

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6600121号  
(P6600121)

(45) 発行日 令和1年10月30日(2019.10.30)

(24) 登録日 令和1年10月11日(2019.10.11)

(51) Int.Cl. F I  
H O 1 L 21/60 (2006.01) H O 1 L 21/60 3 O 1 F

請求項の数 5 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2019-535669 (P2019-535669)	(73) 特許権者	000006644 日鉄ケミカル&マテリアル株式会社 東京都中央区日本橋一丁目13番1号
(86) (22) 出願日	平成30年8月7日(2018.8.7)	(73) 特許権者	595179228 日鉄マイクロメタル株式会社 埼玉県入間市大字狭山ヶ原158番地1
(86) 国際出願番号	PCT/JP2018/029588	(74) 代理人	110002675 特許業務法人ドライト国際特許事務所
(87) 国際公開番号	W02019/031497	(72) 発明者	小山田 哲哉 日本国東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内
(87) 国際公開日	平成31年2月14日(2019.2.14)	(72) 発明者	宇野 智裕 日本国東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内
審査請求日	令和1年8月8日(2019.8.8)		
(31) 優先権主張番号	特願2017-154770 (P2017-154770)		
(32) 優先日	平成29年8月9日(2017.8.9)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置用Cu合金ボンディングワイヤ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体装置用Cu合金ボンディングワイヤであって、ワイヤ表面の結晶方位のうち、ワイヤ中心軸を含む1つの平面に垂直な方向に対して角度差が15度以下である<110>結晶方位の存在比率が、平均面積率で25%以上70%以下であることを特徴とする半導体装置用Cu合金ボンディングワイヤ。

【請求項2】

前記ワイヤ表面の結晶方位のうち、前記ワイヤ中心軸方向に対して角度差が15度以下である<111>と<100>結晶方位の存在比率の合計が、平均面積率で50%以上98%以下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Cu合金ボンディングワイヤ。

【請求項3】

Ni, Pd, Pt, Auの1種以上を総計で0.01質量%以上3.00質量%以下含み、残部がCuおよび不可避不純物であることを特徴とする請求項1又は2に記載の半導体装置用Cu合金ボンディングワイヤ。

【請求項4】

P, In, Ga, Ge, Agの1種以上を総計で0.001質量%以上1.00質量%以下含み、残部がCuおよび不可避不純物であることを特徴とする請求項1又は2に記載の半導体装置用Cu合金ボンディングワイヤ。

【請求項5】

10

20

さらにP, In, Ga, Ge, Agの1種以上を総計で0.001質量%以上1.00質量%以下含み、残部がCuおよび不可避不純物であることを特徴とする請求項3に記載の半導体装置用Cu合金ボンディングワイヤ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体素子上の電極と外部リード等の回路配線基板を接続するために利用される半導体装置用Cu合金ボンディングワイヤに関する。

【背景技術】

10

【0002】

現在、半導体素子上の電極と外部リードとの間を接合する半導体装置用ボンディングワイヤ（以下、ボンディングワイヤ）として、線径15～50μm程度の細線が主に使用されている。ボンディングワイヤの接合方法は、超音波併用熱圧着方式が一般的であり、汎用ボンディング装置、ボンディングワイヤをその内部に通して接続に用いるキャピラリ治具等が用いられる。ボンディングワイヤの接合プロセスは、ワイヤ先端をアーク加熱で加熱溶解し、表面張力によりボール（FAB：Free Air Ball）を形成した後に、150～300の範囲内で加熱した半導体素子の電極上にこのボール部を圧着接合（以下、ボール接合）し、次にループを形成した後、外部リード側の電極にワイヤ部を圧着接合（以下、ウェッジ接合）することで完了する。

