



(12) **Patentschrift**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2015 005 172.4**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2015/071002**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2017/013796**
(86) PCT-Anmeldetag: **23.07.2015**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **26.01.2017**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **17.08.2017**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **05.01.2022**

(51) Int Cl.: **H01L 21/60** (2006.01)
H01L 23/49 (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).

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

(72) Erfinder:
**Yamada, Takashi, Iruma-shi, Saitama, JP; Oda,
Daizo, Iruma-shi, Saitama, JP; Oishi, Ryo, Iruma-
shi, Saitama, JP; Uno, Tomohiro, Tokyo, JP**

(74) Vertreter:
**VOSSIUS & PARTNER Patentanwälte
Rechtsanwälte mbB, 81675 München, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	2004 / 0 014 266	A1
JP	S62- 97 360	A
JP	2006- 100 777	A

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

(57) Hauptanspruch: Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung, der aufweist:
ein Kernmaterial mit Cu als einer Hauptkomponente, das Pd und/oder Pt in einer Gesamtmenge von 0,1 bis 3,0 Massen-% enthält;
eine Überzugschicht mit Pd als einer Hauptkomponente, die auf einer Oberfläche des Kernmaterials bereitgestellt ist; und
eine Außenlegierungsschicht, die Au und Pd enthält, die auf einer Oberfläche der Überzugschicht bereitgestellt ist, wobei eine Konzentration von Cu auf einer äußersten Oberfläche des Drahts 1 bis 10 At-% ist.

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung, der verwendet wird, um Elektroden auf einer Halbleitervorrichtung und äußere Anschlussdrähte zu verbinden.

Hintergrundtechnik

[0002] Elektroden auf einer Halbleitervorrichtung und äußere Anschlussklemmen werden unter Verwendung eines Bonddrahts für einen Halbleiter (auf den hier nachstehend auch als ein „Bonddraht“ Bezug genommen werden kann) verbunden. Um den Bonddraht mit Elektronen auf einem Siliziumchip als das Halbleierelement zu verbinden, wird ein Kugelbonds verwendet, das sich durch ein thermisches komprimierendes Verbindungsverfahren mit der Hilfe von Ultraschall auszeichnet. Wenn der Bonddraht andererseits mit den äußeren Verbindungsanschlüssen, wie etwa einem Draht und einer Anschlussfläche, verbunden wird, wird im Allgemeinen ein sogenanntes Wedge-Bonds durchgeführt, das den Bonddraht direkt mit den Elektroden verbindet, ohne eine Kugel auszubilden.

[0003] Als ein Material des Bonddrahts wurden herkömmlicherweise und hauptsächlich Au-Bonddrähte (Goldbonddrähte) mit einem Drahtdurchmesser von etwa 15 bis 50 μm und ein Material aus Au (Gold) mit hoher Reinheit 4N (4 Neunen, eine Reinheit von 99,99 Massen-% oder höher) verwendet.

[0004] Mit Rohstoffpreisen, die in den letzten Jahren sprunghaft angestiegen sind, gab es auch einen steilen Anstieg in dem Preis von Gold als ein Ausgangsmaterials des Au-Bonddrahts, und Kupfer wurde als eine Alternative zu Au als ein kostengünstiges Material für einen Draht überlegt. Jedoch ist Cu oxidationsanfälliger als Au, und ein einfacher Kupferbonddraht ist schwer über einen langen Zeitraum zu lagern und ist nicht günstig in den Wedge-Bondcharakteristiken. Wenn außerdem eine Kugel an der Spitze eines derartigen einfachen Cu-Bonddrahts ausgebildet wird, ist eine reduzierende Atmosphäre erforderlich, so dass die Kugel nicht oxidiert wird.

[0005] Um unter diesen Gegebenheiten das Problem der Oxidation des Cu-Bonddrahts zu lösen, wurde ein Cu-Bonddraht vorgeschlagen, der mit einem Edelmetall überzogen ist. Die Patentliteratur 1 offenbart einen Cu-Bonddraht, in dem eine Oberfläche eines hochreinen Cu-Feindrahts mit einem Edelmetall, wie etwa Au und Pd, überzogen ist.

[0006] Der Cu-Bonddraht, in dem eine Oberfläche von Cu-Draht mit einem Edelmetall überzogen ist, ist in der langfristigen Lagerung und den Wedge-Bondcharakteristiken des Drahts hervorragend, weil die Oxidation des Cu-Bonddrahts unterdrückt wird. Insbesondere können bezüglich eines Cu-Bonddrahts, in dem eine Oberfläche von Cu-Draht mit Pd überzogen ist, Bedenken über die Oxidation einer Kugel, wenn die Kugel an einer Spitze des Drahts ausgebildet wird, erheblich beseitigt werden, und eine sphärische Kugel kann ausgebildet werden, indem die Kugel einfach von einer Stickstoffatmosphäre umgeben wird, die unter Verwendung eines reinen Stickstoffgases ohne die Verwendung eines gefährlichen Gases, wie etwa Wasserstoff, hergestellt wird.

[0007] In der Patentliteratur 2 wird ein Bonddraht beschrieben, der einen Kerndraht, einen Außenbereich und eine dazwischenliegende Diffusionsschicht aufweist, wobei der Kerndraht hauptsächlich aus dem Metall des Außenbereichs besteht.

Verweis auf die verwandte Technik

Patentliteratur

Patentliteratur 1: JP S62- 97 360 A

Patentliteratur 2: US 2004/0014266 A1

Zusammenfassung der Erfindung

Problem, das durch die Erfindung gelöst werden soll

[0008] Wenngleich Oberflächen von Leiterplatten im Allgemeinen mit Silber metallisiert wurden, wurde eine Pd-metallisierte Leiterplatte in letzter Zeit häufiger als früher verwendet. In dem Cu-Bonddraht, bei dem eine Oberfläche des Cu-Drahts mit Pd beschichtet bzw. überzogen ist, wurde ein neues Problem gefunden, dass die Wedge-Bondfähigkeit mit der Pd-metallisierten Leiterplatte in vielen Fällen unzureichend ist, wenngleich dies bei der herkömmlichen versilberten Leiterplatte nicht verwirklicht wurde. Das Gleiche soll für eine Leiterplatte mit Au-Metallisierung auf einer Pd-Metallisierung gelten. Im Verlauf der Überlegungen zur Lösung des Problems haben die Erfinder herausgefunden, dass das Problem etwas vereinfacht werden kann, indem ein Bonddraht verwendet wird, bei dem eine Oberfläche des Cu-Drahts mit Pd beschichtet wird und eine Legierungsschicht, die Au und Pd enthält, auf einer Oberfläche der Pd-Überzug- bzw. Beschichtungsschicht bereitgestellt wird. Jedoch ist eine weitere Verbesserung für die Wedge-Bondfähigkeit erforderlich. Insbesondere ist die Verbesserung bezüglich Abschälen, das heißt, einer Erscheinung, bei der sich ein gebondeter Teil des Bonddrahts, der zweitgebondet ist, abschält, erforderlich. Außerdem ist einhergehend mit der Verdünnung des Bonddrahts für die Anwendung mit feinen Abständen, eine weitere Verbesserung für die Symmetrie eines fischschwanzförmigen (eine Fischschwanzflosse) gesickten Teils des Wedge-Bonds erforderlich. Eine erste Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, die Wedge-Bondfähigkeit einer Pd-metallisierten Leiterplatte oder einer Leiterplatte mit einer Au-Metallisierung auf der Pd-Metallisierung weiter zu verbessern und die Symmetrie des fischschwanzförmigen (eine Fischschwanzflosse) gesickten Teils des Wedge-Bonds für einen Cu-Draht mit Pd-Überzugschicht zu verbessern.

[0009] Bezüglich der langfristigen Zuverlässigkeit von Cu-Bonddraht können, selbst wenn es kein spezielles Problem in einer Hochtemperaturlagerungsauswertung in einer trockenen Atmosphäre gibt, die der am häufigsten verwendete Heiztest ist, Fehler auftreten, wenn eine Hochfeuchtigkeitsheizauswertung durchgeführt wird. Ein PCT-Test („pressure cooker test“) ist als eine allgemeine Hochfeuchtigkeitsheizauswertung bekannt. Ein PCT-Sättigungstest wird insbesondere häufig als eine relativ strenge Auswertung verwendet, und repräsentative Testbedingungen davon werden bei einer Temperatur von 121°C, einer relativen Feuchtigkeit von 100% RF und einem Druck von 2 Atmosphären durchgeführt. Es hat sich gezeigt, dass, obwohl der Cu-Draht mit Pd-Überzugschicht Fehler in der Hochfeuchtigkeitsheizauswertung verringern kann, er immer noch eine höhere Fehlerauftrittsrate als Au-Draht ergibt, wenn ein stark beschleunigter Temperatur- und Feuchtigkeitsbelastungstest (ein HAST-Test) (eine Temperatur von 130°C, eine relative Feuchtigkeit von 85% RF und 5 V), der strenger als die Hochfeuchtigkeitsheizauswertung ist, durchgeführt wird. Eine zweite Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, Fehler in der Hochfeuchtigkeitsheizauswertung für einen Cu-Draht mit Pd-Überzugschicht weiter zu verringern.

Mittel zum Lösen des Problems

[0010] Die Erfinder haben herausgefunden, dass für einen Bonddraht, der ein Kernmaterial mit Cu als einer Hauptkomponente, eine Überzugschicht mit Pd als einer Hauptkomponente auf einer Oberfläche des Kernmaterials oder eine Außenlegierungsschicht, die Au und Pd auf einer Oberfläche der Überzugschicht enthält, umfasst, die Zweitbondfähigkeit mit der Pd-metallisierten Leiterplatte mit einer Au-Metallisierung auf der Pd-Metallisierung und die Symmetrie des fischschwanzförmigen (eine Fischschwanzflosse) gesickten Teils des Wedge-Bonds weiter verbessert werden können, indem entweder Pd oder Pt oder beides in einer gewissen Menge zu dem Kernmaterial mit Cu als einer Hauptkomponente zugesetzt werden und eine Konzentration von Cu an einer äußersten Oberfläche des Drahts auf 1 At-% oder mehr eingestellt wird.

[0011] Die Erfinder haben auch herausgefunden, dass durch Zusetzen von Pd oder Pt oder beiden in einer gewissen Menge zu dem Kernmaterial mit Cu als einer Hauptkomponente ein Auftreten von Fehlern selbst in einem strengen Hochfeuchtigkeitsheiztest, wie etwa dem HAST-Test, verringert werden kann.

[0012] Die vorliegende Erfindung wurde basierend auf der vorangehenden Erkenntnis gemacht und verwendet die folgenden Strukturen.

(1) Einen Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung, der aufweist:

ein Kernmaterial mit Cu als einer Hauptkomponente und das entweder Pd oder Pt oder beides in einer Gesamtmenge von 0,1 bis 3,0 Massen-% enthält;

eine Beschichtungs- bzw. Überzugschicht mit Pd als einer Hauptkomponente, die auf einer Oberfläche des Kernmaterials bereitgestellt ist; und

eine Außenlegierungsschicht, die Au und Pd enthält, die auf einer Oberfläche der Überzugschicht bereitgestellt ist, wobei eine Konzentration von Cu auf einer äußersten Oberfläche des Drahts 1 bis 10 At-% ist.

(2) Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach (1), wobei die Überzugschicht mit Pd als einer Hauptkomponente eine Dicke von 20 bis 90 nm hat und die Außenlegierungsschicht, die Au und Pd enthält, eine Dicke von 0,5 bis 40 nm hat und eine maximale Konzentration von Au von 15 bis 75 At-% hat.

(3) Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach (1) oder (2), wobei das Kernmaterial ferner entweder Au oder Ni oder beides enthält und die Gesamtmenge von Pd, Pt, Au und Ni in dem Kernmaterial mehr als 0,1 Massen-% und 3,0 Massen-% oder weniger ist.

