

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015年10月8日(08.10.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/152191 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/60 (2006.01) *C22C 5/08* (2006.01)
B21C 1/00 (2006.01) *C22F 1/00* (2006.01)
C22C 5/06 (2006.01) *C22F 1/14* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/060035
- (22) 国際出願日: 2015年3月31日(31.03.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-072650 2014年3月31日(31.03.2014) JP
- (71) 出願人: 日鉄住金マイクロメタル株式会社(NIPPON MICROMETAL CORPORATION) [JP/JP]; 〒3580032 埼玉県入間市大字狭山ヶ原158番地1 Saitama (JP). 新日鉄住金マテリアルズ株式会社(NIPPON STEEL & SUMIKIN MATERIALS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1040061 東京都中央区銀座七丁目16番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 山田 隆(YAMADA, Takashi); 〒3580032 埼玉県入間市大字狭山ヶ原158番地1 日鉄住金マイクロメタル株式会社内 Saitama (JP). 小田 大造(ODA, Daiso); 〒3580032 埼玉県入間市大字狭山ヶ原158番地1 日鉄住金マイクロメタル株式会社内 Saitama (JP). 大石 良(OISHI, Ryo); 〒3580032 埼玉県入間市大字狭山ヶ原158番地1 日鉄住金マイクロメタル株式会社内 Saitama (JP). 榛原 照男(HAIBARA, Teruo); 〒3580032 埼玉県入間市大字狭山ヶ原158番地1 日鉄住金マイクロメタル株式会社内 Saitama

(JP). 宇野 智裕(UNO, Tomohiro); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 青木 篤, 外(AOKI, Atsushi et al.); 〒1058423 東京都港区虎ノ門三丁目5番1号 虎ノ門37森ビル青和特許法律事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロアジア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: BONDING WIRE FOR USE WITH SEMICONDUCTOR DEVICES AND METHOD FOR MANUFACTURING SAID BONDING WIRE

(54) 発明の名称: 半導体装置用ボンディングワイヤ及びその製造方法

(57) Abstract: A bonding wire for use with semiconductor devices that, in order to minimize leaning problems and spring problems, is characterized in that: (1) a cross-section that is parallel to the lengthwise direction of the wire and contains the center of the wire (a wire-center cross-section) contains no crystal grains (fibrous structures) that have a major axis (a)/minor axis (b) ratio (a/b) of 10 or more and an area of 15 μm^2 or more; (2) 50% to 90% of the area of the wire-center cross-section exhibits a crystal orientation of <100> within 15° of the lengthwise direction of the wire; and (3) 50% to 90% of the area of the surface of the wire exhibits a crystal orientation of <100> within 15° of the lengthwise direction of the wire. During a wire-drawing step, wire drawing that results in an area reduction of at least 15.5% is performed at least once, and a final heat-treatment temperature and a final pre-heat-treatment temperature are set to within prescribed ranges.

(57) 要約: リーニング不良とスプリング不良をとともに抑制するため、(1) ワイヤ中心を含みワイヤ長手方向に平行な断面(ワイヤ中心断面)において、長径 a と短径 b の比 a/b が 10 以上でありさらに面積が $15 \mu\text{m}^2$ 以上である結晶粒(繊維状組織)が存在せず、(2) ワイヤ中心断面における、ワイヤ長手方向の結晶方位を測定した結果、前記ワイヤ長手方向に対して角度差が 15° 以下である結晶方位 $\langle 100 \rangle$ の存在比率が面積率で 50% 以上 90% 以下であり、(3) ワイヤ表面における、ワイヤ長手方向の結晶方位を測定した結果、前記ワイヤ長手方向に対して角度差が 15° 以下である結晶方位 $\langle 100 \rangle$ の存在比率が面積率で 50% 以上 90% 以下であることを特徴とする半導体装置用ボンディングワイヤ。伸線工程中に減面率が 15.5% 以上の伸線加工を少なくとも 1 回行い、最終熱処理温度と最終前熱処理温度を所定範囲とする。

WO 2015/152191 A1

明 細 書

発明の名称：半導体装置用ボンディングワイヤ及びその製造方法
技術分野

[0001] 本発明は、半導体装置用ボンディングワイヤ、特にA g又はA g合金からなる半導体装置用ボンディングワイヤ及びその製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] 半導体装置は、回路配線基板（リードフレーム、基板、テープ等）に半導体素子を載置し、半導体素子上の電極と回路配線基板上の電極との間を半導体装置用ボンディングワイヤ（以下単に「ボンディングワイヤ」ともいう。）で接続することによって形成される。

[0003] 半導体装置用ボンディングワイヤとして、線径20～50 μ m程度の細い金属線が用いられている。ボンディングワイヤの一端は、超音波併用熱圧着方式を用い、ワイヤの先端を加熱溶融してボールを形成させた上で、半導体素子の電極上にこのボール部を圧着接合する。ワイヤの他端は回路配線基板の電極上に超音波圧着により接合する。

[0004] ボンディングワイヤ用素材として、従来は高純度A u（金）又はA u合金が用いられていた。しかし、A uは高価であるため、材料費が安価な他種金属が所望されている。A uに代わる低コストのワイヤ素材として、C u（銅）が検討されている。A uと比べてC uは酸化されやすいことから、特許文献1では、芯材と被覆層（外周部）の2層ボンディングワイヤとして、芯材にC uを、被覆層にP d（パラジウム）を使用する例が示されている。また特許文献2においては、C u又はC u合金から成る芯材と、該芯材の表面にP dを主成分とする被覆層と、該被覆層の表面にA uとP dとを含む合金層とを有するボンディングワイヤが開示されている。