20

【0003】

ボンディングワイヤの材料は、これまで金（Au）が主流であったが、最近では銅（Cu）が使用され始めている。Cuを用いたボンディングワイヤは、電気伝導率が高く、安価であることから、様々な半導体パッケージに採用されている。Cuを用いたボンディングワイヤは、Cuの表面にPdやAu等の被覆層を有するもの（以下、複層Cuワイヤ）と被覆層を有さないもの（以下、単相Cuワイヤ）に大別される。複層Cuワイヤは、単相Cuワイヤの課題であったワイヤ表面の銅の酸化の抑制等により、使用性能面において優れる点が多い。したがって、複層Cuワイヤは、特に線径が細く、厳しい性能が要求される高密度LSI用途で多く採用されている。一方、単相Cuワイヤは、複層Cuワイヤに比べて安価であることから、そのコストメリットを活かして、主に線径が太く、比較的要求性能の低いパワーデバイス用途を中心に採用されている。

30

【0004】

近年、ボンディングワイヤの低コスト化に対する要求が高まっており、最先端の高密度LSIにおいても、単相Cuワイヤの使用が検討されている。最先端の高密度LSIは、ボンディングワイヤの実装数が多く、安価な単相Cuワイヤへ置き換えることによって低コスト化のメリットを享受できるためである。接合装置の高精度化や高機能化によって、高密度LSIの要求性能であるボール形成性やループの直進性等の性能改善が進んでおり、単相Cuワイヤの適用可能性は広がりつつある。しかしながら、高密度LSIに単相Cuワイヤを適用するためには、依然として克服すべき課題、特にウェッジ接合工程における課題が存在する。

40

【0005】

特許文献1には、高純度銅（Cu）に白金（Pt）を0.1～2.0質量%、非金属元素として硫黄（S）を1～10質量ppm、酸素（O）を10～150質量ppm、リン（P）を1～5質量ppm含有する熔融銅白金合金から連続鋳造により素線を形成する過程で、偏析により白金を含まない銅の極薄層が形成され、大気雰囲気中で酸化されて伸線加工後のワイヤ表層に6～2nmの酸化膜を形成する技術が開示されている。

【0006】

特許文献2には、Clの含有量が2質量ppm以下である、2質量%以上7.5質量%以下のAuを含み、残部がCuと不可避不純物からなることを特徴とする銅ボンディングワイヤが開示されている。これにより、銅ワイヤ表面も酸化し難く非常に良好なウェッジ

50

接合性が得られることが開示されている。このように、添加元素の種類や濃度の適正化、或いは酸化膜厚の制御によって、単相Cuワイヤのウェッジ接合部の接合強度を改善する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2014-70252号公報

【特許文献2】特開2011-3745号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

図1Aに示すように、電極102にワイヤ部100をウェッジ接合することにより形成されたウェッジ接合部104は、通常、扇状の変形部105を有する。これに対し、図1Bに示すウェッジ接合部106のように、ピーリングを有する変形部107が生じる場合がある。ピーリングは、ウェッジ接合工程において、超音波と荷重を印加してボンディングワイヤを扇状に変形させて電極に接合した領域の一部が、ボンディングワイヤを引き上げる際に剥離する不良である。ピーリングは、Auワイヤや複層Cuワイヤでもその発生が確認されていたが、超音波や荷重などの接合条件の適正化により、その発生頻度を実用上問題のない水準まで低減可能であった。

【0009】

一方、単相Cuワイヤの場合には、上記特許文献1, 2に開示された技術を用いても、接合条件の適正化のみではピーリングの発生率を低減することが困難であった。

【0010】

発明者らは、高密度LSI用途を想定した評価において、一般的な単相Cuワイヤを使用した場合のピーリング発生率を調査した。その結果、ピーリング発生率が高く、実用に適さないことが判明した。ピーリング発生率は、ワイヤの線径が細くなるほど増加し、高密度LSIに使用されるボンディングワイヤの主流である20μm以下の線径で、ピーリングの発生率が顕著に高くなることが分かった。ピーリング発生率は、接合相手の外部電極の材料や構造にも強く依存することが判明した。高密度LSI用途で使用される金属リードフレームの外部リード側の電極として、従来Agめっきを施した電極(Ag電極)に加えて、Pdめっきを施した電極(Pd-PPF: Pd-Pre Plated Frame)の使用量が増加している。Pd-PPFは、リードフレーム全面に、リードフレーム側からNi、Pd、Auの順に積層した構造が一般的である。単相Cuワイヤを用いて、Pd-PPFに接合を行うと、Ag電極に接合を行う場合に比べて、ピーリング発生率が著しく増加することが分かった。

