wobei auf diese Weise die Ausgangsmaterialien erhalten werden, die die Komponentenelemente mit den geplanten Konzentrationen enthalten. Folglich enthält das Cu-Legierungskernmaterial des Bonddrahts der vorliegenden Erfindung in einer bevorzugten Ausführungsform wenigstens ein oder mehrere Elemente, die aus Sb, Bi und Se ausgewählt werden, so dass nach einer Ausführungsform eine Konzentration der Elemente insgesamt relativ zu dem Gesamtdraht 0,01 bis 100 Massen-ppm beträgt wobei optional As, Te, Sn vorhanden sein können. Der Bonddraht kann nach einer weiteren Ausführungsform ein oder mehrere Elemente, die aus Sb, Bi und Se ausgewählt werden, enthalten, wobei Sn ≤ 10 Massen-ppm, Sb ≤ 10 Massen-ppm, und Bi ≤ 10 Massen-ppm. Der bevorzugte numerische Bereich der Gesamtkonzentration ist wie vorstehend beschrieben. In einer anderen bevorzugten Ausführungsform enthält das Cu-Legierungskernmaterial des Bonddrahts der vorliegenden Erfindung wenigstens ein oder mehrere Elemente, die aus Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga und Ge ausgewählt werden, so dass eine Konzentration jedes der Elemente 0,011 bis 1,2 Massen-% relativ zu dem Gesamtdraht beträgt. Der bevorzugte numerische Konzentrationsbereich ist wie vorstehend beschrieben. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Reinheit von Cu des Cu-Legierungskernmaterials 3N oder weniger (vorzugsweise 2N oder weniger). In einem herkömmlichen Pd-beschichteten Bonddraht wird angesichts der Bondfähigkeit ein Cu-Kernmaterial mit hoher Reinheit (4N oder mehr) verwendet, und es besteht eine Neigung, die Verwendung eines Cu-Kernmaterials mit geringer Reinheit zu vermeiden. Der Bonddraht der vorliegenden Erfindung, der die spezifischen Elemente enthält, hat die Verbindungszuverlässigkeit eines kugelgebondeten Teils in einer Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung, die für Vorrichtungen im Fahrzeug erforderlich ist, insbesondere wenn das Cu-Legierungskernmaterial mit geringer Cu-Reinheit, wie vorstehend erwähnt, verwendet wird, erreicht. In einer anderen bevorzugten Ausführungsform enthält das Cu-Legierungskernmaterial des Bonddrahts der vorliegenden Erfindung wenigstens ein oder mehrere Elemente, die aus B, P, Mg, Ca und La ausgewählt werden, so dass eine Konzentration jedes der Elemente 1 bis 100

Massen-ppm relativ zu dem Gesamtdraht ist. Der bevorzugte numerische Konzentrationsbereich ist wie vorstehend beschrieben.

**[0052]** Die vorstehenden Komponenten können auch aufgenommen werden, indem sie während eines Drahtherstellungsverfahrens auf einer Drahtoberfläche abgeschieden werden. In diesem Fall kann die Abscheidung in jeden Teil des Herstellungsverfahrens des Drahts aufgenommen werden und kann mehrere Male wiederholt werden. Die Abscheidung kann auch in mehrere Verfahren aufgenommen werden. Die Komponenten können vor der Pd-Beschichtung zu einer Cu-Oberfläche zugesetzt werden oder können nach der Pd-Beschichtung zu einer Pd-Oberfläche zugesetzt werden oder können nach einer Au-Beschichtung zu einer Au-Oberfläche zugesetzt werden oder können in jedes Beschichtungsverfahren aufgenommen werden. Ein Abscheidungsverfahren kann ausgewählt werden aus (1) Aufbringen einer wässrigen Lösung, worauf eine Trocknungs- und Wärmebehandlung folgt, (2) Plattieren (nass) und (3) Dampfabscheidung (trocken).

**[0053]** Wenn das Verfahren zum Aufbringen einer wässrigen Lösung, gefolgt von einer Trocknungs- und Wärmebehandlung, verwendet wird, wird zuerst eine wässrige Lösung mit einer geeigneten Konzentration mit einer wasserlöslichen Verbindung, die die Komponentenelemente enthält, hergestellt. Die Komponenten können somit in das Drahtmaterial aufgenommen werden. Die Herstellung kann in jeden Teil des Drahtherstellungsverfahrens aufgenommen werden und kann mehrere Male wiederholt werden. Die Herstellung kann in mehrere Verfahren aufgenommen werden. Sie kann einer Cu-Oberfläche vor dem Pd-Beschichten hinzugefügt werden oder kann einer Pd-Oberfläche nach dem Pd-Beschichten hinzugefügt werden oder kann einer Au-Oberfläche nach dem Au-Beschichten hinzugefügt werden oder kann in jedes Beschichtungsverfahren aufgenommen werden.

**[0054]** Wenn Plattierung (nass) verwendet wird, kann die Plattierung beides, Elektroplattieren und stromloses Plattieren, sein. Beim Elektroplattieren kann ein Plattieren, das als Flash-Plattieren bezeichnet wird, das eine hohe Plattierungsgeschwindigkeit und ein vorteilhaftes Haftungsvermögen mit einem Substrat hat, neben normalem Elektroplattieren ebenfalls verwendet werden. Eine Lösung, die für stromloses Plattieren verwendet wird, wird in einen Substitutionstyp und einen Reduktionstyp klassifiziert. Wenngleich das Substitutionsplattieren im Allgemeinen für eine kleinere Dicke verwendet wird und das Reduktionsplattieren für eine größere Dicke verwendet wird, können beide von ihnen verwendet werden. Sie können abhängig von einer Konzentration, die zugesetzt werden soll, und einer Plattierungslösungskonzentration ausgewählt werden, und eine Zeit kann eingestellt werden. Sowohl Elektroplattieren als auch stromloses Plattieren können in jeden Teil des Drahtherstellungsverfahrens eingearbeitet werden und können mehrere Male wiederholt werden. Sowohl Elektroplattieren als auch stromloses Plattieren können in mehrere Verfahren aufgenommen werden. Sie können einer Cu-Oberfläche vor dem Pd-Beschichten hinzugefügt werden oder können der Pd-Oberfläche nach dem Pd-Beschichten hinzugefügt werden oder können einer Au-Oberfläche nach dem Au-Beschichten hinzugefügt werden oder können in jedes Beschichtungsverfahren eingearbeitet werden.

**[0055]** Die Dampfabscheidung (trocken) umfasst Sputtern, Ionenplattieren, Vakuumabscheidung, Plasma-CVD und ähnliches. Sie hat ihre Vorteile in der Hinsicht, dass sie ein Trockenverfahren ist und eine Vorbehandlung und Nachbehandlung beseitigt, wobei sich keine Bedenken wegen Verunreinigung ergeben. Wenngleich die Dampfabscheidung im Allgemeinen ein Problem in der Hinsicht hat, dass eine Zusetzgeschwindigkeit eines Zielelements langsam ist, ist sie angesichts der Aufgabe der vorliegenden Erfindung eines der geeigneten Verfahren, weil eine Zusatzmenge der vorstehenden Komponentenelemente relativ niedrig ist.