[0005] C uワイヤあるいはP d被覆C uワイヤは、接合後の硬度が高いため、より硬度の低い材料が要請されている。A uと同等以上の電気伝導性を有し、

Cuよりも硬度が低い元素であって、さらに耐酸化性を有している元素としてAg（銀）があげられる。

[0006] 特許文献3には、Agを主体とするAg-Au-Pd三元合金系ボンディングワイヤが開示されている。当該ボンディングワイヤは連続ダイス伸線前に焼鈍熱処理がされ、連続ダイス伸線後に調質熱処理がされ、窒素雰囲気中でボールボンディングされる。これにより、高温、高湿および高圧下の過酷な使用環境下で使用されても、アルミパッドとの接続信頼性を維持することができるとしている。

[0007] 特許文献4には、Agを主体とするAg-Au、Ag-Pd、Ag-Au-Pd合金線材が開示されている。合金線材の中心部は細長い結晶粒または等軸結晶粒を含み、合金線材のその他の部分は等軸結晶粒からなり、焼なまし双晶を含む結晶粒が総量の20%以上である。パッケージ製品の品質と信頼性の向上を目的としている。

[0008] 隣接するボンディングワイヤの間隔が狭くなる狭ピッチ化が進行している。これに対応するボンディングワイヤへの要求として、細線化、高強度化、ループ制御、接合性の向上等が求められる。半導体実装の高密度化によりループ形状は複雑化している。ループ形状の分類として、ループ高さ、ボンディングのワイヤ長さ（スパン）が指標となる。最新の半導体では、一つのパッケージ内部に、高ループと低ループ、短いスパンと長いスパン等、相反するループ形成を混載させるケースが増えている。それを1種類のボンディングワイヤで実現するには、厳しいボンディングワイヤの材料設計が必要となる。

[0009] 量産で使用されるワイヤ特性として、ボンディング工程におけるループ制御が安定しており、接合性も向上しており、樹脂封止工程でワイヤ変形を抑制すること、接続部の長期信頼性等の、総合的な特性を満足することで、最先端の狭ピッチ接続、積層チップ接続等の高密度実装に対応できることが望まれている。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：再公表WO 2002-23618公報

特許文献2：特開2011-77254号公報

特許文献3：特許第4771562号公報

特許文献4：特開2013-139635号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] 多ピン・狭ピッチ化により、一つのIC内にワイヤ長、ループ高さが異なるワイヤ接続が混載することが行われている。狭ピッチ化すると、ボール直立部のリーニング不良が発生することがある。リーニング不良とは、ボール接合近傍のワイヤ直立部が倒れて、隣接ワイヤの間隔が接近する現象である。リーニング不良を改善するワイヤ材料が求められる。

[0012] また、積層チップ接続ではスプリング不良が問題になることがある。積層チップのワイヤ接続では、通常のワイヤボンディングとは接合位置が逆転する、逆ボンディングと呼ばれる接続が多く用いられる。逆ボンディングとは、第一段階でチップ上の電極にスタッドバンプを形成し、第二段階で基板の電極上にボール部を接合し、前記スタッドバンプの上にボンディングワイヤをウェッジ接合する手法である。この逆ボンディングにより、ループ高さを低く抑えられるとともに、チップ積層数が増えて段差がかなり高い場合でも安定したループ制御が可能となる。一方で、この逆ボンディングではボンディングワイヤが屈曲するスプリング不良が発生することがある。メモリICでは積層チップが主流となりつつあり、このスプリング不良の低減が期待されている。

[0013] Ag含有量が90質量%以上であるAg又はAg合金（本明細書において、「Ag又はAg合金」という。）のボンディングワイヤ（本明細書において、「ワイヤ」という場合がある。）は硬度が低いためにチップダメージを起こしにくい。そのため、逆ボンディングに使用されることが多い。一方、逆ボンディングにおいて上述のようにスプリング不良を起こしやすい。また

、Ag又はAg合金ワイヤの硬度が低いことに起因して、リーニング不良が発生しやすい。

[0014] Ag又はAg合金ワイヤにおいて、リーニング不良とスプリング不良のいずれかを改善する手段は存在していたものの、リーニング不良とスプリング不良を同時に改善することは困難であった。本発明は、リーニング不良とスプリング不良をともに改善したAg又はAg合金からなる半導体装置用ボンディングワイヤ及びその製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0015] 即ち、本発明の要旨とするところは以下のとおりである。

(1) Ag含有量が90質量%以上である半導体装置用ボンディングワイヤであって、

ワイヤ中心を含みワイヤ長手方向に平行な断面（以下「ワイヤ中心断面」という。）において、長径aと短径bの比 a/b が10以上であって面積が $15\mu\text{m}^2$ 以上である結晶粒（以下「繊維状組織」という。）が存在せず、前記ワイヤ中心断面におけるワイヤ長手方向の結晶方位を測定した結果、前記ワイヤ長手方向に対して角度差が 15° 以下である結晶方位 $\langle 100 \rangle$ の存在比率が面積率で50%以上90%以下であり、