(4) Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem von (1) bis (3), wobei der Bonddraht ferner eines oder mehrere von P, B, Be, Fe, Mg, Ti, Zn, Ag und Si enthält und die Gesamtkonzentration dieser Elemente in dem Gesamtdraht in einem Bereich von 0,0001 bis 0,01 Massen-% liegt.

(5) Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem von (1) bis (4), der ferner Diffusionsregionen in einer Grenze zwischen dem Kernmaterial und der Überzugschicht und einer Grenze zwischen der Überzugschicht und der Außenlegierungsschicht aufweist.

(6) Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem von (1) bis (5), wobei, wenn Kristallorientierungen auf einem Querschnitt des Kernmaterials in einer Richtung senkrecht zu einer Drahtachse des Bonddrahts (worauf hier nachstehend als ein „senkrechter Schnitt“ Bezug genommen wird) gemessen werden, eine Kristallorientierung $\langle 100 \rangle$, die einen Winkel von 15 Grad oder weniger zu einer Drahtlängsrichtung hat, einen Anteil von 30% oder mehr unter den Kristallorientierungen in der Drahtlängsrichtung hat.

Ergebnis der Erfindung

[0013] Die vorliegende Erfindung ist ein Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung, der ein Kernmaterial mit Cu als einer Hauptkomponente, eine Überzugschicht mit Pd als einer Hauptkomponente, die auf einer Oberfläche des Cu-Legierungskernmaterials bereitgestellt ist, und eine Außenlegierungsschicht, die Au und Pd enthält, die auf einer Oberfläche der Überzugschicht bereitgestellt ist, umfasst. Das Kernmaterial mit Cu als einer Hauptkomponente enthält entweder Pd oder Pt oder beides in einer gewissen Menge, und eine Konzentration von Cu an einer äußersten Oberfläche des Drahts ist 1 bis 10 At-%, und dadurch kann die vorliegende Erfindung die Wedge-Bondfähigkeit mit der Pd-metallisierten Leiterplatte oder der Leiterplatte mit Au-Metallisierung auf der Pd-Metallisierung verbessern. Das Kernmaterial mit Cu als einer Hauptkomponente, das entweder Pd oder Pt oder beides in einer gewissen Menge enthält, kann auch unter einer Hochfeuchtigkeitsheizbedingung eine hervorragende Kugelbondfähigkeit für einen kugelgebondeten Teil zwischen dem Bonddraht und einer Elektrode realisieren.

Ausführungsform zum Ausführen der Erfindung

[0014] Der Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung der vorliegenden Erfindung umfasst ein Kernmaterial mit Cu als einer Hauptkomponente und enthält entweder Pd oder Pt oder beides in einer Gesamtmenge von 0,1 bis 3,0 Massen-%, eine Überzugschicht mit Pd als einer Hauptkomponente, die auf einer Oberfläche des Kernmaterials bereitgestellt ist, und eine Außenlegierungsschicht, die Au und Pd enthält, die auf einer Oberfläche der Überzugschicht bereitgestellt ist, und ist dadurch gekennzeichnet, dass eine Konzentration von Cu auf einer äußersten Oberfläche des Drahts 1 bis 10 At-% ist.

[0015] Zuerst wird ein Kernmaterial mit Cu als einer Hauptkomponente, das entweder Pd oder Pt oder beides in einer Gesamtmenge von 0,1 bis 3,0 Massen-% enthält (auf das hier nachstehend auch als ein „Cu-Legierungskernmaterial“ Bezug genommen werden kann), beschrieben.

[0016] Cu ist oxidationsanfällig, und ein Bonddraht aus Cu ist in der langfristigen Lagerung und Wedge-Bondcharakteristiken unterlegen. Wenn die Überzugschicht mit Pd als einer Hauptkomponente auf einer Oberfläche des Cu-Legierungskernmaterials ausgebildet ist, kann die Oxidation des Cu-Legierungskernmaterials unterdrückt werden, wodurch die langfristige Lagerung und die Wedge-Bondcharakteristiken hervorragend gemacht werden können.

[0017] Wenn in einem Fall, in dem auf einer Al-Elektrode unter Verwendung eines Cu-Drahts mit einer Pd-Überzugschicht auf seiner Oberfläche Kugelbonds durchgeführt wird, eine Kugel an einer Spitze des Drahts ausgebildet wird, wird auf einer Oberfläche der geschmolzenen Kugel eine Pd-konzentrierte Schicht

ausgebildet. Die Pd-konzentrierte Schicht wird somit auf der Oberfläche der Kugel ausgebildet, wodurch Fehler in der Hochfeuchtigkeitsheizauswertung im Vergleich zu der Verwendung eines Cu-Drahts, der keine Pd-Überzugschicht hat, verringert werden, wenn das Kugelbonden auf der Al-Elektrode durchgeführt wird.

[0018] Bezüglich der langfristigen Zuverlässigkeit des Cu-Bonddrahts, bei dem eine Pd-Überzugschicht auf einem Cu-Kernmaterial bereitgestellt ist, ist eine Fehlerauftrittsrate jedoch immer noch höher als in einem Fall eines Au-Drahts, wenn ein stark beschleunigter Temperatur- und Feuchtigkeitsbelastungstest (ein HAST-Test) (eine Temperatur von 130°C, eine relative Feuchtigkeit von 85% RF und 5 V) als die Hochfeuchtigkeitsheizauswertung durchgeführt wird.

[0019] In Bezug auf die Pd-konzentrierte Schicht der Kugeloberfläche, die während des Kugelbondens ausgebildet wird, wird die Pd-konzentrierte Schicht nicht immer auf der gesamten Kugeloberfläche ausgebildet. Es kann einen Fall geben, in dem die Pd-konzentrierte Schicht nur auf einer Seitenfläche der Kugel ausgebildet wird und nicht an der Spitze der Kugel ausgebildet wird. Die Erfinder haben herausgefunden, dass, wenn die Pd-konzentrierte Schicht nicht an der Spitze der Kugel ausgebildet wird, die Häufigkeit des Auftretens von Fehlern in der Hochfeuchtigkeitsheizauswertung zunimmt. Dies liegt daran, dass eine Menge an Pd, die in dem Cu-Bonddraht enthalten ist, nicht ausreicht.

[0020] Wenngleich überlegt wird, dass als eine Maßnahme zur Erhöhung der Menge von Pd eine Dicke der Überzugschicht mit Pd als einer Hauptkomponente vergrößert werden kann, hat die Dicke der Pd-Überzugschicht, wie nachstehend beschrieben, eine vorteilhafte obere Grenze im Hinblick auf die Verringerung von Chipschäden und ähnlichem, und es gibt eine Grenze für die Erhöhung der Menge von Pd durch Vergrößern der Dicke der Überzugschicht.

[0021] Wenn das Kugelbonden auf der Al-Elektrode in einem Zustand durchgeführt wird, in dem die Pd-konzentrierte Schicht nicht an der Spitze der Kugel ausgebildet ist, wird das Kernmaterial, das Cu als eine Hauptkomponente enthält, an der Oberfläche der Kugelspitze freigelegt und dieser Teil wird in direkten Kontakt mit der Al-Elektrode gebracht, um einen gebondeten Teil zu bilden. In diesem Fall wächst in einem Hochfeuchtigkeitsheizauswertungstest eine intermetallische Cu-Al-Verbindung in einer Cu/Al-Bondgrenzfläche (eine Bondgrenzfläche zwischen dem Cu-Bonddraht und der Al-Elektrode), und diese intermetallische Cu-Al-Verbindung bewirkt eine Korrosionsreaktion mit einer Gaskomponente, wie etwa Chlor, Ionen oder ähnlichem, die in einem Dichtungsharz enthalten sind. Diese Reaktion bewirkt Fehler in dem Hochfeuchtigkeitsheizauswertungstest.

[0022] Im Gegensatz dazu verwendet die vorliegende Erfindung das Cu-Legierungskernmaterial mit Cu als Hauptkomponente und das entweder Pd oder Pt oder beides in einer gewissen Menge enthält. Somit können Pd oder Pt in dem Cu-Legierungskernmaterial während des Kugelbondens zu der Bondgrenzfläche oder dem Konzentrat diffundieren und beeinflussen die wechselseitige Diffusion von Cu und Al, wodurch die Korrosionsreaktion verzögert wird. Mögliche Beispiele für die Rolle von Pd und Pt in der Nähe der Bondgrenzfläche umfassen eine Barrierenfunktion, die die Bewegung eines Korrosionsreaktionspartners hemmt, und eine Funktion zur Steuerung der wechselseitigen Diffusion von Cu und Al, des Wachstums der intermetallischen Verbindung und ähnliches.

[0023] Wenn die Gesamtkonzentration von Pd und Pt in dem Cu-Legierungskernmaterial 0,1 Massen-% oder mehr ist, kann die wechselseitige Diffusion von Cu und Al in der Bondgrenzfläche ausreichend gesteuert werden, und die Lebensdauer des gebondeten Teils steigt selbst in dem HAST-Test als einem strengen Hochfeuchtigkeitsheizauswertungstest auf bis zu 380 Stunden oder sogar mehr. Als eine Auswertung des gebondeten Teils in diesem Beispiel wird das Harz nach dem HAST-Test geöffnet und entfernt, und dann wird ein Bruchzustand des gebondeten Teils durch einen Zugtest ausgewertet. Angesichts der ausreichenden Erzielung der Wirkung der Verbesserung in der HAST-Testzuverlässigkeit beträgt die Gesamtkonzentration von Pd und Pt in dem Cu-Legierungskernmaterial 0,1 Massen-% oder mehr, vorzugsweise 0,2 Massen-% oder mehr und noch besser 0,3 Massen-% oder mehr, 0,4 Massen-% oder mehr oder 0,5 Massen-% oder mehr. Angesichts der Erzielung eines Bonddrahts mit günstiger Anfangsbondfestigkeit mit der Al-Elektrode beim Niedertemperaturbonden und hervorragender langfristiger Zuverlässigkeit in dem HAST-Test und einer Massenfertigungstoleranz beim Bonden an Substrate, wie etwa eine Kugelgitteranordnung (BGA) und ein Chip Size Package (CSP), Bänder und ähnliches, und angesichts der Verringerung von Chipschäden beträgt die Gesamtkonzentration von Pd und Pt in dem Cu-Legierungskernmaterial 3,0 Massen-% oder weniger und vorzugsweise 2,5 Massen-% oder weniger. Wenn die Gesamtkonzentration von Pd und Pt in dem Cu-Legierungskernmaterial 3,0 Massen-% überschreitet, ist es erforderlich, das Kugelbonden mit einer geringen Last durchzuführen, um keinen Chipschaden zu verursachen, und die Anfangsbondfestigkeit mit der

Elektrode nimmt ab, was zu einer Verschlechterung in der HAST-Testzuverlässigkeit führt. In dem Bonddraht der vorliegenden Erfindung ist die Gesamtkonzentration von Pd und Pt in dem Cu-Legierungskernmaterial auf den bevorzugten Bereich festgelegt, um die HAST-Testzuverlässigkeit weiter zu verbessern. Es kann zum Beispiel ein Bonddraht mit einer Lebensdauer bis zum Auftreten eines Fehlers in dem HAST-Test von mehr als 450 Stunden erreicht werden. Diese Leistung kann einer Verbesserung der Lebensdauer gegenüber einem herkömmlichen Cu-Bonddraht um das 1,5-Fache oder mehr entsprechen und ermöglicht die Verwendung in einer rauen Umgebung. Beispiele für ein Verfahren zur Bestimmung einer Konzentration von Elementen, die in dem Cu-Legierungskernmaterial enthalten sind, in 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 auf 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.