**[0056]** Die Dampfabscheidung kann in jeden Teil des Drahtherstellungsverfahrens aufgenommen werden und kann mehrere Male wiederholt werden. Die Dampfabscheidung kann in mehrere Verfahren aufgenommen werden. Sie kann einer Cu-Oberfläche vor dem Pd-Beschichten hinzugefügt werden oder kann einer Pd-Oberfläche nach dem Pd-Beschichten zugefügt werden oder kann einer Au-Oberfläche nach dem Au-Beschichten zugefügt werden oder kann in jedes Beschichtungsverfahren aufgenommen werden.

**[0057]** Der Anteil der Kristallorientierung <111> im Winkel von 15 Grad oder weniger zu einer Längsrichtung des Bonddrahts, wenn Kristallorientierungen auf einer Oberfläche des Bonddrahts gemessen werden, kann gemäß dem folgenden Verfahren auf einen Bereich von 30 bis 100% festgelegt werden. Das heißt, eine Bearbeitungsrate nach dem Ausbilden der Pd-Überzugschicht oder nach dem Ausbilden der Pd-Überzugschicht und der Au-Hautschicht wird groß gemacht, was zulässt, dass eine Textur mit Richtwirkung auf einer Oberfläche des Drahts (eine Textur mit einer Kristallorientierung, die mit einer Drahtziehrichtung ausgerichtet ist) entwickelt wird. Insbesondere wird eine Bearbeitungsrate nach dem Ausbilden der Pd-Überzugschicht oder nach dem Ausbilden der Pd-Überzugschicht und der Au-Hautschicht auf 90% oder mehr festgelegt, was zulässt, dass der Anteil der Kristallorientierung <111> mit einem Winkel von 15 Grad oder weniger zu einer Längsrichtung

tung des Bonddrahts in Form des Flächenprozentatzes 30% oder mehr beträgt, wenn Kristallorientierungen auf einer Oberfläche des Bonddrahts gemessen werden. Die Bearbeitungsrate wird durch „Bearbeitungsrate (%) = (Querschnittfläche des Drahts vor der Bearbeitung - Querschnittfläche des Drahts nach der Bearbeitung)/Querschnittfläche des Drahts vor der Bearbeitung × 100“ dargestellt.

**[0058]** Wenn Kristallorientierungen auf einer Drahtoberfläche gemessen werden, wird vorzugsweise das Elektronenrückstreuungverfahren (ESBD: electron backscattered diffraction) verwendet. Das EBSD-Verfahren kann verwendet werden, um Kristallorientierungen auf einer Beobachtungsoberfläche zu beobachten, und zeigt eine Winkeldifferenz der Kristallorientierungen zwischen benachbarten Messpunkten graphisch. Ferner kann das EBSD-Verfahren verwendet werden, um die Kristallorientierungen auch für einen dünnen Draht wie den Bonddraht mit hoher Genauigkeit leicht zu beobachten.

**[0059]** Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die vorstehende Ausführungsform beschränkt, und geeignete Änderungen können innerhalb des Schutzbereichs des Geists der vorliegenden Erfindung vorgenommen werden.

#### Beispiele

**[0060]** Der Bonddraht gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nachstehend unter Bezug auf Beispiele detailliert beschrieben.

**[0061]** Dabei sind Beispiele, bei denen der Bonddraht wenigstens ein oder mehrere erste Elemente enthält, die aus Sb, Bi und Se ausgewählt sind, wobei eine Konzentration der ersten Elemente insgesamt 0,1 Massen-ppm oder mehr und 100 Massen-ppm oder weniger relativ zu dem Gesamtdraht ist, und wobei der Bonddraht wenigstens ein oder mehrere zweite Elemente enthält, die aus Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga und Ge ausgewählt sind, und eine Konzentration jedes der zweiten Elemente 0,011 Massen-% oder mehr und 1,2 Massen-% oder weniger relativ zu dem Gesamtdraht beträgt, Ausführungsformen der Erfindung.

**[0062]** Ausführungsformen werden auch durch Beispiele definiert, bei denen der Bonddraht wenigstens ein oder mehrere erste Elemente enthält, die aus Sb, Bi und Se ausgewählt sind, wobei, wenn der Bonddraht Sb enthält, eine Konzentration von Sb 2,2 Massen-ppm oder mehr und 10 Massen-ppm oder weniger relativ zu dem Gesamtdraht ist, wenn der Bonddraht Bi enthält, eine Konzentration von Bi 0,2 Massen-ppm oder mehr und 1 Massen-ppm oder weniger relativ zu dem Gesamtdraht ist, und wenn der Bonddraht Se enthält, eine Konzentration von Se 1,2 Massen-ppm oder mehr und 4,9 Massen-ppm oder weniger relativ zu dem Gesamtdraht ist.

**[0063]** Die anderen Beispiele dienen zur Erläuterung der vorliegenden Erfindung.

#### (Probe)

**[0064]** Zuerst wird ein Verfahren zur Herstellung einer Probe beschrieben. Für Cu als ein Ausgangsmaterial eines Kernmaterials wurde Cu mit einer Reinheit von 99,99 Massen-% oder mehr, das unvermeidliche Verunreinigungen als den Rest enthielt, verwendet. Für As, Te, Sn, Sb, Bi, Se, Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga, Ge, Pd, B, P, Mg, Ca und La wurden die mit einer Reinheit von 99 Massen-% oder mehr, die unvermeidliche Verunreinigungen als den Rest enthielten, verwendet. As, Te, Sn, Sb, Bi, Se, Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga, Ge, Pd, B, P, Mg, Ca und La als Zusatzelemente zu dem Kernmaterial werden derart gemischt, dass der Draht oder das Kernmaterial eine gewünschte Zusammensetzung haben. Bezüglich des Zusetzens von As, Te, Sn, Sb, Bi, Se, Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga, Ge, Pd, B, P, Mg, Ca und La können sie einzeln gemischt werden. Alternativ können sie unter Verwendung einer Cu-Hauptlegierung, die die Zusatzelemente enthält, die im Voraus hergestellt wurde, derart gemischt werden, dass sie eine gewünschte Menge haben, wenn das Element als ein Einzelkörper einen hohen Schmelzpunkt hat oder wenn das Element in einer winzigen Menge zugesetzt wird.