ワイヤ表面におけるワイヤ長手方向の結晶方位を測定した結果、前記ワイヤ長手方向に対して角度差が 15° 以下である結晶方位 $\langle 100 \rangle$ の存在比率が面積率で50%以上90%以下であることを特徴とする半導体装置用ボンディングワイヤ。

(2) 前記半導体装置用ボンディングワイヤは、Pd、Cu、Au、Zn、Pt、Ge、Sn、Ti、Niの1種以上を含み、Pd、Cu、Au、Znを含む場合はそれらの合計が0.01~8質量%であり、Pt、Ge、Sn、Ti、Niを含む場合はそれらの合計が0.001~1質量%であり、残部Ag及び不純物であることを特徴とする上記(1)に記載の半導体装置用ボンディングワイヤ。

(3) 前記不純物に含まれるSが1質量ppm以下、Clが0.5質量pp

m以下であることを特徴とする上記（１）又は（２）に記載の半導体装置用ボンディングワイヤ。

（４）１回以上伸線加工を行う伸線工程を有し、伸線工程中に減面率が１５．５～３０．５％である伸線加工を少なくとも１回有し、伸線工程の途中に１回以上の熱処理と伸線工程終了後に最終熱処理を行い、最終熱処理の直前の熱処理の温度が６００℃以上８００℃以下であり、最終熱処理の温度が３００℃以上６００℃未満であることを特徴とする上記（１）～（３）のいずれか１つに記載の半導体装置用ボンディングワイヤの製造方法。

発明の効果

[0016] 本発明は、Ag又はAg合金ボンディングワイヤについて、ワイヤ中心断面に繊維状組織が存在せず、断面<100>方位比率が５０％以上９０％以下であり、表面<100>方位比率が５０％以上９０％以下とすることにより、リーニング不良とスプリング不良を同時に改善することを可能にした。伸線工程中に減面率が１５．５～３０．５％である伸線加工を少なくとも１回行い、伸線工程終了後に熱処理を行う（最終熱処理）とともに、伸線工程の途中に１回以上の熱処理を行い、最終熱処理直前の熱処理（最終前熱処理）温度を６００℃以上８００℃以下とし、最終熱処理温度を３００℃以上６００℃未満とすることにより、上記結晶組織を形成することができる。

発明を実施するための形態

[0017] Ag又はAg合金ボンディングワイヤに見られる結晶組織を、観察面における形状で区別すると、隣り合う結晶方位の角度差が１５度以上ある場合を結晶粒界と定義した時の、結晶粒の長径aと短径bの比（ a/b ）が１に近い形状の結晶と、 a/b の値が大きい細長い形状の結晶とに分類することができる。 a/b が１に近い結晶は等軸晶とも呼ばれる。ここでは、 a/b が１０以上でかつ観察面における結晶粒の面積が $15\mu\text{m}^2$ 以上である結晶粒を「繊維状組織」と定義する。

[0018] Ag又はAg合金ボンディングワイヤについて、ワイヤ中心（ワイヤ中心

軸) を含みワイヤ長手方向に平行な断面(本明細書において、ワイヤ中心断面とよぶ。即ち、ワイヤ中心軸を含むワイヤ断面である。)で観察すると、ワイヤ中心軸近傍に上記定義した繊維状組織が見られることが多い。特許文献4において細長い結晶粒18と呼ばれている結晶が繊維状組織に該当する(同文献図1B参照)。繊維状組織以外の部分は、 a/b が1に近い結晶粒である。

[0019] 観察面に現れている各結晶組織について $\langle 100 \rangle$ 方位を計測することができる。観察面として前記ワイヤ中心断面を選択し、前記ワイヤ中心断面におけるワイヤ長手方向の結晶方位を測定した結果、前記ワイヤ長手方向に対して角度差が 15° 以下である結晶方位 $\langle 100 \rangle$ の存在比率を面積率で表し、「断面 $\langle 100 \rangle$ 方位比率」と名付ける。また、観察面としてワイヤ表面を選択し、前記ワイヤ表面におけるワイヤ長手方向の結晶方位を測定した結果、前記ワイヤ長手方向に対して角度差が 15° 以下である結晶方位 $\langle 100 \rangle$ の存在比率を面積率で表し、「表面 $\langle 100 \rangle$ 方位比率」と名付ける。

[0020] 本発明においては、Ag又はAg合金ボンディングワイヤについて、ワイヤ中心断面に繊維状組織が存在せず、断面 $\langle 100 \rangle$ 方位比率が50%以上90%以下であり、表面 $\langle 100 \rangle$ 方位比率が50%以上90%以下であるとき、リーニング不良とスプリング不良を抑制することができる。また、断面 $\langle 100 \rangle$ 方位比率と表面 $\langle 100 \rangle$ 方位比率をともに90%以下とすると同時に繊維状組織が存在しないと、スプリング不良を抑制できる。また、表面 $\langle 100 \rangle$ 方位比率を50%以上とすると、リーニング不良を抑制できる。しかし、断面 $\langle 100 \rangle$ 方位比率が50%未満であるとリーニング不良が発生することがあるので、断面 $\langle 100 \rangle$ 方位比率は50%以上とした。

[0021] ワイヤ中心断面に繊維状組織が存在する場合、ワイヤの長手方向によって繊維状組織が存在する部分と存在しない部分が形成されることとなり、それぞれの部位によって2nd接合(ウェッジ接合)部の破断強度が異なるため、2nd接合が安定せず、スプリング不良が発生することがある。しかし、