【0011】

当初、発明者らは、単相Cuワイヤのピーリング発生率が高い理由が、ウェッジ接合部の接合強度が低いと推定していた。そこで、特許文献1や特許文献2に開示されているウェッジ接合部の接合強度を改善する技術を利用することで、ピーリング発生率の低減を試みた。Pd-PPFに、ウェッジ接合を行ったときのピーリング発生率を調査した結果、ウェッジ接合部の接合強度が改善されても、ピーリング発生率が低減できないことが分かった。すなわち、ウェッジ接合部の接合強度とピーリング発生率の間に、明確な相関を見出すことはできなかった。以上から、最先端の高密度LSI用途に単相Cuワイヤを適用するためには、ピーリング発生率を低減する新たな技術が必要であり、特にPd-PPFに対してウェッジ接合を行った際のピーリング発生率を低減する必要があることが分かった。

【0012】

最先端の高密度LSI用途では、ボンディングワイヤを接合するときの温度の低温化(以下、低温接合)に対するニーズも高まっている。BGA(Ball Grid Array)などの実装構造ではプリント基板が使用される。プリント基板では、耐熱性の低い

10

20

30

40

50

樹脂が使用されることが多く、金属リードフレームに比べて、接合温度の低温化が求められる。プリント基板への接合を想定した場合、接合時の温度を160以下に低温化することが好ましい。このような低温接合を行う場合の課題は、ウェッジ接合工程において、ボンディングワイヤが電極から完全に剥離する接合不良（以下、不着）の発生率の増加である。

#### 【0013】

半導体デバイスの長寿命化にともない、ボール接合部における長期使用寿命の改善も求められている。ボール接合部寿命を評価する方法として、一般に高温放置試験、高温高湿試験、熱サイクル試験などが行われる。最先端の半導体デバイスでは、高温放置試験におけるボール接合部寿命の改善が求められており、200で500時間以上の動作性能を満足する必要がある。単相Cuワイヤを用いた場合、高温放置試験中に、比較的短時間でボール接合部近傍において剥離が発生する課題があった。単相Cuワイヤを用いて、純Al電極とボール接合を行い、市販の封止樹脂でモールドし、200で高温放置試験を実施した結果、300時間でボール接合部の接合強度が低下した。接合強度の低下が認められたボール接合部の断面を研磨し、走査型電子顕微鏡（SEM：Scanning Electron Microscope）を用いて接合界面の観察を行った結果、ボール接合部の接合界面に、AlとCuを主体とする複数の金属間化合物が形成されており、その複数の金属間化合物の近傍で剥離が生じていた。

#### 【0014】

最先端の高密度LSIでは、半導体素子上の電極の小型化、狭ピッチ化が進んでおり、ボンディングワイヤには、ボール接合時のボール変形挙動を制御する技術が求められている。ボール変形で課題となるのが、ボール接合時にボールが花弁状に変形する不良（以下、異形不良）の発生である。こうした異形不良は、ボール接合工程における超音波の伝達不足による接合強度低下、隣接するボール同士の接触にともなう短絡等の不良の発生原因となる。したがって、ボール圧着形状は、ボールを電極の直上から観察した際に、真円に近い形状であることが好ましい。

#### 【0015】

本発明は、高密度LSI用途における要求を満たすことができる半導体装置用Cu合金ボンディングワイヤ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】

#### 【0016】

本発明に係る半導体装置用Cu合金ボンディングワイヤは、ワイヤ表面の結晶方位のうち、ワイヤ中心軸を含む1つの平面に垂直な方向に対して角度差が15度以下である<110>結晶方位の存在比率が、平均面積率で25%以上70%以下であることを特徴とする。

#### 【発明の効果】

#### 【0017】

本発明によれば、ピーリングの発生率を低減できるので、高密度LSI用途における要求を満たすことができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0018】