[0024] In der vorliegenden Erfindung kann das Cu-Legierungskernmaterial ferner entweder Au oder Ni oder beides enthalten. Wenn das Cu-Legierungskernmaterial ferner Au und Ni enthält, steigt seine Rekristallisationstemperatur und die dynamische Rekristallisation während der Drahtziehbearbeitung wird verhindert, wodurch eine bearbeitete Struktur gleichmäßig gemacht wird und eine Kristallkorngroße nach dem Tempern relativ gleichmäßig gemacht wird. Daher nimmt die Bruchdehnung des Drahts zu, wodurch eine stabilere Drahtleitung ausgebildet werden kann, wenn er gebondet wird. Wenn ferner Au und Ni enthalten sind, wird ihr Gehalt vorzugsweise derart bestimmt, dass die Gesamtmenge an Pd, Pt, Au und Ni in dem Kernmaterial mehr als 0,1 Massen-% und 3,0 Massen-% oder weniger ist. Eine Untergrenze für die Gesamtmenge von Pd, Pt, Au und Ni in dem Kernmaterial ist besser 0,2 Massen-% oder mehr, 0,3 Massen-% oder mehr, 0,4 Massen-% oder mehr oder 0,5 Massen-% oder mehr. Eine Obergrenze für die Gesamtmenge ist besser 2,5 Massen-% oder weniger, 2,0 Massen-% oder weniger, 1,5 Massen-% oder weniger, 1,3 Massen-% oder weniger oder 1,1 Massen-% oder weniger.

[0025] Vorzugsweise enthält der Bonddraht der vorliegenden Erfindung ferner ein oder mehrere Elemente, die aus P, B, Be, Fe, Mg, Ti, Zn, Ag und Si ausgewählt sind, und die Gesamtkonzentration dieser Elemente in dem gesamten Draht liegt in einem Bereich von 0,0001 bis 0,01 Massen-%. Mit dieser Zusammensetzung kann eine günstigere Kugelform erreicht werden. Eine Untergrenze der Gesamtkonzentration dieser Elemente beträgt besser 0,0003 Massen-% oder mehr, 0,0005 Massen-% oder mehr oder 0,001 Massen-% oder mehr, und eine Obergrenze der Konzentration dieser Elemente beträgt besser 0,009 Massen-% oder weniger oder 0,008 Massen-% oder weniger. Wenn der Bonddraht der vorliegenden Erfindung diese Elemente enthält, können diese Elemente in dem Cu-Legierungskernmaterial enthalten sein oder können in einer Überzugschicht oder einer nachstehend beschriebenen Außenlegierungsschicht enthalten sein.

[0026] In dem Cu-Legierungskernmaterial enthaltene Komponenten sind neben den vorstehend erwähnten Komponenten einschließlich Pd und Pt das Rest-Cu und unvermeidbare Verunreinigungen. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Reinheit von Cu des Cu-Legierungskernmaterials 3N oder weniger (vorzugsweise 2N oder weniger). In einem herkömmlichen Pd-beschichteten Cu-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 niedriger Reinheit zu vermeiden. Im Gegensatz dazu hat der Bonddraht der vorliegenden Erfindung, der das Cu-Legierungskernmaterial, die Überzugschicht mit Pd als einer Hauptkomponente, die auf einer Oberfläche des Cu-Legierungskernmaterials bereitgestellt ist, und die Außenlegierungsschicht, die Au und Pd enthält, die auf einer Oberfläche der Überzugschicht bereitgestellt ist, umfasst, wobei eine Konzentration von Cu auf einer äußersten Oberfläche des Drahts 1 bis 10 At-% beträgt, eine weitere Verbesserung in der Wedge-Bondfähigkeit mit der Pd-metallisierten Leiterplatte oder der Leiterplatte mit einer Au-Metallisierung auf der Pd-Metallisierung und eine hervorragende Kugelbondfähigkeit in der strengen Hochfeuchtigkeitsheizauswertung, wie etwa dem HAST, erreicht, die insbesondere vorteilhaft sind, wenn das Cu-Legierungskernmaterial mit relativ niedriger Cu-Reinheit, wie vorstehend beschrieben, verwendet wird.

[0027] Als nächstes wird eine Überzugschicht mit Pd als einer Hauptkomponente beschrieben.

[0028] Um die Oxidation des Cu-Legierungskernmaterials, wie vorstehend beschrieben, zu unterdrücken, beträgt die Dicke der Überzugschicht mit Pd als Hauptkomponente, die auf einer Oberfläche des Cu-Legierungskernmaterials ausgebildet ist, vorzugsweise 20 bis 90 nm. Die Dicke der Überzugschicht von 20 nm oder mehr wird in der Hinsicht bevorzugt, dass eine Wirkung zur Unterdrückung einer Oxidation ausreichend ist und die Wedge-Bondfähigkeit und die FAB(„free air ball“)-Form günstig sind. Die FAB-Form bedeutet Kugelförmigkeit, das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Exzentrizität und das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein eines Schrumpfungshohlraums. Die Dicke der Überzugschicht ist besser 25 nm oder mehr oder 30 nm oder mehr. Dass die Dicke der Überzugschicht 90 nm oder weniger ist, wird in der Hinsicht bevorzugt, dass der Chipschaden verringert wird, die FAB-Form günstig ist und wenige Luftblasen mit einer Durchmessergröße von wenigen Mikrometern auf der Oberfläche der Kugel auftreten. Die Dicke der Überzugschicht beträgt besser 85 nm oder weniger oder 80 nm oder weniger.

[0029] In der Überzugschicht mit Pd als einer Hauptkomponente sind andere darin enthaltene Elemente außer Pd unvermeidbare Verunreinigungen von Pd, eine Komponente, die das Kernmaterial im Inneren der Überzugschicht bildet, und ein Element, das eine Außenlegierungsschicht auf einer Oberflächenseite der Überzugschicht bildet. Dies liegt daran, dass ein Element, das das Kernmaterial bildet, und ein Element, das die Außenlegierungsschicht bildet, durch die nachstehend beschriebene Wärmebehandlung in die Überzugschicht diffundieren. Folglich hat der Bonddraht der vorliegenden Erfindung in einer Ausführungsform Diffusionsregionen in einer Grenze zwischen dem Kernmaterial und der Überzugschicht und einer Grenze zwischen der Überzugschicht und der Außenlegierungsschicht. Daher wird in der vorliegenden Erfindung die Grenze zwischen dem Kernmaterial und der Überzugschicht auf eine Position festgelegt, an der eine Konzentration von Pd 50 At-% ist, und die Grenze zwischen der Überzugschicht und der Außenlegierungsschicht wird auf eine Position festgelegt, bei der Au 10 At-% ist. Die Dicke der Überzugschicht ist ein Abstand zwischen diesen Grenzen.

[0030] Als nächstes wird eine Außenlegierungsschicht, die Au und Pd enthält, beschrieben.

[0031] Wie vorstehend beschrieben, kann nur mit einem Aufbau, der die Überzugschicht mit Pd als einer Hauptkomponente auf einer Oberfläche des Cu-Legierungskernmaterials umfasst, keine günstige Wedge-Bondfähigkeit mit der Pd-metallisierten Leiterplatte sichergestellt werden. In der vorliegenden Erfindung ist die Außenlegierungsschicht, die Au und Pd enthält, ferner auf einer Oberfläche der Überzugschicht mit Pd als einer Hauptkomponente ausgebildet. Die Dicke der Außenlegierungsschicht, die Au und Pd enthält, ist vorzugsweise 0,5 bis 40 nm. Wenn eine äußerste Oberflächenregion des Drahts eine Legierungsschicht von Au und Pd ist, diffundiert Au in der Außenlegierungsschicht, die die äußerste Oberflächenregion des Drahts bildet, während der Durchführung des Wedge-Bondens des Drahts mit der Pd-metallisierten Leiterplatte in Richtung Pd auf der Pd-metallisierten Leiterplatte, und auf diese Weise kann leicht eine Legierungsschicht zwischen dem Bonddraht und der Pd-metallisierten Leiterplatte gebildet werden. Folglich verbessert sich die Wedge-Bondfähigkeit mit der Pd-metallisierten Leiterplatte. Es wird offenbart, dass die Wedge-Bondfähigkeit sich ebenso auf einer Pd-metallisierten Leiterplatte mit Au-Anschlagbeschichtung verbessert, und dieser Fall kann einer wechselseitigen Haftforderungswirkung von Au in bei ultradünne Anschlagbeschichten auf der Leiterplatte und Au in der Außenlegierungsschicht zugeschrieben werden. Angesichts der Verbesserung der Wedge-Bondfähigkeit mit der Pd-metallisierten Leiterplatte oder der Leiterplatte mit einer Au-Metallisierung auf der Pd-Metallisierung beträgt die Dicke der Außenlegierungsschicht vorzugsweise 0,5 nm oder mehr und besser 1 nm oder mehr, 2 nm oder mehr oder 3 nm oder mehr. Wenn die Dicke der Außenlegierungsschicht übermäßig groß ist, kann sich die FAB-Form verschlechtern und die Menge an teurem Au nimmt zu, was zu einer Kostenzunahme führt. Daher ist die Dicke der Außenlegierungsschicht vorzugsweise 40 nm oder weniger und besser 35 nm oder weniger oder 30 nm oder weniger.

[0032] Wenn Pd und Pt in dem Cu-Legierungskernmaterial des Drahts mit der Überzugschicht und der Außenlegierungsschicht enthalten ist, verbessert sich ferner ein HAST-Auswertungsergebnis neben der vorstehend erwähnten Verbesserung der Bondzuverlässigkeit im Vergleich zu einem Fall, in dem Pd und Pt in einem nackten Cu ohne Pd-Überzug enthalten sind. Dies kann daran liegen, dass in der Pd-konzentrierten Schicht, die auf der Kugeloberfläche gebildet wird, Pd in der Überzugschicht auf der Drahtoberfläche und Pd und Pt, die in dem Cu-Legierungskernmaterial enthalten sind, miteinander kombiniert werden, um die Gesamtkonzentration von Pd und Pt in der Pd-konzentrierten Schicht zu erhöhen, wodurch die Funktion zur Steuerung der wechselseitigen Diffusion von Cu und Al, des Wachstums der intermetallischen Verbindung und ähnliches in der Bondgrenzfläche gefördert wird.

[0033] In dem herkömmlich Pd-beschichteten Cu-Draht ist ein Gleitwiderstand zwischen einer Pd-Schicht und einer Innenwand einer Kapillare hoch, und Pd kann während eines Bondarbeitsgangs abgetragen wer-

den. Im Verlauf von wiederholtem Bonden können Fremdsubstanzen, wie etwa abgetragene Späne, an der Kapillare haften, und wenn ihre Menge zunimmt, muss die Kapillare ersetzt werden. Im Gegensatz dazu ist ferner die Außenlegierungsschicht, die Au und Pd enthält, enthalten, wodurch sich der Reibungswiderstand der äußersten Oberfläche des Drahts verringert. Außerdem werden, wie vorstehend beschrieben, Pd und Pt zu dem Kernmaterial zugesetzt, wodurch eine angemessene Festigkeit aufrecht erhalten wird. Diese Wirkungen verringern den Gleitwiderstand zwischen der Innenwand der Kapillare und dem Draht, um einen reibungslosen Bondarbeitsgang zu ermöglichen. Daher kann eine Verunreinigung, die durch das Haften der Fremdsubstanzen an der Kapillare bewirkt wird, selbst dann verringert werden, wenn das Bonden wiederholt wird, was zu einer Verbesserung der Lebensdauer der Kapillare führt. Als ein Ergebnis des verringerten Gleitwiderstands zwischen der Innenwand der Kapillare und dem Draht verbessern sich die Leitungsstabilität und Schrägstellungseigenschaften.