**[0065]** Die Cu-Legierung für 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 auf 1090 bis 1300°C in Vakuum oder in einer inerten Atmosphäre, wie etwa N<sub>2</sub>-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 einen Draht mit einem Durchmesser von 0,9 bis 1,2 mm herzustellen. Danach wurde ein Draht mit einem Durchmesser von 300 bis 600 µm hergestellt, indem sukzessive unter Verwendung eines Ausformwerkzeugs das Drahtziehen und ähnliches durchgeführt wurden. Ein im Handel erhältliches Schmiermittel wurde für das Drahtziehen

verwendet, und eine Drahtziehgeschwindigkeit war 20 bis 150 m/Min. Um eine dünne Oxidschicht auf einer Drahtoberfläche zu entfernen, wurde eine Ätzbehandlung mit Chlorwasserstoff durchgeführt, und eine Pd-Überzugschicht mit 1 bis 15 µm wurde ausgebildet, um die gesamte Oberfläche der Cu-Legierung als das Kernmaterial zu bedecken. Außerdem wurde für manche Drähte eine Legierungshautschicht, die Au und Pd enthielt, mit 0,05 bis 1,5 µm auf der Pd-Überzugschicht ausgebildet. Für das Ausbilden der Pd-Überzugschicht und der Legierungshautschicht, wurde Elektroplattieren (Galvanisieren) verwendet. Eine im Handel erhältliche Halbleiterplattierungslösung wurde als eine Plattierungslösung verwendet. Dann wurden eine Wärmebehandlung bei 200 bis 500°C und Drahtziehen wiederholt ausgeführt, um die Bearbeitung auf einen Durchmesser von 20 µm durchzuführen. Nach der Bearbeitung wurde eine Wärmebehandlung durchgeführt, während ein N<sub>2</sub>- 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 ausgeführt, während ein N<sub>2</sub>- 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.

**[0066]** 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 des Bonddrahts eingestellt, wenn Kristallorientierungen auf einer Oberfläche des Bonddrahts gemessen werden.

**[0067]** Für eine Konzentrationsanalyse der Pd-Überzugschicht und der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, wurde eine Auger-Elektronenspektrometrie durchgeführt, während der Bonddraht von seiner Oberfläche in der Tiefenrichtung durch Sputtern oder ähnliches abgeglichen wurde. Aus dem erhaltenen Konzentrationsprofil in der Tiefenrichtung wurden eine Dicke der Pd-Überzugschicht und eine Dicke der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, bestimmt.

**[0068]** Bezüglich der Arbeitsbeispiele 93 bis 98, die in Tabelle 1 - 5 aufgelistet sind, wurde Cu mit einer Reinheit von 99,99 Massen-% oder mehr für das Kernmaterial verwendet, und As, Te, Sn, Sb, Bi und Se waren enthalten, indem sie während eines Herstellungsverfahrens des Drahts durch Elektroplattieren auf der Drahtoberfläche abgeschieden wurden. In dieser Hinsicht wurde in Tabelle 1 - 5 eine Spalte „Verfahren zum Zusetzen von Komponenten“ bereitgestellt, und „Überzugschicht“ wurde für die Arbeitsbeispiele 99 bis 109 eingetragen. Bezüglich aller der Tabelle 1-1 bis Tabelle 1-4 und der Beispiele, für welche „Kernmaterial“ in der Spalte „Verfahren zum Zusetzen von Komponenten“ in Tabelle 1-5 eingetragen wurde, waren in dem Kernmaterial As, Te, Sn, Sb, Bi und Se enthalten.

**[0069]** Bezüglich der Arbeitsbeispiele 99 bis 109 und der in der Tabelle 1-5 aufgelisteten Arbeitsbeispiele 99 bis 109 und Vergleichsbeispiele 13 und 14 wird bewirkt, dass Cu an einer äußersten Oberfläche des Bonddrahts vorhanden ist. In dieser Hinsicht wird in Tabelle 1-5 eine Spalte „Cu-Konzentration an Drahtoberfläche“ bereitgestellt, und Ergebnisse, die erhalten werden, indem eine Oberfläche des Bonddrahts durch eine Auger-Elektronenspektroskopievorrichtung gemessen wurde, wurden dort eingetragen. Durch Auswählen einer Temperatur und Zeit für die Wärmebehandlung des Bonddrahts wurde bewirkt, dass Cu an einer äußersten Oberfläche in einer gewissen Konzentration vorhanden ist. Bezüglich aller der Tabelle 1-1 bis zu der Tabelle 1-4 und Beispielen, für die die Spalte „Cu-Konzentration an Drahtoberfläche“ in Tabelle 1-5 leer ist, wurden Wärmebehandlungsbedingungen angewendet, die bewirkten, dass Cu an einer äußersten Oberfläche nicht vorhanden war, und daher wurde durch die Auger-Elektronenspektroskopievorrichtung kein Cu erfasst.

**[0070]** Die Aufbauten der gemäß dem vorstehenden Verfahren hergestellten Proben sind in Tabelle 1-1 bis Tabelle 1-5 aufgelistet.

[Tabelle 1-1]

							Im Draht (Massen-%) (Material im Kern für Pd (Massen-%))										Im Draht (Mas- sen-ppm)									
							As	Te	Sn	Sb	Bi	Se	Ni	Zn	Rh	In	Ir	Pt	Pd	Ga	Ge	B	P	Mg	Ca	La
Ar- beits- bsp.	1	0,4																								
	2	1,2																								

							Im Draht (Massen-%) (Material im Kern für Pd (Massen-%))										Im Draht (Mas- sen-ppm)				
	As	Te	Sn	Sb	Bi	Se	Ni	Zn	Rh	In	Ir	Pt	Pd	Ga	Ge	B	P	Mg	Ca	La	
3	12																				
4	75																				
5		0, 1																			
6		1, 2																			
7		15																			
8		98																			
9			0, 2																		
10			1, 3																		
11			10																		
12				0, 1																	
13				1, 2																	
14				9, 8																	
15					0, 3																
16					1																
17						0, 1															
18						1, 2															
19						4, 9															
20						99															

[Tabelle 1-1] (Fortsetzung)

Drahtcharakteristiken					Qualitätsauswertungsergebnisse					
Test Nr.	Schicht- dicke der Pd- Überzug- schicht (µm)	Schichtdicke der Legie- rungshaut- schicht, die Au und Pd enthält (µm)	Oberflä- chenkris- tallorien- tierung <111> (%)	HAST	HTS	FAB- Form	Keil- Bondfä- higkeit	Einge- drück- te Form	Nei- gung	
Ar- beits- bsp.	1	0,1	0,01	91	○	△	⊙	⊙	○	⊙
	2	0,15	0,05	33	⊙	△	○	⊙	○	○
	3	0,01	--	57	⊙	△	△	△	○	⊙
	4	0,05	0,001	96	⊙	△	⊙	⊙	○	⊙
	5	0,015	0,0005	97	○	△	○	○	○	⊙
	6	0,1	0,001	33	⊙	△	⊙	⊙	○	○

Ar-  
beits-  
bsp.