本発明は繊維状組織を存在させないことにより、スプリング不良発生を抑えることができる。

[0022] 本発明は、断面<100>方位比率と表面<100>方位比率がともに50%以上90%以下であり、即ち両者の比率が同程度であって一定比率(90%)以下のとき、2nd接合部の破断強度は適度な大きさであり、さらにミクロな部位による差が少なくなることから、スプリング不良が発生しにくくなる。

[0023] また、表面<100>方位比率が低すぎると、ボールネック部が横方向に変形しやすくなるためにリーニング不良が発生しやすくなるが、表面<100>方位比率を50%以上とすることにより、リーニング不良発生を抑えることができる。

[0024] ボンディングワイヤは、伸線加工によって製造される。伸線加工は、線材を孔ダイスに1回以上通して素材の断面積を小さくする加工である。線径が数mmの素材を準備し、冷間での伸線加工を繰り返すことにより順次線径を細くし、目的とする線径のボンディングワイヤを形成する。通常は、1パス当たり(孔ダイスを1回通すごと)の減面率を1~15%としている。伸線工程の途中、あるいは伸線工程終了後に熱処理を行うことがある。

[0025] Ag又はAg合金素材を用いて通常の伸線加工を行うと、ワイヤの中心に繊維状組織が形成される。また、伸線加工での冷間変形により、ワイヤ表面の結晶方位が影響を受け、表面<100>方位比率が高まる。

[0026] 伸線加工後の熱処理により、ワイヤ中心の繊維状組織を消滅させることができる。ただし、熱処理で繊維状組織を消滅させようとする、800℃を超える高温熱処理が必要となり、熱処理の結果ワイヤを構成する結晶の結晶方位がランダム化し、表面<100>方位比率が低下し、表面<100>方位比率50%以上を実現することが困難となる。

[0027] 本発明においては、伸線加工における減面率に工夫を加えるとともに、伸線途中及び伸線工程終了後に行う熱処理のパターンを限定することによりはじめて、繊維状組織を存在させず、同時に断面<100>方位比率が50%

以上90%以下であり、表面<100>方位比率が50%以上90%以下とすることができた。そしてこれにより、リーニング不良とスプリング不良をともに抑制することができた。

[0028] 即ち、Ag又はAg合金素材を1回以上の伸線加工を行う伸線工程を有し、伸線工程中に減面率が15.5～30.5%である伸線加工を少なくとも1回行う。さらに、伸線工程の途中に1回以上の熱処理を行い、伸線工程終了後にも熱処理（最終熱処理）を行う。最終熱処理直前の熱処理（最終前熱処理）温度を600℃以上800℃以下とし、最終熱処理温度を300℃以上600℃未満とすることにより、ワイヤ中心断面に繊維状組織が存在せず、表面<100>方位比率と断面<100>方位比率が上記本発明の好ましい範囲であるAg又はAg合金ボンディングワイヤとすることができる。減面率が15.5～30.5%である伸線加工を少なくとも1回行うことにより、通常よりも繊維状組織の少ない結晶組織を実現することができ、その後の熱処理により繊維状組織が消滅しやすくなる。最終熱処理温度を300℃以上とするのは、これにより断面<100>方位比率を本発明の上限以下とすることができるからであり、600℃未満とするのは、これにより断面<100>方位比率を本発明の下限以上とすることができるからである。最終前熱処理温度を600℃以上とするのは、ワイヤ全体を再結晶化させるためであり、800℃以下とするのは、局所的に粗大な結晶粒が成長することを抑制するためである。

[0029] 減面率が15.5～30.5%である伸線加工を行う時期については特に限定はなく、最終前熱処理の前でも後でもかまわない。好ましくは、最終前熱処理の直前か直後とする。

[0030] 最終前熱処理を行った後の伸線加工については、その間におけるトータル減面率、パス回数ともに限定はない。好ましくは、トータル減面率が95%以下とする。そうすれば、最終熱処理で比較的容易に所望の結晶組織を得ることができる。

[0031] 最終前熱処理の前に行う伸線加工についても、その間におけるトータル減

面率、パス回数ともに限定はない。また、最終前熱処理の前に熱処理を行うか否かも限定はない。熱処理を行う場合の熱処理温度などについても特に限定はない。

[0032] 本発明のボンディングワイヤは、素材としてA g含有量が90質量%以上であるA g又はA g合金を用いることで十分に効果を発揮することができる。A g含有量が90質量%より少ないと、比抵抗が高くなり過ぎて、ボンディングワイヤとしての使用に適さない。A g以外の組成としては、A gと固溶体を作り、伸線工程で断線しにくい成分、例えば、P d、C u、A u、Z n、P t、G e、S n、T i、N iを含有することができる。

[0033] 本発明のボンディングワイヤはまた、以下の選択成分を含有し、残部A g及び不純物からなるA g合金とすることにより、優れた効果を発揮することができる。

[0034] ボンディングワイヤの長期信頼性を評価する方法として、最も多く利用される加熱試験である乾燥雰囲気での高温保管評価に加え、一般的な高湿加熱評価としてP C T試験（プレッシャークッカーテスト）が行われる。最近は、高湿加熱評価としてさらに厳しいH A S T試験（High Accelerated Temperature and humidity Stress Test）（温度130℃、相対湿度85%RH（Relative Humidity）、5V）で不良が発生しないことが求められている。本発明においては、ワイヤの成分組成としてP d、C u、A u、Z nの少なくとも1種以上を総計で0.01質量%以上含有することにより、H A S T試験において良好な高湿加熱評価結果を得ることができる。一方、P d、C u、A u、Z nの含有量総計が8質量%を超えると、ワイヤ自体の強度が上がるため、2nd接合部の破断強度も上がりスプリング不良が発生しやすくなるため、含有量合計を8質量%以下とする。