[0034] Außerdem kann das in der Außenlegierungsschicht enthaltene Au eine Wirkung der stabilen Ausbildung der Pd-konzentrierten Schicht, die sowohl durch Pd in der Überzugschicht auf der Drahtoberfläche als auch Pd und Pt in dem Cu-Legierungskernmaterial ausgebildet wird, auf die Kugeloberfläche verbessern und kann eine Erscheinung, in der Al der Elektrode von der Bondgrenzfläche in Richtung der Kugel diffundiert, fördern. Das Au-Element fördert auch die wechselseitige Diffusionsgeschwindigkeit in der Bondgrenzfläche, die durch Pd und Pt allein verlangsamt wird, und fördert somit das Wachstum einer intermetallischen Verbindung mit hoher Korrosionsbeständigkeit.

[0035] Angesichts der Verbesserung der Wedge-Bondfähigkeit mit der Pd-metallisierten Leiterplatte oder der Leiterplatte mit einer Au-Metallisierung auf der Pd-Metallisierung beträgt eine maximale Konzentration von Au in der Außenlegierungsschicht, die Au und Pd enthält, vorzugsweise 15 At-% oder mehr. Der Rest der Außenlegierungsschicht ist Pd und unvermeidbare Verunreinigungen. In einer äußersten Oberfläche der Außenlegierungsschicht ist, wie nachstehend beschrieben, Cu konzentriert. Angesichts der Verbesserung der Wedge-Bondfähigkeit mit der Pd-metallisierten Leiterplatte und ähnlichem beträgt die maximale Au-Konzentration in der Außenlegierungsschicht besser 20 At-% oder mehr und ferner vorzugsweise 25 At-% oder mehr, 30 At-% oder mehr, 35 At-% oder mehr oder 40 At-% oder mehr. Angesichts der beträchtlichen Verbesserung der Wedge-Bondfähigkeit mit der Pd-metallisierten Leiterplatte oder der Leiterplatte mit einer Au-Metallisierung auf der Pd-Metallisierung beträgt die maximale Konzentration von Au vorzugsweise 40 At-% oder mehr. Wenn andererseits die maximale Konzentration von Au 75 At-% überschreitet, schmilzt Au in der Außenlegierungsschicht, die Au und Pd enthält, bevorzugt, wenn die Kugel an der Spitze des Drahts ausgebildet wird, wobei eine erhöhte Gefahr besteht, dass eine unregelmäßig geformte Kugel ausgebildet wird, wodurch die FAB-Form fehlerhaft sein kann. Im Gegensatz dazu wird die maximale Konzentration von Au in der Außenlegierungsschicht von 75 At-% oder weniger in der Hinsicht bevorzugt, dass keine Gefahr besteht, dass nur Au bevorzugt schmelzen wird, um eine unregelmäßig geformte Kugel zu bilden, und dass die Kugelförmigkeit und die Abmessungsgenauigkeit der Kugel nicht beeinträchtigt werden, wenn die Kugel an der Spitze des Drahts ausgebildet wird. Angesichts der Verbesserung der Kugelförmigkeit und der Abmessungsgenauigkeit der Kugel beträgt die maximale Konzentration von Au in der Außenlegierungsschicht 75 At-% oder weniger, besser 70 At-% oder weniger, und ferner besser 65 At-% oder weniger, 60 At-% oder weniger oder 55 At-% oder weniger. Angesichts der Verbesserung der Kugelförmigkeit und der Abmessungsgenauigkeit der Kugel und der Erreichung einer beträchtlich günstigen FAB-Form beträgt die maximale Konzentration von Au vorzugsweise 55 At-% oder weniger.

[0036] Der Bonddraht der vorliegenden Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass eine Konzentration von Cu an einer äußersten Oberfläche des Drahts 1 bis 10 At-% ist. Die äußerste Oberfläche des Drahts bedeutet eine Oberfläche der Außenlegierungsschicht, die Au und Pd enthält. Eine Region, in der eine Konzentration von Cu hoch ist (auf die hier nachstehend als „Cu-konzentrierter Teil“ Bezug genommen wird) in der äußersten Oberfläche des Drahts hat vorzugsweise eine Dicke von 2 bis 9 nm. Die Dicke des Cu-konzentrierten Teils ist eine Dicke von der äußersten Oberfläche des Drahts zu einer Position, bei der eine Konzentration von Cu die Hälfte von der an der äußersten Oberfläche des Drahts ist.

[0037] Wie vorstehend beschrieben, wurde für den Bonddraht, der das Kernmaterial mit Cu als einer Hauptkomponente, die Überzugschicht mit Pd als einer Hauptkomponente auf einer Oberfläche des Kernmaterials und die Legierungsschicht, die Au und Pd enthält, auf einer Oberfläche der Überzugschicht umfasst, die Zweibondfähigkeit mit der Pd-metallisierten Leiterplatte erheblich verbessern, indem entweder Pd oder Pt oder beides in einer gewissen Menge in das Kernmaterial mit Cu als einer Hauptkomponente zugesetzt wurden und die Konzentration von Cu an einer äußersten Oberfläche des Drahts auf einen gewissen Bereich eingestellt wurde. In der vorliegenden Erfindung wurden durch Verwendung eines spezifischen Cu-Legierungskernmaterials, das entweder Pd oder Pt oder beides in einer gewissen Menge enthält, und Einstellen

einer Konzentration von Cu an einer äußersten Oberfläche des Drahts auf 1 At-% oder mehr sowohl eine weitere Verbesserung der Wedge-Bondfähigkeit mit der Pd-metallisierten Leiterplatte oder der Leiterplatte mit einer Au-Metallisierung auf der Pd-Metallisierung als auch eine Verbesserung in der Symmetrie des fischschwanzförmigen (eine Fischschwanzflosse) gesickten Teils des Wedge-Bonds erreicht. Für diese Wirkung kann unter Verwendung einer Kombination des spezifischen Cu-Legierungskernmaterials und der Überzugstruktur als den Cu-konzentrierten Teil in der äußersten Oberfläche des Drahts/der Außenlegierungsschicht, die Au und Pd enthält/der Überzugsschicht mit Pd als einer Hauptkomponente eine beträchtliche Verbesserungswirkung erhalten werden. Dies kann ein synergetischer Wirkung liegen, die durch die Kombination des spezifischen Cu-Legierungskernmaterials, der Außenlegierungsschicht und des Cu-konzentrierten Teils bewirkt wird, wodurch die Wedge-Bondfähigkeit sich weiter verbessert hat und sich die Symmetrie der Drahtverformung in dem Wedge-Bonden verbessert hat.

[0038] Cu hat die Eigenschaft, bei hohen Temperaturen leicht durch Intrakorndiffusion, Korngrenzdiffusion oder ähnliches zu diffundieren, wenn es in einem anderen Metall enthalten ist. Wenn in der vorliegenden Erfindung, die das Cu-Legierungskernmaterial, die Überzugsschicht mit Pd als einer Hauptkomponente auf deren Oberfläche und ferner die Außenlegierungsschicht, die Au und Pd auf ihrer Oberfläche umfasst, wie nachstehend beschrieben, die Diffusionswärmebehandlung oder eine Temperwärmebehandlung durchgeführt wird, diffundiert Cu in dem Kernmaterial durch die Überzugsschicht und die Außenlegierungsschicht, wodurch ermöglicht wird, dass Cu die äußerste Oberfläche der Außenlegierungsschicht erreicht. Es wird überlegt, dass Cu an einer äußersten Oberfläche des Drahts in einem Zustand der Oberflächenkonzentration oder Oberflächenabsonderung ist. Cu kann teilweise oxidiert werden oder Cu kann innerhalb des vorstehend erwähnten Konzentrationsbereichs teilweise in eine Legierung, die Au und Pd der Außenlegierungsschicht enthält, aufgelöst werden.

[0039] In dem herkömmlichen Pd-beschichteten Cu-Bonddraht, der die Überzugsschicht mit Pd als einer Hauptkomponente nur auf der Oberfläche des Cu-Kernmaterials umfasst, wird das Cu-Kernmaterial mit hoher Reinheit (4N oder mehr) verwendet, und es besteht, wie vorstehend beschrieben, eine Neigung, die Verwendung des Cu-Kernmaterials mit niedriger Reinheit zu vermeiden. Wenn für den herkömmlichen Pd-beschichteten Cu-Bonddraht Cu an einer äußersten Oberfläche des Drahts konzentriert wird, wird eine Erscheinung beobachtet, in der die FAB-Form fehlerhaft wird. Die FAB-Form bedeutet Kugelförmigkeit, das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein einer Exzentrizität und das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein eines Schrumpfungshohlraums. In Bezug auf die Wedge-Bondfähigkeit nimmt die unbefriedigende Leistung weiter ab. Im Gegenteil wurde das erste Mal herausgefunden, dass der Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung, der das spezifische Cu-Legierungskernmaterial mit Cu als einer Hauptkomponente und entweder Pd oder Pt oder beides in einer gewissen Menge enthält, die Überzugsschicht mit Pd als einer Hauptkomponente, die auf einer Oberfläche des Cu-Legierungskernmaterials bereitgestellt ist, und die Außenlegierungsschicht, die Au und Pd enthält, die auf einer Oberfläche der Überzugsschicht bereitgestellt ist, umfasst, als eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung keine Verringerung der Leistung bewirkt, wenn Cu an einer äußersten Oberfläche des Drahts konzentriert ist, und im Gegenteil die Wedge-Bondfähigkeit, insbesondere Abschälcharakteristiken an der Pd-metallisierten Leiterplatte, beträchtlich verbessern kann, indem er Cu mit 1 At-% oder mehr an einer äußersten Oberfläche des Drahts enthält. Angesichts der Möglichkeit der weiteren Verbesserung der Wedge-Bondfähigkeit in dem Bonddraht der vorliegenden Erfindung beträgt die Konzentration von Cu an einer äußersten Oberfläche des Drahts vorzugsweise 1,5 At-% oder mehr und besser 2 At-% oder mehr, 2,5 At-% oder mehr oder 3 At-% oder mehr.

[0040] Wenn jedoch die Konzentration von Cu an der Oberfläche der Außenlegierungsschicht, das heißt, der äußersten Oberfläche des Drahts, übermäßig hoch ist, können Probleme in der Hinsicht auftreten, dass die Wedge-Bondfähigkeit und die FAB-Form fehlerhaft werden und außerdem die Drahtoberfläche wahrscheinlich oxidiert, wodurch sich die Qualität mit dem Verlauf der Zeit verschlechtert. Angesichts der Erreichung einer günstigen Wedge-Bondfähigkeit und FAB-Form und angesichts der Unterdrückung der Oxidation der Drahtoberfläche, um eine Qualitätsverschlechterung mit der Zeit zu unterdrücken, beträgt in dem Bonddraht der vorliegenden Erfindung die Konzentration von Cu an einer äußersten Oberfläche des Drahts 10 At-% oder weniger und vorzugsweise 9,5 At-% oder weniger oder 9 At-% oder weniger.

[0041] In einem bevorzugten Verfahren zur Ausbildung der Außenlegierungsschicht, die Au und Pd enthält, wird die Oberfläche des Cu-Legierungskernmaterials mit Pd beschichtet und ferner wird Au auf dessen Oberfläche abgeschieden, und der Draht wird dann einer Wärmebehandlung unterzogen, um wechselseitig Pd und Au zu diffundieren, wodurch die Außenlegierungsschicht ausgebildet wird, die Au und Pd enthält. Pd in der Überzugsschicht wird diffundiert, so dass es die Oberfläche der Außenlegierungsschicht erreicht, und wird derart diffundiert, dass eine Konzentration von Pd an der Oberfläche 25 At-% oder mehr betragen wird,

wodurch eine Konzentration von Au an der Oberfläche der Außenlegierungsschicht 75 At-% oder weniger wird. Die Konzentration von Pd an der Oberfläche des Drahts mit Enddurchmesser wird 25 At-% oder mehr, indem er zum Beispiel mit Pd beschichtet wird und dann Au auf eine Oberfläche des Cu-Legierungskernmaterials metallisiert wird, Drahtziehen durchgeführt wird und dann insgesamt zweimal eine Wärmebehandlung bei einem Drahtdurchmesser von 200 µm und 100 µm durchgeführt wird. In dieser Situation wird ein Konzentrationsgradient gebildet, bei dem eine Konzentration von Pd von der äußersten Oberfläche der Außenlegierungsschicht in Richtung der Mitte des Drahts sukzessive zunimmt. Auf diese Weise kann die maximale Konzentration von Au in der Außenlegierungsschicht 15 At-% bis 75 At-% betragen. Eine Position, an der eine Konzentration von Au 10 At-% beträgt, wird als die Grenze zwischen der Außenlegierungsschicht und der Überzugsschicht mit Pd als einer Hauptkomponente definiert.