Test Nr.	Drahtcharakteristiken			Qualitätsauswertungsergebnisse					
	Schichtdicke der Pd-Überzugsschicht (µm)	Schichtdicke der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält (µm)	Oberflächenkristallorientierung <111> (%)	HAST	HTS	FAB-Form	Keil-Bondfähigkeit	Einge-drück-te Form	Neigung
7	0,15	0,003	59	⊙	Δ	○	⊙	○	⊙
8	0,01	0,01	89	⊙	Δ	Δ	⊙	○	⊙
9	0,015	0,05	38	○	Δ	○	⊙	○	○
10	0,05	--	58	⊙	Δ	⊙	Δ	○	⊙
11	0,1	0,0005	98	⊙	Δ	⊙	○	○	⊙
12	0,15	0,001	30	○	Δ	○	⊙	○	○
13	0,015	0,003	61	⊙	Δ	○	⊙	○	⊙
14	0,05	0,01	99	⊙	Δ	⊙	⊙	○	⊙
15	0,1	0,05	32	○	Δ	⊙	⊙	○	○
16	0,15	0,001	59	⊙	Δ	○	⊙	○	⊙
17	0,015	0,003	90	○	Δ	○	⊙	○	⊙
18	0,05	0,01	30	⊙	Δ	⊙	⊙	○	○
19	0,1	0,05	62	⊙	Δ	⊙	⊙	○	⊙
20	0,15	--	95	⊙	Δ	○	Δ	○	⊙

[Tabelle 1-2]

							Im Draht (Massen-%) (Material im Kern für Pd (Massen-%))										Im Draht (Mas- sen-ppm)									
							As	Te	Sn	Sb	Bi	Se	Ni	Zn	Rh	In	Ir	Pt	Pd	Ga	Ge	B	P	Mg	Ca	La
Ar- beitsbsp.	21			0, 5		10																				
	22		0, 7			0, 9																				
	23	0, 3		0, 2																						
	24		7, 2			3, 5																				
	25					0, 3	0, 4																			
	26	21			8, 1																					

Ar-  
beitsbsp.



[Tabelle 1-2] (Fortsetzung)

Test Nr.	Drahtcharakteristiken			Qualitätsauswertungsergebnisse					
	Schichtdicke der Pd-Überzugsschicht (µm)	Schichtdicke der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält (µm)	Oberflächenkristallorientierung <111> (%)	HAST	HTS	FAB-Form	Keil-Bondfähigkeit	Ein-ge-drück-te Form	Neigung
21	0,1	0,003	90	⊙	△	⊙	⊙	○	⊙
22	0,15	0,01	30	⊙	△	○	⊙	○	○
Ar- beitsbsp. 23	0,05	0,05	61	○	△	⊙	⊙	○	⊙
24	0,01	0,003	58	⊙	△	△	⊙	○	⊙
25	0,1	0,01	93	○	△	⊙	⊙	○	⊙
26	0,05	0,001	98	⊙	△	⊙	⊙	○	⊙

[Tabelle 1-3]

							Im Draht (Massen-%) (Material im Kern für Pd (Massen-%))								Im Draht (Massen-ppm)					
	As	Te	Sn	Sb	Bi	Se	Ni	Zn	Rh	In	Ir	Pt	Pd	Ga	Ge	B	P	Mg	Ca	La
27	0,3							0,05												
28	1,1									0,7							1			
29	2,5													0.011						
30	18										1,2									
31	31														1,2	1				
32	50								0,1										1	
33	86											0,05								100
Ar- beitsbsp. 34	0,1									0,05										
35	4,1											1,2				100				
36	8,1													0,7			100			
37	12														0,07			50		
38	18						0,7										50			
39	52												0,05							50
40	99											0,1								
41			0,2						0,011	1								1		

							Im Draht (Massen-%) (Material im Kern für Pd (Massen-%))										Im Draht (Mas- sen-ppm)				
	As	Te	Sn	Sb	Bi	Se	Ni	Zn	Rh	In	Ir	Pt	Pd	Ga	Ge	B	P	Mg	Ca	La	
42			1, 2				0, 05												50		
43			6, 5							0, 1											
44			10									0, 7				1					
45				0,1							0, 05								50		
46				0,5										0, 05					100		
47				1,2				0,1										100			

[Tabelle 1-3] (Fortsetzung)

Drahtcharakteristiken				Qualitätsauswertungsergebnisse					
Test Nr.	Schicht- dicke der Pd- Überzug- schicht (µm)	Schichtdicke der Legie- rungshaut- schicht, die Au und Pd enthält (µm)	Oberflä- chenkris- tallorien- tierung <111> (%)	HAST	HTS	FAB- Form	Keil- Bondfä- higkeit	Einge- drück- te Form	Nei- gung
27	0,1	0,01	32	⊙	○	⊙	⊙	○	⊙
28	0,15	0,05	58	⊙	⊙	○	⊙	⊙	⊙
29	0,01	--	65	⊙	○	△	△	○	⊙
30	0,01	0,0005	88	⊙	⊙	△	○	○	⊙
31	0,015	0,001	88	⊙	⊙	○	⊙	⊙	⊙
32	0,15	0,003	66	⊙	○	○	⊙	⊙	⊙
33	0,05	0,001	31	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙
34	0,015	--	30	⊙	○	○	△	○	⊙
35	0,1	0,001	62	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
36	0,1	0,003	30	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Ar- beitsbsp. 37	0,05	0,05	99	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
38	0,15	0,003	90	⊙	⊙	○	⊙	⊙	⊙
39	0,1	0,0005	54	⊙	○	⊙	○	⊙	⊙
40	0,01	0,01	33	⊙	○	△	⊙	○	⊙
41	0,015	--	60	⊙	○	○	△	⊙	⊙
42	0,05	0,0005	89	⊙	○	⊙	○	⊙	⊙
43	0,1	0,001	30	⊙	○	⊙	⊙	○	⊙
44	0,15	0,003	62	⊙	⊙	○	⊙	⊙	⊙
45	0,01	0,01	95	⊙	○	△	⊙	⊙	⊙
46	0,15	0,01	59	⊙	○	○	⊙	⊙	⊙
47	0,015	0,05	35	⊙	○	○	⊙	⊙	⊙

[Tabelle 1-3] (Fortsetzung)

							Im Draht (Massen-%) (Material im Kern für Pd (Massen-%))										Im Draht (Mas- sen-ppm)				
	As	Te	Sn	Sb	Bi	Se	Ni	Zn	Rh	In	Ir	Pt	Pd	Ga	Ge	B	P	Mg	Ca	La	
	48			5,2					0,7								1				
	49			6,3											0,011					1	
	50			9,9									0,7							50	
	51				0,1									1,2							
	52				0,2						0,05										
	53				0,5		0,1											100			
	54				0,8										0,7	50					
Ar- beitsbsp.	55				1				0,011												
	56					0,1		0,05												1	
	57					5,6					0,7					50					
	58					7,8								0,1			50				
	59					11						0,011					50				
	60					20									0,1			1			
	61					51							0,1					1			
	62					98	0,7												1		

[Tabelle 1-3] (Fortsetzung)

	Test Nr.	Drahtcharakteristiken			Qualitätsauswertungsergebnisse					
		Schicht- dicke der Pd- Über- zug- schicht (µm)	Schichtdicke der Legie- rungshaut- schicht, die Au und Pd enthält (µm)	Oberflä- chenkris- tallorien- tierung <111> (%)	HAST	HTS	FAB- Form	Keil- Bondfä- higkeit	Einge- drück- te Form	Nei- gung
Ar- beitsbsp.	48	0,05	--	65	⊙	⊙	⊙	△	⊙	⊙
	49	0,05	0,05	94	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙
	50	0,1	0,0005	95	⊙	⊙	⊙	○	⊙	⊙
	51	0,1	0,0005	29	⊙	⊙	⊙	○	○	⊙
	52	0,15	0,001	30	⊙	○	○	⊙	○	⊙
	53	0,01	0,003	59	⊙	○	△	⊙	⊙	⊙
	54	0,15	0,001	62	⊙	○	○	⊙	⊙	⊙