【図1】ウェッジ接合部の外観を示す模式図であり、図1Aは良好な状態、図1Bはピーリングが発生した状態を示す図である。

【図2】測定領域の説明に供する斜視図である。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0019】

本実施形態のボンディングワイヤは、半導体装置用Cu合金ボンディングワイヤであって、ワイヤ表面の結晶方位のうち、ワイヤ中心軸を含む1つの平面に垂直な方向に対して角度差が15度以下である<110>結晶方位の存在比率が、平均面積率で25%以上70%以下であることを特徴とする。

## 【0020】

(ワイヤ表面の結晶方位の決定方法)

本明細書におけるボンディングワイヤ表面の結晶方位の測定方法について説明する。本明細書において、ワイヤ表面の結晶方位とは、ワイヤ表面に存在するCuおよびCuを主体とする合金部分の結晶方位と定義する。ワイヤ表面の結晶方位の測定には、SEMに備え付けた、後方散乱電子線回折(EBSD: Electron Backscattered Diffraction)法を利用することができる。EBSD法は、試料に電子線を照射したときに発生する反射電子の回折パターンを検出器面上に投影し、その回折パターンを解析することによって、各測定点の結晶方位を決定する手法である。EBSD法によって得られたデータの解析には専用ソフト(TSLソリューションズ製 OIM analysis等)が好適である。本実施形態では、ボンディングワイヤを試料台に固定し、一方向からワイヤ表面に電子線を照射させて、結晶方位のデータを取得する。この方法を用いることにより、ワイヤ表面の結晶方位のうち、ワイヤ中心軸を含む1つの平面に垂直な方向に対する結晶方位と、ワイヤ中心軸方向に対する結晶方位を決定することができる。前記方法により決定した結晶方位データを用いて、特定の結晶方位の存在比率を算出することができる。

10

## 【0021】

例として、ワイヤ表面の結晶方位のうち、ワイヤ中心軸を含む1つの平面に垂直な方向に対して $\langle 110 \rangle$ 結晶方位の存在比率を算出する方法について説明する。 $\langle 110 \rangle$ 結晶方位の存在比率は、EBSDによる測定領域の面積に対して、前記方法により決定した $\langle 110 \rangle$ 結晶方位が占める面積の比率とする。

20

## 【0022】

本明細書において、 $\langle 110 \rangle$ 結晶方位とは、図2に示すように、ワイヤ表面の $\langle 110 \rangle$ 結晶方位のうちワイヤ中心軸Xを含む1つの平面Pに垂直な方向Yに対して角度差が15度以下のもので定義する。これは、前記方位差が15度以下であれば、ボンディングワイヤの特性改善に有利な効果が得られるためである。ボンディングワイヤのワイヤ表面の結晶方位のうち、ワイヤ中心軸X方向に対して $\langle 111 \rangle$ と $\langle 100 \rangle$ 結晶方位の存在比率についても、同様の方法を用いて算出することができる。

## 【0023】

本明細書において、特定の結晶方位の存在比率の値には平均面積率を用いる。平均面積率は、EBSDによって少なくとも10箇所以上を測定して得られた存在比率の各値の算術平均とする。測定箇所の選択にあたっては、測定データの客観性を確保することが好ましい。その方法として、測定対象のボンディングワイヤから、測定用の試料をボンディングワイヤのワイヤ中心軸X方向に対して3~5m間隔で取得し、測定に供することが好ましい。測定領域Aは、SEMの画像上において、円周方向の長さWがワイヤの直径の25%以下、ワイヤ中心軸X方向の長さLが40 $\mu\text{m}$ ~100 $\mu\text{m}$ であることが好ましい。