[0035] 本発明においてはさらに、ワイヤの成分組成としてP t、G e、S n、T i、N iの少なくとも1種以上を総計で0.001質量%以上含有することにより、1st接合のボール形状を良好にする効果がある。一方、P t、G e、S n、T i、N iの含有量総計が1質量%を超えると、ワイヤ自体の強

度が上がるため、2nd接合部の破断強度も上がりスプリング不良が発生しやすくなるため、好ましくは含有量合計を1質量%以下とする。

[0036] 本発明においてはさらに、ワイヤ中に不純物として含まれるS含有量を1質量ppm以下、かつ、不純物として含まれるCl含有量を0.5質量ppm以下とすることにより、1st接合のFAB形状を良好にすることができる。

[0037] 本発明のボンディングワイヤの製造方法は前述のとおりである。即ち、上記本発明の成分を含有するAg又はAg合金素材を用いて伸線加工を行い、伸線工程中に減面率が15.5～30.5%である伸線加工を少なくとも1回行い、伸線工程終了後に熱処理を行う（最終熱処理）とともに、伸線工程の途中に1回以上の熱処理を行い、最終前熱処理（最終熱処理直前の熱処理）温度を600℃以上800℃以下とし、最終熱処理温度を300℃以上～600℃未満とする。これにより、ワイヤ中心断面に繊維状組織が存在せず、断面<100>方位比率が50%以上90%以下であり、表面<100>方位比率が50%以上90%以下であるAg又はAg合金ボンディングワイヤとすることができる。

実施例

[0038] ボンディングワイヤの原材料として、主成分であるAgには純度が99.99質量%以上の高純度の素材を用い、添加元素であるPd、Cu、Au、Zn、Pt、Ge、Sn、Ti、Niの原材料には純度99.9質量%以上の素材を用いた。不純物元素であるS、Clを含有する水準については、意図的にS、Clを含有させた。

[0039] 所定の成分を含有するAg又はAg合金とした上で、連続鋳造により数mmの線径の素材とし、引き続いて冷間でのダイス引き抜きによる伸線加工と熱処理を行った。伸線加工の減面率について、本発明例及び比較例の一部では途中の1～10パスで減面率15.5～30.5%とする工程を付与し、それ以外のパスでは減面率を5.5%～15.0%とした。減面率を15.5%以上とするパスは、最終前熱処理の直後とした。伸線加工終了後の最終

線径を15～25 μm とした。

[0040] 伸線前後の熱処理としては、伸線工程終了後に行う最終熱処理、伸線工程途中に行う熱処理の中で最終熱処理直前に行う最終前熱処理を行った。最終前熱処理において、本発明例の全てと比較例の一部は、最終前熱処理温度を600 $^{\circ}\text{C}$ 以上800 $^{\circ}\text{C}$ 以下とした。最終熱処理について、本発明例の全てと比較例の一部は最終熱処理温度を300 $^{\circ}\text{C}$ 以上600 $^{\circ}\text{C}$ 未満とした。最終前熱処理から伸線終了までの合計減面率を80～90%とした。

[0041] [ボンディングワイヤの含有成分分析]

ボンディングワイヤ中の含有成分（不純物以外）の濃度は、ICP分析、ICP質量分析等により測定した。ボンディングワイヤ中の不純物濃度は、GDMS（Glow Discharge Mass Spectrometry）分析により測定した。GDMS分析とは、Ar雰囲気下で試料を陰極としてグロー放電を発生させ、プラズマ内で試料表面をスパッタし、イオン化された構成元素を質量分析計で測定する手法である。

[0042] [ボンディングワイヤの結晶組織]

ワイヤ中心を含みワイヤ長手方向に平行な断面（ワイヤ中心断面）及びワイヤ表面を観察面として、結晶組織の評価を行った。評価手法として、後方散乱電子線回折法（EBSD、Electron Backscattered Diffraction）を用いた。EBSD法は観察面の結晶方位を観察し、隣り合う測定点間での結晶方位の角度差を図示出来るという特徴を有し、ボンディングワイヤのような細線であっても、比較的簡便ながら精度よく結晶方位を観察できる。

[0043] ワイヤ表面のような曲面を対象として、EBSD法を実施する場合には注意が必要である。曲率の大きい部位を測定すると、精度の高い測定が困難になる。しかしながら、測定に供するボンディングワイヤを平面に直線上に固定し、そのボンディングワイヤの中心近傍の平坦部を測定することで、精度の高い測定をすることが可能である。具体的には、次のような測定領域にすると良い。円周方向のサイズはワイヤ長手方向の中心を軸として線径の50%以下とし、ワイヤ長手方向のサイズは100 μm 以下とする。好ましくは

、円周方向のサイズは線径の40%以下とし、ワイヤ長手方向のサイズは40 μ m以下とすれば、測定時間の短縮により測定効率を高められる。更に精度を高めるには、3箇所以上測定し、ばらつきを考慮した平均情報を得ることが望ましい。測定場所は近接しないように、1mm以上離すと良い。