Test Nr.	Drahtcharakteristiken			Qualitätsauswertungsergebnisse					
	Schichtdicke der Pd-Überzugschicht (µm)	Schichtdicke der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält (µm)	Oberflächenkristallorientierung <111> (%)	HAST	HTS	FAB-Form	Keil-Bondfähigkeit	Einge-drück-te Form	Neigung
55	0,015	0,01	97	⊙	○	○	⊙	○	⊙
56	0,05	0,05	32	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙
57	0,1	--	61	⊙	⊙	⊙	△	⊙	⊙
58	0,1	0,01	30	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙
59	0,15	0,0005	96	⊙	○	○	○	⊙	⊙
60	0,01	0,003	90	⊙	○	△	⊙	⊙	⊙
61	0,01	0,001	33	⊙	○	△	⊙	⊙	⊙
62	0,015	0,003	62	⊙	⊙	○	⊙	⊙	⊙

[Tabelle 1-4]

							Im Draht (Massen-%) (Material im Kern für Pd (Massen-%))							Im Draht (Mas- sen-ppm)						
	As	Te	Sn	Sb	Bi	Se	Ni	Zn	Rh	In	Ir	Pt	Pd	Ga	Ge	B	P	Mg	Ca	La
63	0,2							0,1		0,1										
64	6,2									0,7			1,1				1			
65	10							0,05						1,1						
66	20						0,1				1,1									
67	51								0,7						0,1	1				
68	90								0,1			0,05								100
Ar- beitsbsp. 69		0,2								0,05			0,1							
70		2,5					1,1							0,05			100			
71		5,2									0,1		1,1			100				
72		21					0,7		0,1								50			
73		41											1,1		0,05			1		
74		98					0,1					0,1								
75			0,1						0,7		0,7					50				
76			2,5					0,05					1,2				100			

							Im Draht (Massen-%) (Material im Kern für Pd (Massen-%))										Im Draht (Mas- sen-ppm)				
	As	Te	Sn	Sb	Bi	Se	Ni	Zn	Rh	In	Ir	Pt	Pd	Ga	Ge	B	P	Mg	Ca	La	
77			10				0, 05						1, 2					1			
78				0, 2					1, 1	1, 1									50		
79				0, 6							0, 05			0, 1					100		
80				2, 2							0, 7	0, 05								50	
81				5, 5								0, 1			0, 7					100	
82				9, 8						0, 05			0, 7								
83				0	0, 1			0,1						1, 1							

[Tabelle 1-4] (Fortsetzung)

Test Nr.	Drahtcharakteristiken			Qualitätsauswertungsergebnisse					
	Schicht- dicke der Pd- Überzug- schicht (µm)	Schichtdicke der Legie- rungshaut- schicht, die Au und Pd enthält (µm)	Oberflä- chenkristall- orientierung <111> (%)	HAST	HTS	FAB- Form	Keil-Bond- fähigkeit	Ein- ge- drück- te Form	Nei- gung
63	0,1	0,01	65	⊙	○	⊙	⊙	○	⊙
64	0,15	0,05	91	⊙	⊙	○	⊙	⊙	⊙
65	0,01	--	64	⊙	⊙	△	△	○	⊙
66	0,01	--	31	⊙	⊙	△	△	○	⊙
67	0,015	0,001	87	⊙	⊙	○	⊙	⊙	⊙
68	0,05	0,001	59	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙
69	0,05	0,0005	60	⊙	○	⊙	○	○	⊙
70	0,1	0,003	29	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
71	0,1	0,001	92	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
72	0,15	0,003	31	⊙	⊙	○	⊙	⊙	⊙
Ar- beitsbsp. 73	0,05	0,05	98	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
74	0,01	0,01	58	⊙	○	△	⊙	○	⊙
75	0,05	--	96	⊙	⊙	⊙	△	⊙	⊙
76	0,1	0,0005	32	⊙	⊙	⊙	○	⊙	⊙
77	0,15	0,001	63	⊙	⊙	○	⊙	⊙	⊙
78	0,01	0,003	91	⊙	⊙	△	⊙	⊙	⊙
79	0,15	0,01	58	⊙	○	○	⊙	⊙	⊙
80	0,05	0,01	35	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
81	0,05	0,05	95	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
82	0,1	0,05	64	⊙	⊙	⊙	⊙	○	⊙
83	0,1	0,0005	30	⊙	⊙	⊙	○	○	⊙

[Tabelle 1-4] (Fortsetzung)

							Im Draht (Massen-%) (Material im Kern für Pd (Massen-%))										Im Draht (Massen-ppm)									
							As	Te	Sn	Sb	Bi	Se	Ni	Zn	Rh	In	Ir	Pt	Pd	Ga	Ge	B	P	Mg	Ca	La
Arbeitsbsp.	84					0,3							0,7		0,05											1
	85					0,8					0,05										0,05	100				
	86					0,9					0,7							0,7						100		
	87						0,1										0,1			1,1						
	88						6,8				0,1					0,1							50			
	89						8,0									0,7				0,05				1		
	90						11						1,1						0,05					50		
	91						40													0,1	1,1				50	
92						95							0,1				0,7								50	

[Tabelle 1-4] (Fortsetzung)

Drahtcharakteristiken					Qualitätsauswertungsergebnisse					
Test Nr.	Schichtdicke der Pd-Überzugschicht (µm)	Schichtdicke der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält (µm)	Oberflächenkristallorientierung <111> (%)	HAST	HTS	FAB-Form	Keil-Bondfähigkeit	Einge-drückte Form	Neigung	
Arbeitsbsp.	84	0,15	--	94	⊙	⊙	○	△	⊙	⊙
	85	0,15	0,001	63	⊙	○	○	⊙	⊙	⊙
	86	0,01	0,0005	32	⊙	⊙	△	○	⊙	⊙
	87	0,05	0,001	59	⊙	⊙	⊙	⊙	○	⊙
	88	0,1	0,003	98	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙
	89	0,1	0,01	31	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
	90	0,15	0,01	31	⊙	⊙	○	⊙	⊙	⊙
	91	0,01	0,003	91	⊙	⊙	△	⊙	⊙	⊙
	92	0,01	0,05	62	⊙	⊙	△	⊙	⊙	⊙

[Tabelle 1-5]

								Im Draht (Massen-%) (Material im Kern für Pd (Massen-%))								Im Draht (Massen-ppm)				
	As	Te	Sn	Sb	Bi	Se	Ni	Zn	Rh	In	Ir	Pt	Pd	Ga	Ge	B	P	Mg	Ca	La
93	20																			
94		14																		
95			3,2																	
96				5,2																
97					0,5															
98						4,5														
99	22																			
100		16									0,1		1,1							
101			4,1																	
Ar- beitsbsp. 102				5,8			0,7					0,7								
103					0,7															
104						4,8			1,1	1,1										
105	2,5							0,7						0,1						
106		1,8							0,1								0,05			
107				0,5			1,1							0,05						
108					0,2					0,05										
109						20							0,7	0,02						

[Tabelle 1-5] (Fortsetzung)