30

## 【0024】

上記の方法によりEBSD測定した結晶方位およびその前記面積率について、本発明の作用効果であるピーリングの発生率の低減効果と相関が強いことを確認した。ワイヤ表面は曲面であり、ワイヤの頂点(試料台に固定したワイヤの円周方向に対して最も高い位置)から円周方向に向かうにつれて、ワイヤ表面に垂直な方位からのずれが生じるが、上記方法による測定データが、ピーリングの発生率の低減効果を示す実態と整合していると言える。これは、測定領域Aの長さWがワイヤの直径の少なくとも25%以下であれば、曲面を有するワイヤ表面のEBSDの測定領域内において、円周方向に対するワイヤ表面に垂直な方位のずれを許容でき、ピーリング発生率の低減効果が得られるためである。ワイヤ中心軸X方向に対して測定領域Aに下限を設ける理由は、長さLが40 $\mu\text{m}$ 以上であれば測定データが試料の特性を十分に反映していると判断したためである。ワイヤ中心軸X方向に対して測定領域Aに上限を設ける理由は、長さLが100 $\mu\text{m}$ 以下であれば解析を効率的に行うことができるためである。

40

## 【0025】

50

ボンディングワイヤの表面には銅酸化膜や不純物が存在する場合がある。不純物としては、有機物、硫黄、窒素やその化合物などが挙げられる。これらが存在する場合も、その厚さが薄い場合や存在量が少ない場合には、EBSD法の測定条件を適正化することにより、ボンディングワイヤ表面の結晶方位が測定可能である。ボンディングワイヤ表面の銅酸化膜が厚い場合や不純物の付着量が多い場合には、CuおよびCu合金部分の結晶方位が測定できないことがある。この場合には、EBSD測定を行う前に、アルカリ脱脂や酸洗、イオンスパッタ等によって、ボンディングワイヤの表面を処理することが有効である。

#### 【0026】

(ピーリング発生率の低減効果)

発明者らは、ピーリングの発生率の支配因子を調査した結果、ワイヤ表面の結晶方位と相関が認められることを見出した。すなわち、ワイヤ中心軸を含む1つの平面に垂直な方向に対して角度差が15度以下である<110>結晶方位の存在比率とピーリングの発生率の間に相関があり、<110>結晶方位の存在比率を適正な範囲に制御することにより、ピーリングの発生率が低減する効果が得られる。ピーリングの発生率が低減することにより、その後形成されるボールのボール形状のばらつきが抑制される。

#### 【0027】

半導体装置用Cu合金ボンディングワイヤであって、ワイヤ表面の結晶方位のうち、ワイヤ中心軸を含む1つの平面に垂直な方向に対して角度差が15度以下である<110>結晶方位の存在比率を平均面積率で25%以上70%以下、好ましくは30%以上70%以下とすることにより、ピーリングの発生率が低減する。具体的には、本実施形態のボンディングワイヤを用いて、Pd-PPFに対して100本のウェッジ接合を行い、ウェッジ接合部を光学顕微鏡によって観察した結果、ピーリングの発生率が低減していることを確認した。SEMによってウェッジ接合部を詳細に観察した結果、扇状に変形した部分の密着性が向上していた。特に、扇状に変形した部分のうち、ピーリングの起点となるワイヤが薄く変形した部分の密着性が向上しており、Pd-PPFと良好な接合状態が得られていた。こうしたボンディングワイヤが薄く変形した部分の密着性は、ワイヤ表面の特性の寄与が大きくなる。本実施形態のボンディングワイヤがピーリング発生率の低減効果を発現した理由として、ワイヤ中心軸を含む1つの平面に垂直な方向に対して角度差が15度以下である<110>結晶方位の存在比率を高めたことで、ワイヤ表面の展延性が向上した結果、ワイヤへ超音波が伝達しやすくなり、電極との密着性が改善したこと等が考えられる。

#### 【0028】

前記存在比率が平均面積率で25%未満の場合は、ピーリングの発生率の低減効果は認められなかった。前記存在比率が平均面積率で70%を超える場合は、ボール形成工程においてボールの形成位置がワイヤの中心からずれる偏芯と呼ばれる不良の発生率が増加するため、実用に適さないことが分かった。この原因として、ボンディングワイヤの先端をアーク放電によって熔融しボールを形成する際に、アークが広がってしまい、ボンディングワイヤが熔融し始める場所が不安定になったこと等が考えられる。