[0044] 断面<100>方位比率及び表面<100>方位比率は、専用ソフト（例えば、TSLソリューションズ社製0IM analysis等）により特定できた全結晶方位を母集団として、ワイヤ長手方向の結晶方位を測定した結果、ワイヤ長手方向に対して角度差が15°以下である結晶方位<100>の存在比率（面積率）を算出した。繊維状組織については、専用ソフト（例えば、TSLソリューションズ社製0IM analysis等）によって、長径a、短径bの比a/b及び結晶粒の面積を算出し、定義に従って繊維状組織の有無を評価した。

[0045] [リーニング]

評価用のリードフレームに、ループ長5mm、ループ高さ0.5mmで100本ボンディングした。評価方法として、チップ水平方向からワイヤ直立部を観察し、ボール接合部の中心を通る垂線とワイヤ直立部との間隔が最大であるときの間隔（リーニング間隔）で評価した。リーニング間隔がワイヤ径よりも小さい場合にはリーニングは良好、大きい場合には直立部が傾斜しているためリーニングは不良であると判断した。100本のボンディングしたワイヤを光学顕微鏡で観察し、リーニング不良の本数を数えた。不良が0本を◎、1～5本を○、6本以上を×とした。

[0046] [スプリング]

評価用のSiチップに、ループ長2.5mm、ループ高さ0.15mmで100本ボンディングした。スプリング特性の評価のために、電極上に形成されたスタッドパンプの上にボンディングワイヤのウェッジ接合を行う接続方法である逆ボンディングを行い、ボンディングワイヤが屈曲するスプリング不良を観察した。評価方法として、100本のボンディングしたワイヤを光学顕微鏡で観察し、スプリング不良の本数を数えた。不良が0本を◎、1～3本を○、4～5本を△、6本以上を×とした。

[0047] [H A S T]

高湿加熱評価としてH A S T試験を行った。ワイヤボンダーでボンディングを行った半導体装置について、温度130℃、湿度85%RH、5Vという環境下に放置し、48時間おきに取り出して評価した。評価方法として、電気抵抗を測定し、抵抗が上昇したものをNGとした。NGになるまでの時間が480時間以上を◎、384時間以上480時間未満のものを○、288時間以上384時間未満のものを△、288時間未満のものを×とした。

[0048] [F A B偏芯]

1st接合のF A B形状を評価した。評価用のリードフレームに、ワイヤボンダーでF A Bを100個作製した。評価方法として、F A BをSEM（電子顕微鏡）で100個観察し、真球状のものをOK、偏芯、引け巣をNGとし、その数をカウントした。NGが0個を◎、NGが1～5個を○、6～10個を△、11個以上を×とした。

[0049] [圧着ボール形状]

1st接合のボール形状を評価した。評価用のSiチップに、ワイヤボンダーで100本ボンディングした。評価方法として、圧着ボール部を光学顕微鏡で100個観察し、真円に近いものをOK、花びら状になっているものをNGとし、その数をカウントした。NGが0個を◎、NGが1～5個を○、6～10個を△、11個以上を×とした。

[0050] 上記いずれの評価においても、◎、○、△は合格であり、×のみが不合格である。

[0051] 結果を表1に示す。本発明範囲から外れる数値、項目にアンダーラインを付している。

[0052] 本発明例1～43は、本発明範囲の成分を含有し、伸線工程中に減面率が15.5～30.5%である伸線加工を1回行い、最終前熱処理温度を600℃以上800℃以下とし、最終熱処理温度を300℃以上600℃未満としている。その結果、繊維状組織を存在させず、同時に断面<100>方位比率が50%以上90%以下であり、表面<100>方位比率が50%以上

90%以下とすることができた。

[0053] ワイヤの成分組成としてPd、Cu、Au、Znの少なくとも1種以上を総計で0.01質量%以上含有する本発明例は、HAST試験結果が○又は◎で特に良好な結果を得ることができた。ワイヤの成分組成としてPt、Ge、Sn、Ti、Niの少なくとも1種以上を総計で0.001質量%以上含有する本発明例は、圧着ボール形状が○又は◎で特に良好な結果を得ることができた。ワイヤ中の不純物としてS含有量：1質量ppm以下、Cl含有量：0.5質量ppm以下の本発明例は、FAB形状が○又は◎で良好な結果を得ることができた。

[0054] 比較例44、45は、伸線工程中に減面率が15.5%以上の工程がなく、ワイヤ中に繊維状組織が発生し、スプリング評価が不良であった。比較例46は最終熱処理温度が低かったため、断面<100>方位比率が上限を外れ、スプリング評価が不良であった。比較例47は最終熱処理温度が高かったため、断面<100>方位比率が下限を外れ、表面<100>方位比率が70%未満であったことと相まって、リーニング評価が不良であった。比較例48は最終前熱処理温度が低いとともに最終熱処理温度が高かったため、断面<100>方位比率と表面<100>方位比率がともに下限を外れ、リーニング評価が不良であった。比較例49は最終前熱処理温度が低いとともに伸線工程中に減面率が15.5%以上の工程がなく、表面<100>方位比率が低いとともに繊維状組織が存在し、スプリング不良とリーニング不良が発生した。比較例50は最終前熱処理温度が低いとともに最終熱処理温度が低かったため、表面<100>方位比率が高く、スプリング評価が不良であった。比較例51は最終前熱処理温度が低いとともに最終熱処理温度が低く、さらに伸線工程中に減面率が15.5%以上の工程がなく、断面<100>方位比率と表面<100>方位比率がともに上限を外れるとともに繊維状組織が存在し、スプリング評価が不良であった。