Test	Ver- fahren zum Zu- set- zen von Kom- po- nen- ten	Drahtcha- rakteristiken				Qualitätsauswer- tungsergebnisse					
		Schicht- dicke der Pd- Über- zug- schicht (µm)	Schichtdi- cke der Legie- rungs- haut- schicht, die Au und Pd enthält (µm)	Ober- flächen- kristall- orien- tierung <111> (%)	Cu- Kon- zentra- tion an Drah- tober- fläche (At-%)	HAST	HTS	FAB- Form	Keil- Bondfä- higkeit	Ein- ge- drück- te Form	Nei- gung
	93	0,1	0,001	91		⊙	△	⊙	⊙	○	⊙
	94	0,15	0,003	32		⊙	△	○	⊙	○	○
	95	Über- zug- schicht	0,01	0,01	63	⊙	△	△	⊙	○	⊙
	96		0,05	0,05	92	⊙	△	⊙	⊙	○	⊙
	97		0,1		34	○	△	⊙	△	○	○
	98		0,15	0,0005	65	⊙	△	○	○	○	⊙
Ar- beitsbsp.	99	0,1	0,001	72	5,4	⊙ ⊙	△	⊙	○	○	○
	100	0,15	0,003	30	5,2	⊙ ⊙	⊙	○	○	○	⊙
	101	0,01	0,01	55	10	⊙ ⊙	△	△	○	○	⊙
	102	0,05	0,05	70	11	⊙ ⊙	⊙	⊙	○	○	⊙
	103	Kern- ma- teri- al	0,1		30	⊙	△	⊙	△	○	○
	104		0,15	0,0005	59	⊙ ⊙	⊙	○	△	○	⊙
	105		0,01		30	⊙ ⊙	⊙	△	△	○	⊙
	106		0,05	0,0005	60	⊙ ⊙	⊙	⊙	△	○	⊙
	107		0,1	0,001	72	⊙	⊙	⊙	○	○	⊙
	108		0,15	0,003	30	⊙	⊙	○	○	○	⊙
	109		0,01	0,01	55	⊙ ⊙	⊙	△	○	○	⊙

[Tabelle 1-5] (Fortsetzung)

								Im Draht (Massen-%) (Materi- al im Kern für Pd (Massen-%))							Im Draht (Mas- sen-ppm)					
	As	Te	Sn	Sb	Bi	Se	Ni	Zn	Rh	In	Ir	Pt	Pd	Ga	Ge	B	P	Mg	Ca	La
1	-	--	--	--	--	--														
2	0, 06																			
3		156																		
4			0, 07																	
5				0, 05																
6					0, 03															
7						135														



							Im Draht (Massen-%) (Material im Kern für Pd (Massen-%))										Im Draht (Massen-ppm)				
	As	Te	Sn	Sb	Bi	Se	Ni	Zn	Rh	In	Ir	Pt	Pd	Ga	Ge	B	P	Mg	Ca	La	
8			11																		
9				11																	
10					L2																
11	--	--	--	--	--	--															
12	--	--	--	--	--	--															
13	--	--	--	--	--	--															
14	--	--	--	--	--	--															

[Tabelle 1-5] (Fortsetzung)

		Drahtcharakteristiken				Qualitätsauswertungsergebnisse					
Test	Verfahren zum Zusetzen von Komponenten	Schichtdicke der Pd-Überzugschicht (µm)	Schichtdicke der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält (µm)	Oberflächenkristallorientierung <111> (%)	Cu-Konzentration an Drahtoberfläche (At-%)	HAST	HTS	FAB-Form	Keil-Bondfähigkeit	Eingeitdrückte Form	Neigung
Vg1.-bsp.	1	0,008	--	20		×	△	△	△	○	△
	2	0,2	0,01	89		×	△	×	⊙	○	⊙
	3	0,1	0,01	10		△	△	×	⊙	○	△
	4	0,18	0,01	62		×	△	△	⊙	○	⊙
	5	0,2	0,01	25		×	△	×	⊙	○	△
	6	0,008	0,01	12		×	△	△	⊙	○	△
	7	0,1	0,01	10		△	△	×	⊙	○	△
	8	0,2	0,01	15		⊙	△	×	⊙	○	△
	9	0,008	0,01	20		⊙	△	×	⊙	○	△
	10	0,1	0,01	12		⊙	△	×	⊙	○	△
	11	0,1	--	62		×	△	⊙	△	○	⊙
	12	0,1	0,003	63		×	△	⊙	⊙	○	⊙
	13	0,1	--	63	5,4	×	×	×	×	×	×
	14	0,1	0,003	64	11	×	×	×	×	×	×

(Auswertungsverfahren)

**[0071]** Eine Kristallstruktur wurde mit einer Drahtoberfläche als eine Auswertungsoberfläche ausgewertet. Ein Elektronenrückstreubeugungsverfahren (EBSD) wurde als ein Auswertungsverfahren verwendet. Das EBSD-Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass es Kristallorientierungen auf einer Beobachtungsoberfläche beobachten kann und eine Winkeldifferenz der Kristallorientierungen zwischen benachbarten Messpunkten graphisch zeigt. Das EBSD-Verfahren kann die Kristallorientierungen auch für einen dünnen Draht wie den Bonddraht mit hoher Genauigkeit beobachten.

**[0072]** Wenn das EBSD-Verfahren mit einer gekrümmten Oberfläche wie der Drahtoberfläche als ein Gegenstand verwendet durchgeführt wird, sollte Sorgfalt geübt werden. 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 arbeiten. Die Größe in der Umfangsrichtung ist 50% oder weniger des Drahtdurchmessers mit einer Mitte in der Drahtlängsrichtung als eine Achse, und die Größe in der Drahtlängsrichtung ist 100 µm oder weniger. Vorzugsweise ist die Größe in der Umfangsrichtung 40% oder weniger des Drahtdurchmessers und die Größe in der Drahtlängsrichtung ist 40 µm oder weniger, 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 durchschnittliche Informationen zu erhalten, die Schwankungen berücksichtigen. Die Messstellen können um 1 mm oder mehr voneinander entfernt sein, um nicht nahe aneinander zu sein.

**[0073]** Der Orientierungsanteil von  $\langle 111 \rangle$  auf der Oberfläche wurde durch Berechnen des Anteils (Flächenprozentsatz) der Kristallorientierung  $\langle 111 \rangle$  mit einem Winkel von 15 Grad oder weniger zu der Längsrichtung des Bonddrahts, wobei alle Kristallorientierungen durch eine dedizierte Software (zum Beispiel OIM-Analyse, hergestellt von TSL Solutions) identifiziert wurden, als eine Besetzung bestimmt.

**[0074]** Die Verbindungszuverlässigkeit des kugelgebondeten Teils in einer Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung oder einer Hochtemperaturumgebung wurde durch Herstellen einer Probe für die Auswertung der Verbindungszuverlässigkeit, Durchführen einer HAST- und HTS-Auswertung und durch Auswerten der Verbindungslanglebigkeit des kugelgebondeten Teils in jedem Test bestimmt. Die Probe für die Auswertung der Verbindungszuverlässigkeit wurde hergestellt, indem ein Kugelbonden auf einer Elektrode durchgeführt wurde, die unter Verwendung eines im Handel erhältlichen Drahtbonders und 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 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 Durchmesser eines Bereichs von 33 bis 34 µm.