[0042] Die Wärmebehandlung, die Pd durch die Außenlegierungsschicht diffundiert, bewirkt auch eine wechselseitige Diffusion zwischen dem Cu-Legierungskernmaterial und der Überzugsschicht mit Pd als einer Hauptkomponente. Folglich tritt ein Fall, in dem eine Region ausgebildet wird, in der eine Konzentration von Pd von der Oberflächenseite in Richtung der Mitte in der Nähe der Grenze zwischen dem Cu-Legierungskernmaterial und der Überzugsschicht sukzessive abnimmt und eine Konzentration von Cu zunimmt, oder ein Fall auf, in dem eine intermetallische Pd-Cu-Verbindungsschicht mit einer Dicke von 20 nm oder weniger in der Grenze ausgebildet wird. In der vorliegenden Erfindung wird auf die beiden Fälle als eine Diffusionsregion Bezug genommen.

[0043] Es wird ein Verfahren zur Auswertung einer Komponentenzusammensetzung des Drahts der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0044] Für eine Konzentrationsanalyse der Überzugsschicht und der Außenlegierungsschicht und eine Konzentrationsanalyse von Pd, Pt, Au und Ni in dem Cu-Legierungskernmaterial ist 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 darauf wirksam. Das Erstere ist wirksam, wenn die Außenlegierungsschicht und die Überzugsschicht dünn sind, aber es benötigt zu viel Zeit für die Messung dickerer Schichten. Die letztere Querschnittsanalyse ist wirksam, wenn die Außenlegierungsschicht und die Überzugsschicht dick sind, und hat einen Vorteil, dass es relativ einfach ist, die Konzentrationsverteilung über den gesamten Querschnitt auszuwerten, und der Reproduzierbarkeit an ein paar Punkten, aber es verringert die Genauigkeit, wenn die Außenlegierungsschicht und die Überzugsschicht dünn sind. Es ist auch möglich, eine Messung auszuführen, indem der Bonddraht schräg poliert wird und die Dicken der Außenlegierungsschicht, der Überzugsschicht, des Kernmaterials und der Diffusionsregionen in ihren Grenzen vergrößert werden.

[0045] Die Linienanalyse ist relativ einfach für einen Querschnitt. Um die Genauigkeit der Analyse zu verbessern, ist es wirksam, Analyseintervalle der Linienanalyse zu verringern oder eine Punktanalyse durchzuführen, die auf eine Region konzentriert ist, deren Beobachtung in der Nachbarschaft einer Grenzfläche erwünscht ist.

[0046] Als ein Analysator, der für eine derartige Konzentrationsanalyse verwendet wird, können eine Auger-Elektronenspektroskopie- (AES-) Vorrichtung, die in einem Rasterelektronenmikroskop (SEM) oder einem Transmissionselektronenmikroskop (TEM) installiert ist, ein energiedispersiver Röntgenstrahl- (EDX-) Analysator, ein Elektronensondenmikroanalysator (EPMA), etc. angewendet werden. Als ein Verfahren zum Freilegen eines Drahtquerschnitts können ein mechanisches Polieren, ein Ionenätzen, etc. angewendet werden. Insbesondere hat ein Verfahren unter Verwendung der AES-Vorrichtung eine hohe räumliche Auflösung und ist wirksam für die Konzentrationsanalyse einer dünnen Region der äußersten Oberfläche.

[0047] Für eine Analyse von P, B, Be, Fe, Mg, Ti, Zn, Ag und Si 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. Für eine Untersuchung einer mittleren Zusammensetzung oder ähnlichem ist es zum Beispiel auch möglich, den Bonddraht von seiner Oberfläche schrittweise mit einer Säure oder ähnlichem aufzulösen und die Zusammensetzung des aufgelösten Teils aus der in der Lösung enthaltenen Konzentration zu bestimmen.

[0048] Bezüglich der PdCu-Verbindung, die in der Grenze zwischen der Überzugsschicht und dem Kernmaterial ausgebildet wird, wird eine Linienanalyse über die Grenzfläche zwischen dem Kernmaterial und der Über-

zugschicht auf dem polierten Querschnitt des Drahts unter Verwendung einer EPMA, einer EDX-Vorrichtung, einer AES-Vorrichtung, eines TEM oder ähnlichem durchgeführt, wodurch die Dicke, Zusammensetzung, etc. der Diffusionsregion bekannt sein können.

[0049] Auf einen Querschnitt des Kernmaterials in einer Richtung senkrecht zu einer Drahtachse des Bonddrahts wird hier nachstehend als ein „senkrechter Abschnitt“ Bezug genommen. Durch Messen von Kristallorientierungen auf dem senkrechten Abschnitt kann ein Orientierungsanteil einer Kristallorientierung $\langle 100 \rangle$ mit einem Winkel von 15 Grad oder weniger zu einer Drahtlängsrichtung aus Kristallorientierungen in der Drahtlängsrichtung ausgewertet werden. In der vorliegenden Erfindung hat die Kristallorientierung $\langle 100 \rangle$ mit einem Winkel von 15 Grad oder weniger zu einer Drahtlängsrichtung in dem senkrechten Schnitt einen Anteil von vorzugsweise 30% oder mehr unter den Kristallorientierungen in der Drahtlängsrichtung. Da das Kernmaterial eine derartige Kristallstruktur hat, können Neigungsfehler verringert werden, und die während des Kugelbondens gebildete Kugel wird weichgemacht, wodurch ein Chipschaden beim Kugelbonden verringert wird. Ebenso kann die Wedge-Bondfähigkeit verbessert werden, da der Draht weichgemacht wird. Angesichts der Unterdrückung von Neigungsfehlern, der Verringerung von Chipschäden und der weiteren Verbesserung der Wedge-Bondfähigkeit hat die vorstehend erwähnte Kristallorientierung $\langle 100 \rangle$ einen Anteil von besser 35% oder mehr und noch besser 40% oder mehr, 45% oder mehr, 50% oder mehr oder 55% oder mehr.

[0050] Die auf dem senkrechten Schnitt des Drahts beobachtete Kristallorientierung kann durch ein Mikroregion-Röntgenbeugungsverfahren, ein Elektronenrückstreubeugungsverfahren (EBSD), etc. das in einer TEM-Beobachtungsvorrichtung installiert ist, gemessen werden. Unter diesen wird das EBSD-Verfahren stärker bevorzugt, da es verwendet werden kann, um Kristallorientierungen auf einer Beobachtungsoberfläche zu beobachten, und eine Winkeldifferenz der Kristallorientierungen zwischen benachbarten Messpunkten graphisch zeigt. Ferner kann das EBSD-Verfahren verwendet werden, um die Kristallorientierungen selbst für einen dünnen Draht wie den Bonddraht relativ leicht mit hoher Genauigkeit zu beobachten. Der Orientierungsanteil der Kristallorientierung $\langle 100 \rangle$ mit einem Winkel von 15 Grad oder weniger zu einer Drahtlängsrichtung kann in dem Mikroregion-Röntgenbeugungsverfahren als ein Volumenanteil der Kristallorientierung basierend auf der Röntgenstrahlintensität jeder der Kristallorientierungen bestimmt werden, und der Orientierungsanteil kann direkt aus den Kristallorientierungen, die wie vorstehend beschrieben in dem EBSD-Verfahren beobachtet werden, berechnet werden. Um den Orientierungsanteil auf dem senkrechten Schnitt zu berechnen, wurde der gesamte Querschnitt des Bonddrahts in einer Richtung senkrecht zu einer Drahtziehrichtung des Bonddrahts beobachtet. In einem Verfahren zur Berechnung des Anteils der Kristallorientierung gibt es einige Teile, für die die Messung der Kristallorientierung unmöglich ist oder die Zuverlässigkeit der Orientierungsanalyse gering ist, auch wenn die Messung möglich ist. Um derartige Teile aus dem Objekt in der Berechnung zu eliminieren, wurde ein Bereich der Kristallorientierung, wo die Bestimmung basierend auf der in der dedizierten Software in dem Messbereich festgelegten Zuverlässigkeit erreicht wurde, nur als eine Population bestimmt. Wenn die Dicke oder Zusammensetzung, die durch eines der vorstehenden Verfahren erhalten wird, innerhalb des Bereichs der vorliegenden Erfindung liegt, kann die Wirkung der vorliegenden Erfindung erhalten werden.

[0051] Als nächstes wird ein Verfahren zur Herstellung des Bonddrahts für eine Halbleitervorrichtung der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0052] Zuerst werden gemäß der Zusammensetzung des Cu-Legierungskernmaterials Cu mit hoher Reinheit (eine Reinheit von 99,99% oder mehr) und Ausgangsmaterialien von Zusatzelementen als Anfangsausgangsmaterialien gewogen und werden in einem Hochvakuum oder in einer inerten Atmosphäre, wie etwa Stickstoff oder Ar, erhitzt und geschmolzen, um einen Gussblock mit einem Durchmesser von etwa 2 bis 10 mm zu erhalten, der gewisse Komponenten mit Cu und unvermeidbare Verunreinigungen als den Rest enthält. Dieser Gussblock wird Schmieden, Walzen und Drahtziehen unterzogen, um einen Draht mit einem Durchmesser von etwa 0,3 bis 1,5 mm herzustellen, auf dem die Überzugschicht ausgebildet werden soll.

[0053] Als ein Verfahren zur Ausbildung der Überzugschicht mit Pd als einer Hauptkomponente auf einer Oberfläche des Cu-Legierungskernmaterials kann Galvanisieren, stromloses Metallisieren, Verdampfen oder ähnliches verwendet werden. Unter ihnen wird das Galvanisieren industriell am stärksten bevorzugt, weil es die dünne Schichtdicke stabil steuern kann. Nach dem Ausbilden der Überzugschicht mit Pd als einer Hauptkomponente auf einer Oberfläche des Cu-Legierungskernmaterials durch eines dieser Verfahren wird die Außenlegierungsschicht, die Au und Pd enthält, auf einer Oberfläche der Überzugschicht ausgebildet. Jedes Verfahren kann zur Ausbildung der Außenlegierungsschicht verwendet werden. Nach der Ausbildung der Überzugschicht, wird die dünne Au-Schicht auf deren Oberfläche als Außenschicht ausgebildet, und Pd

kann durch eine Wärmebehandlung diffundiert werden, so das Pd die Oberfläche von Au erreicht, um das abgeschiedene Au in die Legierungsschicht, die Au und Pd enthält, zu ändern. Als ein Verfahren dafür wird ein Verfahren, welches das Legieren durch fortlaufendes Schwingen des Drahts mit einer konstanten Geschwindigkeit in einem elektrischen Ofen mit einer konstanten Ofentemperatur fördert, in der Hinsicht bevorzugt, dass die Zusammensetzung und die Dicke der Legierung sicher gesteuert werden kann. Wenngleich Galvanisieren, stromloses Metallisieren, Verdampfen oder ähnliches als ein Verfahren zum Ausbilden der dünnen Au-Schicht auf einer Oberfläche der Überzugschicht verwendet werden können, wird Galvanisieren aus dem vorstehenden Grund am stärksten bevorzugt. Der Schritt zum Abscheiden der Überzugschicht und der Außenlegierungsschicht auf eine Oberfläche des Cu-Legierungskernmaterials wird am besten nach dem Ausführen des Drahtziehens auf einen Enddurchmesser des Cu-Legierungskernmaterials durchgeführt. Alternativ können die Überzugschicht und die Außenlegierungsschicht zu der Zeit abgeschieden werden, wenn der Draht mitten in dem Drahtziehen des Cu-Legierungskernmaterials auf einen gewissen Drahtdurchmesser gezogen ist, und das Drahtziehen kann dann auf den Enddrahtdurchmesser durchgeführt werden. Die Überzugschicht und die Außenlegierungsschicht können in der Gussblockphase abgeschieden werden.