#### 【0029】

さらに、ワイヤ中心軸を含む1つの平面に垂直な方向に対して角度差が15度以下である<110>結晶方位の存在比率が、平均面積率で40%以上70%以下であると、ピーリングの発生率の低減効果が、優れるためより好ましい。

#### 【0030】

(低温ボンディング性能の改善効果)

本実施形態のボンディングワイヤは、さらにワイヤ表面の結晶方位のうち、ワイヤ中心軸方向に対して角度差が15度以下である<111>と<100>結晶方位の存在比率の合計が、平均面積率で50%以上98%以下であることが好ましく、50%以上90%以下であることがより好ましい。具体的には、本実施形態のボンディングワイヤを用いて、低温でのウェッジ接合における不着の発生率を調査した結果、優れた低減効果が得られた

10

20

30

40

50

。この理由として、ワイヤ表面の結晶方位のうち、ワイヤ中心軸を含む1つの平面に垂直な方向に対して角度差が15度以下である $\langle 110 \rangle$ 結晶方位の存在比率を平均面積率で25%以上70%以下とすることによって、ワイヤ表面の強度のばらつきを抑制する効果と、ワイヤ中心軸方向に対して角度差が15度以下である $\langle 111 \rangle$ と $\langle 100 \rangle$ 結晶方位の存在比率を高めることにより、ワイヤ内のワイヤ中心軸方向に対する強度のばらつきが低減される効果が相乗的に作用し、ウェッジ接合部の形状のばらつきが低減されること等が考えられる。前記存在比率が平均面積率で50%未満の場合は、低温でのウェッジ接合における不着の発生率を低減する効果が十分ではない。前記存在比率が平均面積率で98%を超える場合は、ボンディングワイヤの降伏強度が高くなりすぎて、ウェッジ接合工程において、接合面積が不十分となるため、不着の発生率を低減する効果が十分ではない。前記存在比率が平均面積率で90%以下の場合、ボンディングワイヤの降伏強度が高くなることをより確実に抑えることができる。

10

#### 【0031】

(高温放置試験におけるボール接合部寿命の改善効果)

本実施形態のボンディングワイヤは、さらにNi, Pd, Pt, Auの1種以上を総計で0.01質量%以上3.00質量%以下含むことが好ましい。これにより、200の高温放置試験におけるボール接合部寿命を改善することができる。これは、ワイヤ中心軸を含む1つの平面に垂直な方向に対して角度差が15度以下である $\langle 110 \rangle$ 結晶方位の存在比率を制御することで、ピーリングが抑制された結果、その後のボール形状のばらつきが抑制されることで、添加したNi, Pd, Pt, Auのボール接合部への拡散が促進され、前記元素が接合強度低下の原因となる金属間化合物の成長速度を低下させる効果が、相乗的に高まったためと考えられる。前記元素の濃度が0.01質量%未満の場合は、金属間化合物の成長速度を低下させる効果が十分ではない。前記元素の濃度が3.00質量%を超える場合は、ボールの硬度が上昇して、金属間化合物の形成が不均一になるため、200の高温放置試験におけるボール接合部寿命の改善効果が十分ではない。

20

#### 【0032】

前記Ni, Pd, Pt, Auのうち、Ptを含む場合には、200の高温放置試験におけるボール接合部寿命の優れた改善効果が得られるため好ましい。

#### 【0033】

(ボール圧着形状の改善効果)

本実施形態のボンディングワイヤは、さらにP, In, Ga, Ge, Agの1種以上を総計で0.001質量%以上1.00質量%以下含むことが好ましい。これにより、ボール接合部の圧着形状を改善することができる。このような効果が得られた理由は、ボールを構成する結晶粒が微細化されて、等方的な変形が促進されたためと推定される。前記濃度が0.001質量%未満の場合は、上記の効果が十分ではない。前記濃度が1.00質量%を超えると偏析が顕著になり、ボール形成時のボールの直径がばらつくため、上記の効果が十分ではない。