**[0075]** Für die HAST-Auswertung wurde die hergestellte Probe für die Verbindungszuverlässigkeitsauswertung unter Verwendung eines ungesättigten Druckkochtesters einer Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung mit einer Temperatur von 130°C und einer relativen Feuchtigkeit von 85% ausgesetzt und mit 5 V vorgespannt. Alle 48 Stunden wurde ein Schertest für den kugelgebondeten Teil durchgeführt, und eine Zeit, bis ein Wert der Scherfestigkeit die Hälfte der anfänglichen Scherfestigkeit wurde, wurde als die Verbindungslanglebigkeit des kugelgebondeten Teils bestimmt. Der Schertest nach dem Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitstest wurde nach dem Entfernen eines Harzes durch eine Säurebehandlung und Freilegen des kugelgebondeten Teils ausgeführt.

**[0076]** Ein von DAGE hergestellter Tester wurde für einen Schertester für die HAST-Auswertung verwendet. Ein Mittelwert von Messwerten auf 10 kugelgebondeten Teilen, die zufällig ausgewählt wurden, wurde für den Wert der Scherfestigkeit verwendet. In der vorstehenden Auswertung 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 und weniger als 144 Stunden wurde als ausführbar, aber etwas problematisch bestimmt, um mit einem „Dreieck“-Symbol markiert zu werden, 144 Stunden oder mehr und weniger als 288 Stunden wurde als praktisch kein Problem bestimmt, um mit einem „Kreis“-Symbol markiert zu werden, 288 Stunden oder mehr und weniger als 384 Stunden wurde als hervorragend bestimmt, um mit einem „Doppelkreis“-Symbol markiert zu werden, und 384 Stunden oder mehr wurde als besonders herausragend bestimmt, um mit einem Symbol eines „Paars von Doppelkreisen“ in der Spalte „HAST“ in Tabelle 1 markiert zu werden.

**[0077]** Für die HTS-Auswertung wurde die für die Zuverlässigkeitsauswertung hergestellte Probe unter Verwendung einer thermostatischen Hochtemperaturvorrichtung einer Hochtemperaturumgebung von 200°C ausgesetzt. Alle 500 Stunden wurde ein Schertest auf dem kugelgebondeten Teil durchgeführt, und eine Zeit, bis ein Wert der Scherfestigkeit die Hälfte der anfänglichen Scherfestigkeit wurde, wurde als die Verbindungslanglebigkeit des kugelgebondeten Teils bestimmt. Der Schertest nach dem Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitstest wurde durchgeführt, nachdem ein Harz durch Säurebehandlung entfernt wurde und der kugelgebondete Teil freigelegt wurde.

**[0078]** Ein von DAGE hergestellter Tester wurde für einen Schertester für die HTS-Auswertung verwendet. Ein Mittelwert von Messwerten auf 10 kugelgebondeten Teilen, die zufällig ausgewählt wurden, wurde für den

Wert der Scherfestigkeit verwendet. In der vorstehenden Auswertung wurde die Verbindungsanglebigkeit von 500 oder mehr bis weniger als 1000 Stunden als ausführbar, aber Verbesserungen wünschenswert bestimmt, um mit einem „Dreieck“-Symbol markiert zu werden, 1000 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.

**[0079]** Für die Auswertung der Kugelausformbarkeit (FAB-Form) wurde eine Kugel vor dem Durchführen des Bondens gesammelt und beobachtet, und das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Leerräumen auf einer Oberfläche der Kugel, die in erster Linie eine perfekte Kugelform ist, wurden bestimmt. Das Auftreten jedes der Vorstehenden wurde als fehlerhaft bestimmt. Die Ausbildung der Kugel wurde durchgeführt, während ein N<sub>2</sub>-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 Auswertung 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 „Doppelkreis“-Symbol in der Spalte „FAB-Form“ in Tabelle 1 markiert zu werden.

**[0080]** Die Auswertung der Keil-Bondfähigkeit auf den drahtgebondeten Teil wurde bestimmt, indem 1000 Bondteile auf Drähten einer Leiterplatine ausgeführt wurden und die Auftrittshäufigkeit eines Abschälens des gebondeten Teils ausgewertet wurde. Eine mit 1 bis 3 µm Ag plattierte Fe-42 At-% Ni-Legierungsleiterplatine wurde für die Leiterplatine verwendet. In dieser Auswertung werden härtere Bond-Bedingungen als normal angenommen, eine Haltertemperatur wurde auf 150°C festgelegt, was niedriger als ein allgemeiner Solltemperaturbereich war. In der vorstehenden Auswertung 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 „Wedge-Bondfähigkeit“ in Tabelle 1 markiert zu werden.

**[0081]** Die Auswertung einer eingedrückten Form des kugelgebondeten Teils wurde durch Beobachten des kugelgebondeten Teils von unmittelbar darüber nach dem Bonden und Auswerten seiner Kreisförmigkeit bestimmt. Als ein Objekt, das mit dem Bonddraht gebondet werden soll, 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 vorstehenden Auswertung 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 ein günstiger perfekter Kreis erhalten wurde, wurde als hervorragend bestimmt, um mit einem „Doppelkreis“-Symbol in der Spalte „eingedrückte Form“ in Tabelle 1 markiert zu werden.

[Neigung]

**[0082]** Für eine Leiterplatine für die Auswertung wurden 100 Bondteile mit einer Schleifenlänge von 5 mm und einer Schleifenhöhe von 0,5 mm ausgeführt. Als ein Auswertungsverfahren wurde ein aufrechter Drahtteil von einer horizontalen Chiprichtung beobachtet, und die Auswertung 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 somit wurde die Neigung als fehlerhaft bestimmt. Einhundert gebondete Drähte wurden mit einem Lichtmikroskop 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.

(Auswertungsergebnisse)

**[0083]** Die Bonddrähte gemäß den Arbeitsbeispielen 1 bis 109 umfassen jeweils ein Cu-Legierungskernmaterial und eine Pd-Überzugschicht, die auf der Oberfläche des Cu-Legierungskernmaterials ausgebildet ist, und der Bonddraht enthält wenigstens ein oder mehrere Elemente, die aus As, Te, Sn, Sb, Bi und Se ausgewählt werden, wobei eine Konzentration der Elemente insgesamt 0,1 bis 100 Massen-ppm relativ zu dem Gesamtdraht ist. Nach den Ausführungsbeispielen enthält der Bonddraht wenigstens ein oder mehrere Elemente, die aus Sb, Bi und Se ausgewählt sind. Es wurde herausgefunden, dass die Bonddrähte gemäß den Arbeitsbeispielen 1 bis 109 mit diesem Aufbau die Zuverlässigkeit des kugelgebondeten Teils in dem HAST-Test in der Hochtemperatur- und Hochfeuchtigkeitsumgebung mit einer Temperatur von 130°C und einer relativen Feuchtigkeit von 85% erreichen können.