[0055]

[表1-1]

No.	7μm 径	断面 <100> 方位 比率		表面 <100> 方位 比率	繊維状 組織	Ag	Pd	Cu	Au	Zn	Pt	Ge	Sn	Ti	Ni	S	Cl	ス リ ン グ	リ ン グ	HAST	圧 縮 ホ ー ル 形 状	FAB 形 状
		μm	面積%																			
1	15	80	70	なし	なし	残部	2.0				0.05						<0.01	<0.01	◎	◎	◎	◎
2	15	72	77	なし	なし	残部	3.5				0.01						<0.01	<0.01	◎	◎	◎	◎
3	15	67	67	なし	なし	残部	1.7				0.22		0.20				<0.01	<0.01	◎	◎	◎	◎
4	15	50	88	なし	なし	残部		1.6				0.33					<0.01	<0.01	◎	◎	◎	◎
5	18	71	82	なし	なし	残部		1.1			0.81	0.11					<0.01	<0.01	◎	◎	◎	◎
6	18	52	55	なし	なし	残部			2.1		0.007						<0.01	0.1	◎	◎	◎	◎
7	18	81	71	なし	なし	残部			5.5				0.008				<0.01	<0.01	◎	◎	◎	◎
8	18	74	53	なし	なし	残部	0.7	0.5			0.33						<0.01	<0.01	◎	◎	◎	◎
9	18	67	85	なし	なし	残部	2.2		0.8		0.41	0.005					0.7	0.4	◎	◎	◎	◎
10	18	74	70	なし	なし	残部		1.9	0.5		0.12		0.005				<0.01	<0.01	◎	◎	◎	◎
11	18	66	62	なし	なし	残部	2.1	0.7	3.1		0.009						0.2	<0.01	◎	◎	◎	◎
12	18	81	74	なし	なし	残部	0.5	0.3			0.82						<0.01	<0.01	◎	◎	◎	◎
13	18	63	73	なし	なし	残部	2.2				0.38						<0.01	<0.01	◎	◎	◎	◎
14	18	89	80	なし	なし	残部	3.5					0.01					0.7	<0.01	◎	◎	◎	◎
15	18	70	75	なし	なし	残部			1.8	0.3				0.04			<0.01	<0.01	◎	◎	◎	◎
16	18	82	77	なし	なし	残部		1.7			0.33						<0.01	<0.01	◎	◎	◎	◎
17	18	72	83	なし	なし	残部	1.8						0.15	0.07	0.22		<0.01	<0.01	◎	◎	◎	◎
18	20	70	87	なし	なし	残部	2.1	0.5				0.22					<0.01	<0.01	◎	◎	◎	◎
19	20	77	80	なし	なし	残部			0.8				0.70				<0.01	0.4	◎	◎	◎	◎
20	20	65	82	なし	なし	残部	0.8						0.12				<0.01	<0.01	◎	◎	◎	◎
21	20	66	76	なし	なし	残部	4.4	0.8			0.21	0.07					<0.01	<0.01	◎	◎	◎	◎
22	20	71	75	なし	なし	残部	4.2	1.2			0.33		0.06				<0.01	<0.01	◎	◎	◎	◎
23	20	80	77	なし	なし	残部	1.3					0.31	0.33				<0.01	<0.01	◎	◎	◎	◎
24	20	82	74	なし	なし	残部			3.1			0.80					<0.01	<0.01	◎	◎	◎	◎
25	20	88	75	なし	なし	残部		0.7			0.22						<0.01	<0.01	◎	◎	◎	◎
26	20	77	67	なし	なし	残部	2.2	0.1			0.39						0.5	<0.01	◎	◎	◎	◎

本発明例

[表1-2]

No.	7代 径 μm	断面 <100> 方位 比率		表面 <100> 方位 比率		組織 組織	Ag	Pd	Cu	Au	Zn	Pt	Ge	Sn	Ti	Ni	S	Cl	ス リ ン グ	リ ン グ	HAST ホ ル	圧 着 ホ ル 形 状	FAB 形 状
		面積%	面積%	面積%	面積%																		
27	23	60	80	なし	残部	2.2	0.1	0.007											◎	◎	◎	◎	◎
28	23	64	84	なし	残部	1.8		0.05											◎	◎	◎	◎	◎
29	23	65	80	なし	残部		2.1						0.15						◎	◎	◎	◎	◎
30	23	71	71	なし	残部		1.3												◎	◎	◎	◎	◎
31	25	89	88	なし	残部		1.3						0.22						◎	◎	◎	◎	◎
32	25	80	68	なし	残部	1.7	0.5							0.07					◎	◎	◎	◎	◎
33	25	52	87	なし	残部			0.22											◎	◎	◎	◎	◎
34	25	65	67	なし	残部			1.8											◎	◎	◎	◎	◎
35	25	70	82	なし	残部	3.1							0.06						◎	◎	◎	◎	◎
36	20	71	68	なし	残部														◎	◎	◎	◎	◎
37	20	61	83	なし	残部														◎	◎	◎	◎	◎
38	20	65	81	なし	残部	0.5													◎	◎	◎	◎	◎
39	20	78	82	なし	残部	0.8	0.7												◎	◎	◎	◎	◎
40	20	77	80	なし	残部									0.4					◎	◎	◎	◎	◎
41	20	75	72	なし	残部	4.4		0.005											◎	◎	◎	◎	◎
42	20	68	68	なし	残部		3.3		0.007	0.006	0.004								◎	◎	◎	◎	◎
43	20	74	84	なし	残部	5.2	2.2	1.0	0.73						0.33				◎	◎	◎	◎	◎
44	18	88	86	有	残部	3.5		0.07											◎	◎	◎	◎	◎
45	18	75	76	有	残部	1.1	0.5												◎	◎	◎	◎	◎
46	20	95	85	なし	残部		2.2		0.12	0.02	0.02								◎	◎	◎	◎	◎
47	20	41	61	なし	残部		1.2		0.12		0.001								◎	◎	◎	◎	◎
48	20	33	35	なし	残部	0.007													◎	◎	◎	◎	◎
49	20	82	48	有	残部	7.2	1.7		0.22										◎	◎	◎	◎	◎
50	23	58	93	なし	残部	2.2	0.4		0.15										◎	◎	◎	◎	◎
51	23	94	98	有	残部	2.6							0.09						◎	◎	◎	◎	◎