[0054] Zu der Zeit des Heizens zum Legieren der Außenlegierungsschicht wird eine Atmosphäre im Ofen unter Berücksichtigung der Verunreinigung der Ausgangsmaterialien zu einer inerten Atmosphäre, wie etwa Stickstoff oder Ar gemacht, und außerdem wird im Gegensatz zu einem Verfahren zum Erhitzen des herkömmlichen Bonddrahts die Konzentration von in der Atmosphäre enthaltenem Sauerstoff zu 5000 ppm oder weniger gemacht. Noch bevorzugter wird das Mischen eines reduzierenden Gases, wie etwa Wasserstoff, in ein inertes Gas in einer Menge von wenigstens 500 ppm in der Hinsicht bevorzugt, dass die Wirkung der Verhinderung der Verunreinigung der Ausgangsmaterialien des Drahts sich weiter verbessert. Wenngleich passende Werte der Temperatur im Ofen oder der Geschwindigkeit, mit der der Draht geschwungen wird, abhängig von der Zusammensetzung des Drahts variieren, werden die Temperatur im Ofen zum Beispiel in dem Bereich von etwa 210 bis 700°C und die Geschwindigkeit, mit der der Draht geschwungen wird, von etwa 20 bis 40 m/Min in der Hinsicht bevorzugt, dass ein stabiler Betrieb durchgeführt werden kann und dass ein Bonddraht mit stabiler Qualität erhalten werden kann. Das Heizen zum Legieren der Außenlegierungsschicht wird vorzugsweise nach dem Ausführen des Drahtziehens auf den Enddurchmesser des Kernmaterials durchgeführt, weil das Tempern des Drahts auch nach dem Drahtziehen durchgeführt werden kann. Natürlich kann das Heizen zum Legieren der Außenlegierungsschicht zu der Zeit durchgeführt werden, wenn der Draht auf einen Durchmesser in einem Zwischenstadium gezogen ist. Das Heizen wird, wie vorstehend beschrieben, durchgeführt, was zulässt, dass Cu in dem Cu-Legierungskernmaterial durch die Überzugschicht und die Außenlegierungsschicht diffundiert, um die äußerste Oberfläche der Außenlegierungsschicht zu erreichen. Die Heiztemperatur und Zeit werden innerhalb des günstigen Bereichs geeignet ausgewählt, wodurch zugelassen wird, dass die Konzentration von Cu an einer äußersten Oberfläche des Drahts in den Bereich von 1 bis 10 At-% fällt.

[0055] Um die Dicke der Außenlegierungsschicht und die Dicke der Überzugschicht getrennt zu steuern, ist es wirksam, eine Wärmebehandlung nach dem Beschichten einer Oberfläche des Cu-Legierungskernmaterials mit Pd durchzuführen und ferner eine Wärmebehandlung nach der Abscheidung von Au anstelle einer einfachen einzelnen Wärmebehandlung durchzuführen. Diese Ausführungsform hat den Vorteil, dass die Temperatur im Ofen und die Drahtschwinggeschwindigkeit für die jeweiligen Wärmebehandlungsbedingungen getrennt festgelegt werden können.

[0056] In einem Bearbeitungsverfahren nach dem Ausbilden der Außenlegierungsschicht und der Überzugschicht werden ein Walzen, Gesenkschmieden, Formwerkzeug-Drahtziehen, etc. ausgewählt und abhängig von einem Objekt ausgewählt.

[0057] Die Steuerung von Arbeitsstrukturen, Versetzungen, Defekten in Kristallkorngrenzen, etc. mit einer Arbeitsgeschwindigkeit, einer Walzverringerrate, einer Verringerungsrate in der Fläche des Formwerkzeugs oder ähnliches haben Einfluss auf die Struktur, das Haftvermögen oder ähnliches der Außenlegierungsschicht und der Überzugschicht.

[0058] Nach der Bearbeitung ist es erforderlich, dass beim Enddurchmesser des Drahts ein Wärmebehandlungsverfahren durchgeführt wird. Durch alleiniges Durchführen eines derartigen Wärmebehandlungsverfahrens ist es schwierig, eine gewünschte Dicke der Legierungsschicht und der Überzugschicht, eine gewünschte maximale Konzentration von Au und eine gewünschte Oberflächenkonzentration von Cu zu erhalten. In diesem Fall ist es wirksam, das Wärmebehandlungsverfahren zwei oder dreimal in der Mitte der Bearbeitung durchzuführen.

[0059] Insbesondere unterscheiden sich Au und Pd im Schmelzpunkt und der Leichtigkeit, mit der sie bearbeitet werden (Festigkeit), und es ist wichtig, die Wärmebehandlung in einem Stadium durchzuführen, in dem der Bearbeitungsgrad gering ist, um die AuPd-Legierungsschicht über den gesamten Umfang des Drahts auszubilden. Um Cu auf der Oberfläche zu konzentrieren, ist es wirksam, absichtlich in dem Wärmebehandlungssofen, der mit einem inerten Gas gefüllt ist, eine höhere Sauerstoffkonzentration festzulegen, um nicht einfach eine Wärmebehandlungstemperatur zu erhöhen. Wenn eine Sauerstoffkonzentration jedoch übermäßig hoch ist, bestehen Bedenken, dass die Oxidation von Cu in dem Cu-Legierungskernmaterial auftreten kann. Angesichts dessen ist die Sauerstoffkonzentration vorzugsweise 0,2% bis 0,7%, und für jede andere Wärmebehandlung wird die Sauerstoffkonzentration vorzugsweise auf die Größenordnung von ppm verringert.

[0060] Um die Überzugschicht, die Außenlegierungsschicht und den Cu-konzentrierten Teil auf der äußersten Oberfläche mit einer gewünschten Zusammensetzung und dünnen Schichtdicke auszubilden, ist es wirksam, eine Schätzung aus einer Dicke einer anfänglich ausgebildeten dünnen Schicht, mehreren Wärmebehandlungsbedingungen und ähnlichem angesichts eines Wissens über normale wechselseitige Diffusion, wie etwa das Ficksche Gesetz, auszuführen. Um die Genauigkeit weiter zu verbessern wird basierend auf der Schätzung ein Modell eines Drahts einmal oder öfter hergestellt, eine tatsächliche Diffusionserscheinung wird durch Oberflächenanalyse bestimmt, und Bedingungen einer Wärmebehandlungsvorrichtung und ähnliches werden eingestellt, wodurch es leicht gemacht wird, selbst mit verschiedenen Dicken und Zusammensetzungen zurecht zu kommen.

[0061] Der Orientierungsanteil der Kristallorientierung $\langle 100 \rangle$ mit Winkeln von 15 Grad oder weniger zu der Drahtlängsrichtung unter den Kristallorientierungen in der Drahtlängsrichtung in dem senkrechten Schnitt des Cu-Legierungskernmaterial kann durch die Bedingungen der Wärmebehandlung, die nach dem abschließenden Drahtziehen durchgeführt wird, gesteuert werden. Insbesondere, wenn eine Wärmebehandlungstemperatur eine relativ niedrige Temperatur, z.B. 350 bis 550°C ist, tritt eine Rekristallisation zur Entfernung von mechanischer Bearbeitungsspannung (primäre Rekristallisation) auf, aber ein Wachstum grober Kristallkörner (sekundäre Kristallisation) wird unterdrückt. Primär rekristallisierte Kristallkörner haben einen größeren Anteil der Kristallorientierung $\langle 100 \rangle$, während sekundär rekristallisierte Kristallkörner einen kleineren Anteil der Kristallorientierung $\langle 100 \rangle$ haben. Somit kann die Kristallorientierung $\langle 100 \rangle$ mit einem Winkel von 15 Grad oder weniger zu der Drahtlängsrichtung in dem senkrechten Schnitt des Cu-Legierungskernmaterials einen Anteil von 30% oder mehr unter den Kristallorientierungen in der Drahtlängsrichtung haben.

Beispiele

[0062] Aus Ausgangsmaterialien eines Bonddrahts wurden Cu mit einer Reinheit von 99,99 Massen-% oder höher und Pd, Pt, Au, Ni, P, B, Be, Fe, Mg, Ti, Zn, Ag und Si als Zusatzelemente zur Herstellung eines Cu-Legierungskernmaterials verwendet; Pd mit einer Reinheit von 99,99 Massen% oder mehr wurde zur Ausbildung einer Überzugschicht verwendet; und Au mit einer Reinheit von 99,99 Massen-% oder mehr wurde zur Ausbildung einer Außenlegierungsschicht verwendet. Cu und die Zusatzelemente wurden als Anfangsausgangsmaterialien gewogen und wurden dann in einem Hochvakuum geheizt und geschmolzen, um einen Cu-Legierungsgussblock mit einem Durchmesser von etwa 10 mm zu erhalten. Der Gussblock wurde dann geschmiedet, gewalzt und Drahtziehen unterzogen, um einen Cu-Legierungskernmaterial mit einem Durchmesser von 500 µm herzustellen. Danach wurde Galvanisieren durchgeführt, um eine Pd-Überzugschicht mit einer Dicke von 1 bis 3 µm auf einer Oberfläche des Cu-Legierungsdrahts auszubilden und eine Au-Außenschicht mit einer Dicke von 0,05 bis 0,2 µm auf einer Oberfläche der Überzugschicht auszubilden. Die Enddicken der Pd-Überzugschicht und der AuPd-Außenlegierungsschicht sind in Tabelle 1 aufgelistet. Die Position, an der eine Konzentration von Pd 50 At-% ist, wurde als eine Grenze zwischen dem Kernmaterial und der Überzugschicht festgelegt, und die Position, an der eine Konzentration von Au 10 At-% ist, wurde als eine Grenze zwischen der Überzugschicht und der Außenlegierungsschicht festgelegt. Kontinuierliches Drahtziehen wurde dann unter einer Bedingung einer Drahtziehgeschwindigkeit von 100 bis 700 m/Min und einer Flächenverringerrungsrate des Formwerkzeugs von 8 bis 30% durchgeführt, um Enddrahtdurchmesser zu erhalten, die in Tabelle 1 aufgelistet sind. Die Dicke der Außenlegierungsschicht, die maximale Konzentration von Au, die Oberflächenkonzentration von Cu und die Dicke der Überzugschicht wurden durch die zwei- oder dreimalige Durchführung einer Wärmebehandlung während des Drahtziehens gesteuert. Die Bedingungen dafür waren wie folgt: eine Temperatur von etwa 500 bis 700°C und eine Geschwindigkeit von 10 bis 70 m/Min bei einem Drahtdurchmesser von 200 bis 250 µm; eine Temperatur von etwa 450 bis 650°C und eine Geschwindigkeit von 20 bis 90 m/Min bei einem Drahtdurchmesser von 70 bis 100 µm; und wenn der Enddrahtdurchmesser dünn ist, zusätzlich eine Temperatur von 300 bis 500°C und eine Geschwindigkeit von 30 bis 100 m/Min bei einem Drahtdurchmesser von 40 bis 70 µm. Die Wärmebehandlung wurde

dann unter einer Bedingung einer in Tabelle 1 gezeigten Temperatur und einer Geschwindigkeit von 30 bis 120 m/Min bei den Enddurchmessern durchgeführt. Um Cu in die Oberfläche zu diffundieren, wurde eine Sauerstoffkonzentration in einem Wärmebehandlungssofen auf 0,2 bis 0,7% festgelegt, was höher als eine Normalkonzentration ist. Diese Wärmebehandlung wird, wenn möglich, vorzugsweise zuletzt durchgeführt; dies liegt daran, dass, wenn das Drahtziehen wiederholt wird, nachdem Cu zu der Oberfläche freiliegt, wahrscheinlich die Oxidation von Cu auftritt. In der Wärmebehandlung außer dieser wurde die Sauerstoffkonzentration in dem Wärmebehandlungssofen auf weniger als 0,2% festgelegt, wodurch eine stabile Dicke, Zusammensetzung und ähnliches gesteuert wurden, während die übermäßige Oxidation der Außenlegierungsschicht unterdrückt wurde. Auf diese Weise wurden Bonddrähte mit einem Durchmesser von 15 bis 25 µm erhalten.