**[0084]** Im Gegensatz dazu war in den Vergleichsbeispielen 1, 2, 4 bis 6 und 11 bis 14 eine Konzentration der Elemente außerhalb der Untergrenze, und die Zuverlässigkeit des kugelgebondeten Teils wurde in dem HAST-Test nicht erhalten. In den Vergleichsbeispielen 3 und 7 bis 10 war eine Konzentration der Elemente außerhalb der Obergrenze, und die FAB-Form war fehlerhaft. In den Vergleichsbeispielen 1, 3 und 5 bis 10 war der Flächenanteil der Kristallorientierung <111> außerhalb des Vorzugsbereichs der vorliegenden Erfindung, und das Auswertungsergebnis der Neigung war ein „Dreieck“-Symbol.

**[0085]** In den Arbeitsbeispielen, die ferner eine Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, auf der Pd-Überzugschicht umfassen, wurde herausgefunden, dass eine hervorragende Keil-Bondfähigkeit erhalten werden kann, wenn eine Dicke der Legierungshautschicht, die Au und Pd enthält, 0,0005 bis 0,050 µm beträgt.

**[0086]** In den Arbeitsbeispielen 27 bis 92, 100, 102 und 104 bis 109 wurde herausgefunden, dass die Hochtemperaturzuverlässigkeit des kugelgebondeten Teils durch die HTS-Auswertung vorteilhaft ist, weil der Bonddraht ferner wenigstens ein oder mehrere der Elemente enthält, die aus Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga, Ge und Pd ausgewählt sind, und eine Konzentration jedes der Elemente außer Pd 0,011 bis 1,2 Massen-% relativ zu dem Gesamtdraht beträgt, und eine Konzentration von Pd, das in dem Cu-Legierungskernmaterial enthalten ist, 0,05 bis 1,2 Massen-% beträgt.

**[0087]** In einigen der Arbeitsbeispiele 28 bis 92 war die FAB-Form vorteilhaft und die Keil-Bondfähigkeit war vorteilhaft, wenn der Bonddraht ferner wenigstens ein oder mehrere Elemente enthält, die aus B, P, Mg, Ca und La ausgewählt werden, und eine Konzentration jedes der Elemente 1 bis 100 Massen-ppm relativ zu dem Gesamtdraht beträgt.

**[0088]** In den Arbeitsbeispielen 99 bis 109 enthält der Draht As, Te, Sn, Sb, Bi und Se, und Cu war an einer äußersten Oberfläche des Drahts vorhanden. Mit diesem Aufbau hatten die Arbeitsbeispiele 99, 101, 103, 105, 106, 108 und 109 ein Symbol „eines Paares von Doppelkreisen“ oder ein „Doppelkreis“-Symbol in den HAST-Auswertungsergebnissen, was die Wirkung des Bewirkens, dass Cu an einer äußersten Oberfläche vorhanden ist, deutlich machte. In den Arbeitsbeispielen 100, 102, 104 und 107 war außerdem die Reinheit von Cu des Drahts so niedrig wie 2N oder weniger und alle von ihnen waren äußerst vorteilhaft in den HAST-Auswertungsergebnissen, ein Symbol „eines Paares von Doppelkreisen“. Im Gegensatz dazu machten diese Arbeitsbeispiele eine geringfügige Verringerung der Keil-Bondfähigkeit deutlich.

**[0089]** In den Vergleichsbeispielen 13 und 14 waren nicht nur die HAST-Auswertungsergebnisse, sondern auch die HTS-Auswertungsergebnisse fehlerhaft, die FAB-Form und die eingedrückte Form waren fehlerhaft und ferner verschlechterten sich auch die Keil-Bondfähigkeit und die Neigung, weil der Draht kein As, Te, Sn, Sb, Bi und Se enthielt, während Cu an einer äußersten Oberfläche des Drahts vorhanden 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 wenigstens ein oder mehrere erste Elemente enthält, die aus Sb, Bi und Se ausgewählt sind, eine Konzentration der ersten Elemente insgesamt 0,1 Massen-ppm oder mehr und 100 Massen-ppm oder weniger relativ zu dem Gesamtdraht ist, und

Sb  $\leq$  10 Massen-ppm und Bi  $\leq$  1 Massen-ppm, und

der Bonddraht wenigstens ein oder mehrere zweite Elemente enthält, die aus Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga und Ge ausgewählt sind, und

eine Konzentration jedes der zweiten Elemente 0,011 Massen-% oder mehr und 1,2 Massen-% oder weniger relativ zu dem Gesamtdraht beträgt.

2. 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 wenigstens ein oder mehrere erste Elemente enthält, die aus Sb, Bi und Se ausgewählt sind, und wenn der Bonddraht Sb enthält, eine Konzentration von Sb 2,2 Massen-ppm oder mehr und 10 Massen-ppm oder weniger relativ zu dem Gesamtdraht ist,

wenn der Bonddraht Bi enthält, eine Konzentration von Bi 0,2 Massen-ppm oder mehr und 1 Massen-ppm oder weniger relativ zu dem Gesamtdraht ist, und

wenn der Bonddraht Se enthält, eine Konzentration von Se 1,2 Massen-ppm oder mehr und 4,9 Massen-ppm oder weniger relativ zu dem Gesamtdraht ist.

3. Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach Anspruch 2, wobei

der Bonddraht wenigstens ein oder mehrere zweite Elemente enthält, die aus Ni, Zn, Rh, In, Ir, Pt, Ga und Ge ausgewählt sind, und

eine Konzentration jedes der zweiten Elemente 0,011 Massen-% oder mehr und 1,2 Massen-% oder weniger relativ zu dem Gesamtdraht beträgt.

4. Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Konzentration des

wenigstens einen oder der mehreren ersten Elemente, die aus Sb, Bi und Se ausgewählt sind, insgesamt 1 Massen-ppm oder mehr und 100 Massen-ppm oder weniger relativ zu dem Gesamtdraht beträgt.

5. Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei eine Dicke der Pd-

Überzugschicht 0,015  $\mu\text{m}$  oder mehr und 0,150  $\mu\text{m}$  oder weniger beträgt.

6. Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, der ferner eine Legierungs-

hautschicht, die Au und Pd enthält, auf der Pd-Überzugschicht aufweist.

7. Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach Anspruch 6, wobei eine Dicke der Legierungshautschicht,

die Au und Pd enthält, 0,0005  $\mu\text{m}$  oder mehr und 0,050  $\mu\text{m}$  oder weniger beträgt.

8. Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei

das Cu-Legierungskernmaterial Pd enthält, und

eine Konzentration von Pd, das in dem Cu-Legierungskernmaterial enthalten ist, 0,05 Massen-% oder mehr und 1,2 Massen-% oder weniger beträgt.

9. Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei

der Bonddraht ferner wenigstens ein oder mehrere dritte Elemente aufweist, die aus B, P, Mg, Ca und La ausgewählt sind, und

eine Konzentration jedes der dritten Elemente 1 Massen-ppm oder mehr und 100 Massen-ppm oder weniger relativ zu dem Gesamtdraht beträgt.

10. Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei in einem Messergeb-

nis, 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 des Bonddrahts einen Anteil von 30% oder mehr und 100% oder weniger hat.

11. Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei an einer äußersten

Oberfläche des Bonddrahts Cu vorhanden ist.

12. Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei eine Konzentration

von Sb 9,9 Massen-ppm oder weniger relativ zu dem Gesamtdraht beträgt.

Es folgen keine Zeichnungen