産業上の利用可能性

[0056] 本発明は半導体に利用することができる。

請求の範囲

- [請求項1] Ag含有量が90質量%以上である半導体装置用ボンディングワイヤであって、ワイヤ中心を含みワイヤ長手方向に平行な断面であるワイヤ中心断面において、長径aと短径bの比 a/b が10以上であって面積が $15\mu\text{m}^2$ 以上である結晶粒が存在せず、前記ワイヤ中心断面におけるワイヤ長手方向の結晶方位を測定した結果、前記ワイヤ長手方向に対して角度差が 15° 以下である結晶方位 $\langle 100 \rangle$ の存在比率が面積率で50%以上90%以下であり、ワイヤ表面におけるワイヤ長手方向の結晶方位を測定した結果、前記ワイヤ長手方向に対して角度差が 15° 以下である結晶方位 $\langle 100 \rangle$ の存在比率が面積率で50%以上90%以下であることを特徴とする半導体装置用ボンディングワイヤ。
- [請求項2] 前記半導体装置用ボンディングワイヤは、Pd、Cu、Au、Zn、Pt、Ge、Sn、Ti、Niの1種以上を含み、Pd、Cu、Au、Znを含む場合はそれらの合計が0.01~8質量%であり、Pt、Ge、Sn、Ti、Niを含む場合はそれらの合計が0.001~1質量%であり、残部がAg及び不純物であることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置用ボンディングワイヤ。
- [請求項3] 前記不純物に含まれるSが1質量ppm以下、Clが0.5質量ppm以下であることを特徴とする請求項1または2に記載の半導体装置用ボンディングワイヤ。
- [請求項4] 1回以上の伸線加工を行う伸線工程を有し、前記伸線工程中に減面率が15.5~30.5%である伸線加工を少なくとも1回有し、前記伸線工程の途中で1回以上の熱処理と伸線工程終了後に最終熱処理を行い、前記最終熱処理の直前の熱処理の温度が 600°C 以上 800°C 以下であり、前記最終熱処理の温度が 300°C 以上 600°C 未満であることを特徴とする請求項1~3のいずれか1項に記載の半導体装置用ボンディングワイヤの製造方法。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/060035

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L21/60(2006.01)i, B21C1/00(2006.01)i, C22C5/06(2006.01)i, C22C5/08(2006.01)i, C22F1/00(2006.01)i, C22F1/14(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01L21/60, B21C1/00, C22C5/06, C22C5/08, C22F1/00, C22F1/14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-53610 A (Heraeus Materials Technology GmbH & Co. KG), 20 March 2014 (20.03.2014), entire text; all drawings & EP 2703116 A1 & US 2014/0063762 A1 & CN 103681568 A & KR 10-2014-0031111 A & TW 201418484 A	1-4
A	JP 2010-167490 A (Jun-de LI), 05 August 2010 (05.08.2010), entire text; all drawings & TW 201028240 A1	1-4

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 15 June 2015 (15.06.15)	Date of mailing of the international search report 23 June 2015 (23.06.15)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. H01L21/60(2006.01)i, B21C1/00(2006.01)i, C22C5/06(2006.01)i, C22C5/08(2006.01)i, C22F1/00(2006.01)i, C22F1/14(2006.01)i

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. H01L21/60, B21C1/00, C22C5/06, C22C5/08, C22F1/00, C22F1/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
 日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2015年
 日本国実用新案登録公報 1996-2015年
 日本国登録実用新案公報 1994-2015年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2014-53610 A (ヘレウス マテリアルズ テクノロジー ゲーエムベーハー ウント カンパニー カーゲ ー) 2014.03.20、全文全図 & EP 2703116 A1 & US 2014/0063762 A1 & CN 103681568 A & KR 10-2014-0031111 A & TW 201418484 A	1-4

C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 15.06.2015	国際調査報告の発送日 23.06.2015
--------------------------	--------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 工藤 一光 電話番号 03-3581-1101 内線 3516	5 F	9 2 7 4
--	---	-----	---------

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2010-167490 A (李 俊徳) 2010. 08. 05、全文全図 & TW 201028240 A1	1-4