[0063] Die Konzentrationsanalyse der Überzugschicht und der Außenlegierungsschicht und die Konzentrationsanalyse von Pd, Pt, Au und Ni in dem Cu-Legierungskernmaterial wurden unter Verwendung einer AES-Vorrichtung durchgeführt, während Ar-Ionen von einer Oberfläche des Bonddrahts in die Tiefenrichtung gesputtert wurden. Die Dicken der Überzugschicht und der Außenlegierungsschicht wurden aus einem erhaltenen Konzentrationsprofil in der Tiefenrichtung (die Einheit der Tiefe war im Sinne von SiO₂) bestimmt. Für die Beobachtung der Elementverteilung wurde auch eine Analyse unter Verwendung eines EPMA, einer EDX-Vorrichtung und ähnlicher durchgeführt. Eine Region, in der eine Konzentration von Pd 50 At-% oder höher war und eine Konzentration von Au kleiner als 10 At-% war, wurde als die Überzugschicht bestimmt, und eine Region, in der die Konzentration von Au in dem Bereich von 10 At-% oder mehr auf einer Oberfläche der Überzugschicht war, wurde als die Außenlegierungsschicht bestimmt. Die Dicken und Zusammensetzungen der Überzugschicht und der Außenlegierungsschicht sind in Tabelle 1 aufgelistet. Die Konzentrationen von P, B, Be, Fe, Mg, Ti, Zn, Ag und Si in dem Bonddraht wurden durch ein ICP-Emissionsspektrometer, ein ICP-Massenspektrometer und ähnliches gemessen.

[0064] Für die Verbindung eines Bonddrahts wurde ein im Handel erhältlicher automatischer Drahtbender verwendet. Unmittelbar vor dem Bonden wurde durch Bogenentladung eine Kugel an einer Spitze des Bonddrahts erzeugt. Der Durchmesser der Kugel wurde als das 1,7-fache des Durchmessers des Bonddrahts ausgewählt. Die Atmosphäre während der Herstellung der Kugel war Stickstoff.

[0065] Als Objekte, die mit dem Bonddraht gebondet werden sollen, wurden Al-Elektroden mit einer Dicke von 1 µm, die auf einem Si-Chip ausgebildet sind, und Drähte einer Leiterplatte, deren Oberfläche mit Pd metallisiert ist, verwendet. Die hergestellte Kugel wurde mit der auf 260°C geheizten Elektrode kugelgebondet, worauf das Wedge-Bonden eines Basisteils des Bonddrahts an den auf 260°C geheizten Leiter und das Ausbilden einer weiteren Kugel folgte, wobei auf diese Weise das Bonden sukzessive wiederholt wurde. Eine Leitungslänge hatte zwei Arten: 3 mm und 5 mm und eine Leitungshöhe hatte zwei Arten 0,3 mm und 0,5 mm.

[0066] Für die Wedge-Bondfähigkeit des Bonddrahts wurden eine Toleranz, ein Abschälen, eine Festigkeit und eine Fischschwanzsymmetrie ausgewertet. Bezüglich der Toleranz wurden 100 Teile sukzessiven Bondens unter 56 Bedingungen mit einer Last zur Zeit des Wedge-Bondens von 20 gf bis 90 gf in 10-gf-Inkrementen und mit Ultraschallwellen von 60 mA bis 120 mA in 10-mA-Inkrementen durchgeführt, und Bedingungen, unter denen das erfolgreiche Bonden durchgeführt werden konnte, wurden gezählt. Wenn die Bedingungen, unter denen das erfolgreiche Bonden durchgeführt werden konnte, zu 40 oder mehr waren, wurde ein Symbol eines „Doppelkreises“ bestimmt, 30 oder mehr und weniger als 40 wurde als ein „Kreis“-Symbol bestimmt, und weniger als 30 wurde als ein „Kreuz“-Symbol bestimmt. Bezüglich des Abschälens wurden 100 gebondete Teile des Bonddrahts, die zweitgebondet waren, beobachtet und abgeschälte gebondete Teile wurden als NG gezählt. Bezüglich der Fischschwanzsymmetrie wurden 100 gebondete Teile des Bonddrahts, die zweitgebondet waren, beobachtet und ihre Symmetrie wurde ausgewertet. Die Längen von der Mitte eines fischschwanzförmigen gesickten Teils zu dem linken Ende und dem rechten Ende wurden gemessen und ein fischschwanzförmiger gesickter Teil, bei dem die Differenz zwischen diesen 10% oder mehr war, wurde als NG gezählt. Bezüglich des Abschälens und der Fischschwanzsymmetrie wurde NG, das 0 ist, als ein Symbol eines „Doppelkreises“ bestimmt, 1 bis 10 wurde als ein „Kreis“-Symbol bestimmt, und 11 oder mehr wurde als ein „Kreuz“-Symbol bestimmt. Bezüglich der Festigkeit wurde der zweitgebondete Bonddraht unmittelbar oberhalb des zweitgebondeten Teils aufgegriffen, wurde nach oben gehoben, bis er brach, und eine Bruchlast, die beim Bruch erhalten wurde, wurde abgelesen. Die Festigkeit hängt vom Drahtdurchmesser ab, und das Verhältnis der Festigkeit/Drahtzugfestigkeit wurde verwendet. Das Verhältnis von 85% oder mehr war vorteilhaft, um mit einem Symbol eines „Doppelkreises“ markiert zu werden, 70 bis 85% wurde als kein Problem bestimmt, um mit einem „Kreis“-Symbol markiert zu werden, 55 bis 70% wurde als die Möglichkeit des Auftretens von Mängeln aufweisend bestimmt, um mit einem „Dreieck“-Symbol mar-

kiert zu werden, und 55% oder weniger wurde als fehlerhaft bestimmt, um mit einem „Kreuz“-Symbol in der Spalte „Wedge-Bondfestigkeit“ der Tabelle markiert zu werden.

[0067] Für die Erstbondfähigkeit (Kugelbondfähigkeit) des Bonddrahts wurden ein HAST-Test, eine Kugelform, eine FAB-Form und ein Chipschaden ausgewertet. Um die Unversehrtheit eines Kugelbondteils in dem HAST-Test auszuwerten, wurde eine Halbleitervorrichtung, an der Bonden durchgeführt wurde, ausgewertet, die in einem Hochtemperatur-Hochfeuchtigkeitsofen mit einer Temperatur von 130°C, einer relativen Feuchtigkeit von 85% RF und 5 V gelassen wurde, und die Vorrichtung wurde alle 48 Stunden herausgenommen und wurde ausgewertet. Der elektrische Widerstand wurde als ein Auswertungsverfahren gemessen, und eine Halbleitervorrichtung, deren Widerstand zunahm, wurde als NG bestimmt. Eine Zeit von mehr als 480 Stunden, bis NG bestimmt wurde, wurde als ein „Doppelkreis“-Symbol bestimmt, 384 Stunden oder mehr und weniger als 480 Stunden wurde als ein „Kreis“-Symbol bestimmt und weniger als 384 Stunden wurde als ein „Kreuz“-Symbol bestimmt.

[0068] Bezüglich der Kugelförmigkeit wurden 100 Kugelteile mit einem Lichtmikroskop untersucht. Ein Kugelbondteil, der nahe einem perfekten Kreis war, wurde als OK bestimmt, wenn er wie ein Blütenblatt war, wurde er als NG bestimmt, und seine Anzahlen wurden gezählt. Bezüglich der FAB-Form wurden 100 FABs auf der Leiterplatte hergestellt und mit einem SEM beobachtet. Eine perfekt sphärische FAB wurde als OK bestimmt, exzentrisch oder mit einem Schrumpfungshohlraum wurde als NG bestimmt, und ihre Anzahlen wurden gezählt. Bezüglich der Kugelform und der FAB-Form wurde NG, das 0 ist, als ein „Doppelkreis“-Symbol bestimmt, 1 bis 5 wurde als ein „Kreis“-Symbol bestimmt, 6 bis 10 wurde als ein „Dreieck“-Symbol bestimmt und 11 oder mehr wurde als ein „Kreuz“-Symbol bestimmt. Symbole eines Doppelkreises und Kreises bestehen, während ein Dreiecksymbol mit etwas fehlerhafter Qualität durchgeht.

[0069] In der Auswertung des Chipschadens wurden 20 kugelgebundene Teile schnittpoliert und ein in der Elektrode auftretender Riss wurde als fehlerhaft bestimmt. Vier oder mehr fehlerhafte kugelgebundene Teile wurden mit einem „Kreuz“-Symbol markiert, drei oder weniger wurden mit einem „Dreieck“-Symbol markiert, ein oder zwei wurden mit einem „Kreis“-Symbol markiert, und die Beobachtung keines Risses wurde als gut bestimmt, um mit einem „Doppelkreis“-Symbol in der Spalte „Chipschaden“ in Tabelle 2 markiert zu werden. Symbole eines Doppelkreises und Kreises bestehen, während ein Dreiecksymbol mit etwas fehlerhafter Qualität durchgeht.

[0070] Bezüglich der Auswertung der Neigung nach dem Durchführen des Bondens wurden 100 Leitungen der jeweiligen Proben für eine Leitungslänge von 3 mm und 5 mm und eine Leitungshöhe von 0,3 mm und 0,5 mm mit einem Lichtmikroskop beobachtet. Ein Fall, in dem nur in null bis zwei Leitungen eine fehlerhafte Neigung beobachtet wurde, wurde als gut bestimmt, um mit einem „Doppelkreis“-Symbol markiert zu werden, ein Fall, in dem eine fehlerhafte Neigung nur in drei bis vier Leitungen beobachtet wurde, wurde als ein Niveau mit praktisch keinem Problem bestimmt, um mit einem „Kreis“-Symbol markiert zu werden, ein Fall mit fünf bis sieben Leitungen wurde mit einem „Dreieck“-Symbol markiert, und ein Fall, in dem eine fehlerhafte Neigung in acht oder mehr Leitungen beobachtet wurde, wurde als minderwertig bestimmt, um mit einem „Kreuz“-Symbol in der Spalte „Neigung“ markiert zu werden.

[0071] Der Orientierungsanteil der Kristallorientierung $\langle 100 \rangle$ mit einem Winkel von 15 Grad oder weniger zu der Drahtlängsrichtung wurde auf dem senkrechten Schnitt des Kernmaterials beobachtet, und der Orientierungsanteil wird durch Beobachten von Kristallorientierungen auf einer Beobachtungsoberfläche durch EBSD berechnet. Für die Analyse der EBSD-Messdaten wurde eine dedizierte Software (zum Beispiel OIM-Analyse, hergestellt von TSL) verwendet. In der Berechnung wurde die gesamte Region des Bonddrahts ausgewählt, und für jede Probe wurden drei Sichtfelder beobachtet. Der Orientierungsanteil der Kristallorientierung $\langle 100 \rangle$ von 15 Grad oder weniger zu der Drahtlängsrichtung auf dem senkrechten Schnitt des Kernmaterials ist in der Spalte „Kristallorientierung $\langle 100 \rangle$ “ in „senkrechter Schnitt“ in Tabelle 2 aufgelistet.

[0072] In Tabelle 1 sind Werte außerhalb des Bereichs der vorliegenden Erfindung unterstrichen.

[Tabelle 1]

Nr.	Draht-durch-messer (µm)	Zusatzelement 1			Zusatzelement 2				Zusatzelement 3						
		Pd (Massen-%)	Pt (Massen-%)	Au	Ni (Massen-%)	P	B	Be	Fe	Mg (Massen-% ⁹)	Ti	Zn	Ag	Si	
1	15	1,3	0,6		0,4			0,0011						0,0007	
2	15		1,8				0,008								
3	15	1,8		0,4		0,006		0,0005							
4	18	1,1		0,1						0,0015	0,0015				
5	18	1,0		1,0		0,003	0,0004	0,0007						0,0008	
6	18	0,8	0,1	0,3	0,1			0,0004				0,0007			
7	18		1,1			0,01									
8	18	2,5		0,3			0,0007	0,0005					0,0008		
9	18		0,5			0,005		0,0006						0,0004	
10	20	1,5		0,7		0,005				0,003			0,0015		
11	20		1,3			0,0001									
12	20	1,4			1,3	0,004		0,001							
13	20		2,1		0,8	0,008		0,0005						0,0005	
14	20	1,3		0,5				0,0006							
15	23	0,1					0,0002								
16	23	1,0		1,7	0,3			0,0014							
17	23		0,8			0,0065				0,005			0,002		
18	23	3,0													
19	25	2,2	0,2			0,002						0,002			
20	25	0,4					0,0011	0,0011							
21	25	0,5		1,2			0,0008	0,0024						0,002	
22	25		1,1												
23	25	2,1		0,4											
24	25	1,8													
25	25	2,0	0,4												

Nr.	Draht-durch- messer (µm)	Zusatzelement 1			Zusatzelement 2				Zusatzelement 3							
		Pd	Pt	Au	Ni	P	B	Be	Fe	Mg	Ti	Zn	Ag	Si		
		(Massen-%)														
26	18		0,5			0,005										
27	18	1,9		0,5			0,0012	0,0012								
28	20	0,05				0,007										
Ver- gleichsbsp.	20	1,1		0,5		0,005		0,005								0,007
30	23	0,8				0,007							0,005			
31	20															

[Tabelle 1] (Fortsetzung)

Nr.	Dicke der Überzugsschicht	Hautschicht		Cu-konzentriertes Teil	Wärmebehandlungstemperatur °C	
		Dicke nm	Max. Au-Konzentration At-%	Äußerste Oberflächenkonzentration At-%		
1	75	8	42	1, 2	465	
2	48	11	55	2, 8	485	
3	62	13	50	3, 3	490	
4	55	18	55	1, 3	480	
5	54	7	30	1, 4	520	
6	66	6	30 28	2	475	
7	39	3	22	6, 5	485	
8	87	5	37	4, 4	480	
9	66	6	34	2, 2	475	
10	20	9	48	1, 6	490	
11	66	22	61	5, 2	510	
12	33	5	35	4, 7	510	
Arbeitsbsp.	13	34	7	33	1	480
14	48	12	44	3, 6	500	
15	90	4	18	3, 5	510	
16	28	8	41	1, 9	500	
17	45	0, 5	15	9, 2	525	
18	73	26	60	1, 3	485	
19	27	40	75	3, 3	500	
20	30	4	27	10	515	
21	84	7	21	2, 2	480	
22	39	9	35	1, 1	480	
23	56	8	33	1, 1	495	
24	60	10	38	1, 2	480	
25	39	12	32	1, 4	490	
26	<u>125</u>	24	58	0	505	
27	<u>5, 6</u>	10	48	<u>0</u>	505	
Ver- gleichs- bsp.	28	<u>10</u>	3	17	8, 8	485
29	75	<u>55</u>	<u>83</u>	0	500	
30	33	4	17	<u>14, 4</u>	485	
31	50	11	53	3, 2	490	

[Tabelle 2]

Nr.	Wedge-Bonden					HAST 130°C-85% RF-5V	Kugel- form	FAB-- Form	ChipScha- den	Neigung				Senkrechter Schnitt Kristallorientierung <100>		
	Toleranz	Abschälen	Festigkeit	Fischschwanzsymmetrie	Länge von 3mm					Höhe von 0,3mm	Länge von 3mm	Länge von 5mm	Höhe von 0,5mm		Länge von 5mm	%
1	⊙	○	⊙	⊙	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙	○	⊙	⊙	55		
2	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	⊙	⊙	52		
3	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	⊙	⊙	43		
4	⊙	○	⊙	○	○	○	⊙	⊙	⊙	⊙	○	⊙	⊙	48		
5	⊙	○	⊙	○	○	○	⊙	⊙	⊙	⊙	○	⊙	⊙	40		
6	○	○	○	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	30		
7	○	○	○	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	○	○	33		
8	○	○	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	⊙	⊙	⊙	⊙	70		
9	○	○	○	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	⊙	⊙	55		
10	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	⊙	○	○	○	38		
11	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	⊙	⊙	○	○	○	○	30		
12	○	○	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	37		
13	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	55		
14	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	38		
15	○	○	○	○	○	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	⊙	○	44		
16	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	53		
17	○	○	○	⊙	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	○	○	34		
18	⊙	○	⊙	○	⊙	⊙	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	62		
19	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	47		
20	○	○	○	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	44		
21	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	63		
22	⊙	○	⊙	○	○	○	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	38		
23	⊙	○	⊙	○	○	○	⊙	⊙	⊙	○	○	○	○	36		
24	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	40		
25	⊙	○	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	○	44		

Arbeits-
sp.

[Tabelle 2] (Fortsetzung)

Nr.	Wedge-Bonden					HAST 130°C- 85% RF -5V	Kugel- form	FA- B-F- orm	Chip- Scha- den	Neigung				Senkrechter Schnitt Kristallorientierung <100> %
	Tole- ranz	Absch- älen	Fes- tigkeit	Fisch- schwanz- symmetrie	Höhe von 0, 3mm					Höhe von 0, 5mm	Länge von 5mm		Länge von 5mm	
											Länge von 3 mm	Länge von 3mm		
26	⊙	x	⊙	x	⊙	⊙	Δ	Δ	○	○	○	○	○	33
27	○	x	⊙	x	⊙	⊙	Δ	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	48
28	x	○	x	○	x	⊙	Δ	⊙	⊙	⊙	○	○	○	42
29	⊙	x	⊙	x	⊙	⊙	Δ	○	○	○	○	○	○	33
30	x	○	x	○	⊙	⊙	x	⊙	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	22
31	○	x	⊙	x	⊙	○	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	55

Vergleichs-
beispiel

[0073] Die Arbeitsbeispiele 1 bis 25 erreichten in allen Qualitätsindikatoren Qualitätsnoten auf einem Niveau, mit dem sie bestehen.

[0074] In dem Vergleichsbeispiel 26 waren das Abschälen und die Fischschwanzsymmetrie des Wedge-Bondens fehlerhaft, da die Konzentration von Cu an einer äußersten Oberfläche des Drahts geringer als die Untergrenze war, und der Chipschaden und die FAB-Form gingen mit etwas fehlerhafter Qualität durch, da die Dicke der Überzugschicht die Obergrenze des bevorzugten Bereichs überschritt. In dem Vergleichsbeispiel 27 waren das Abschälen und die Fischschwanzsymmetrie des Wedge-Bondens fehlerhaft, da die Konzentration von Cu an einer äußersten Oberfläche des Drahts weniger als die Untergrenze war, und die FAB-Form ging mit etwas fehlerhafter Qualität durch, da die Dicke der Überzugschicht kleiner als die Untergrenze des Vorzugsbereichs war. In dem Vergleichsbeispiel 28 war die Kugelbondfähigkeit unter der Hochfeuchtigkeitsheizbedingung (der HAST-Auswertung) fehlerhaft, und außerdem waren die Toleranz und die Festigkeit des Wedge-Bondens fehlerhaft, da die Menge eines Zusatzelements 1 als ein wesentliches Element kleiner als die Untergrenze war, und die FAB-Form ging mit etwas fehlerhafter Qualität durch, da die Überzugschicht kleiner als die Untergrenze des Vorzugsbereichs war. In dem Vergleichsbeispiel 29 waren das Abschälen und die Fischschwanzsymmetrie des Wedge-Bondens fehlerhaft, da die Konzentration von Cu an einer äußersten Oberfläche des Drahts kleiner als die Untergrenze war, und die FAB-Form ging mit etwas fehlerhafter Qualität durch, da die Dicke und die maximale Konzentration von Au der Außenlegierungsschicht, die Obergrenzen der Vorzugsbereiche überschritten.

[0075] In dem Vergleichsbeispiel 30 waren die Toleranz und die Festigkeit des Wedge-Bondens fehlerhaft, da die Konzentration von Cu an einer äußersten Oberfläche des Drahts die Obergrenze der vorliegenden Erfindung überschritt.

[0076] In dem Vergleichsbeispiel 30 war die Kristallorientierung <100> außerhalb des Vorzugsbereichs der vorliegenden Erfindung, wodurch das Ergebnis der Neigung ein „Dreieck“-Symbol war, was in dem Bereich des Bestehens, aber mit etwas geringer Leistung war.

[0077] Das Vergleichsbeispiel 31, in dem Cu-Kemmaterial mit hoher Reinheit (4N oder mehr) verwendet wurde und die Menge des Zusatzelements 1 als das wesentliche Element geringer als die Untergrenze war, war im Abschälen und der Fischschwanzsymmetrie des Wedge-Bondens fehlerhaft.

Patentansprüche

1. Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung, der aufweist:
ein Kernmaterial mit Cu als einer Hauptkomponente, das Pd und/oder Pt in einer Gesamtmenge von 0,1 bis 3,0 Massen-% enthält;
eine Überzugschicht mit Pd als einer Hauptkomponente, die auf einer Oberfläche des Kernmaterials bereitgestellt ist; und
eine Außenlegierungsschicht, die Au und Pd enthält, die auf einer Oberfläche der Überzugschicht bereitgestellt ist,
wobei eine Konzentration von Cu auf einer äußersten Oberfläche des Drahts 1 bis 10 At-% ist.

2. Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei
die Überzugschicht mit Pd als einer Hauptkomponente eine Dicke von 20 bis 90 nm hat, und
die Außenlegierungsschicht, die Au und Pd enthält, eine Dicke von 0,5 bis 40 nm hat und eine maximale Konzentration von Au von 15 bis 75 At-% hat.

3. Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Kernmaterial ferner Au und/oder Ni enthält, und die Gesamtmenge von Pd, Pt, Au und Ni in dem Kernmaterial mehr als 0,1 Massen-% und 3,0 Massen-% oder weniger ist.

4. Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei
der Bonddraht ferner eines oder mehrere von P, B, Be, Fe, Mg, Ti, Zn, Ag und Si enthält, und
die Gesamtkonzentration dieser Elemente in dem Gesamtdraht in einem Bereich von 0,0001 bis 0,01 Massen-% liegt.

5. Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei ein Element, welches das Kernmaterial bildet, und ein Element, welches die Außenlegierungsschicht bildet, zu der Überzugschicht diffundiert werden.

6. Bonddraht für eine Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei, wenn Kristallorientierungen auf einem Querschnitt des Kernmaterials in einer Richtung senkrecht zu einer Drahtachse des Bonddrahts gemessen werden, eine Kristallorientierung $\langle 100 \rangle$, die einen Winkel von 15 Grad oder weniger zu einer Drahtlängsrichtung hat, einen Anteil von 30% oder mehr unter den Kristallorientierungen in der Drahtlängsrichtung hat.

Es folgen keine Zeichnungen