30

#### 【0034】

前記P, In, Ga, Ge, Agの1種以上の濃度が総計で0.001質量%以上0.1質量%以下の場合、ボール形成時のボールの直径のばらつきが抑制され、ボール圧着径が優れるため好ましい。さらに、Agを含む場合には、ボール形成時のボールの直径のばらつきがより抑制され、ボール圧着径の精度が特に優れるためより好ましい。

40

#### 【0035】

(ボンディングワイヤの製造方法)

本実施形態の半導体装置用ボンディングワイヤの製造方法について説明する。

#### 【0036】

(溶解方法)

まず、銅の純度が4N~6N(Cu濃度:99.99質量%以上99.9999質量%以下)である高純度銅を用い、添加元素を必要な濃度含有した銅合金を溶解により作製する。溶解には、アーク溶解炉、高周波溶解炉等を利用することができる。大気中からのO

50

2、H<sub>2</sub>等のガスの混入を防ぐために、真空雰囲気あるいはArやN<sub>2</sub>等の不活性雰囲気中で溶解を行うことが好ましい。溶解後は、炉内で徐冷してインゴット（鑄塊）を作製する。溶解によって製造したインゴットは表面に対し酸洗浄、アルコール洗浄を行い、その後乾燥させることが好ましい。

【0037】

（伸線加工、熱処理の説明）

製造した銅合金のインゴットは、まず圧延や鍛造加工により太径に加工し、次いで引抜加工により最終線径まで細く加工していくことが好ましい。引抜加工には、ダイヤモンドコーティングされたダイスを複数個セットできる連続伸線装置を用いることができる。連続伸線の際は、ダイスの磨耗およびワイヤの表面疵の低減を目的として、潤滑液を使用することが好ましい。最終線径に到達する前段階の中間線径では、引抜加工の途中段階で、ひずみ取りを主目的として中間熱処理を行うことが好ましい。最終線径では、ボンディングワイヤを再結晶させて破断伸びを調整するための最終熱処理を行う。中間熱処理および最終熱処理は、ワイヤを連続的に掃引しながら行う方法を用いることが有効である。なお、熱処理時のボンディングワイヤ表面の酸化をできるだけ抑制する目的から、ArガスやN<sub>2</sub>ガスを還流させながら行うことが好ましい。H<sub>2</sub>を数%含むことも有効である。

【0038】

（ワイヤ表面の結晶方位の制御方法）

ワイヤ表面の結晶方位は、ワイヤの引抜加工条件や最終熱処理条件を制御することが有効である。その代表的な制御方法を以下に示す。ワイヤ表面の結晶方位のうち、ワイヤ中心軸を含む1つの平面に垂直な方向に対して角度差が15度以下である<110>結晶方位の存在比率を、平均面積率で25%以上70%以下に制御する方法の一例を示す。引抜加工を行うと、ワイヤ表面の結晶方位は、ワイヤ中心軸を含む1つの平面に垂直な方向に対して<110>結晶方位の存在比率が増加する傾向にある。一方、引抜加工を行った後に熱処理を行うと、再結晶によってランダムな方位が発達するため、<110>結晶方位は減少する傾向にある。ワイヤ表面の結晶方位を制御するためには、引抜加工によって前記<110>結晶方位を発達させた後、最終熱処理によって再結晶させることにより、前記<110>結晶方位の存在比率を制御することが有効である。

【0039】

まず、引抜加工の適正条件について説明する。引抜加工において、ワイヤ中心軸を含む1つの平面に垂直な方向に対して角度差が15度以下である<110>結晶方位の存在比率を発達させるためには、引抜加工の加工率を増加させることが有効である。引抜加工における加工率を次式で定義する。

【0040】

$$P = \{ (R_1^2 - R_2^2) / R_1^2 \} \times 100$$

P：引抜加工の加工率

R<sub>1</sub>：引抜加工前のワイヤの直径（mm）、R<sub>2</sub>：引抜加工後のワイヤの直径（mm）

【0041】

本実施形態のボンディングワイヤを製造するためには、引抜加工の加工率を85%以上100%未満の範囲とすることが有効である。これは、引抜加工の加工率が85%以上であれば、引抜加工直後の前記<110>結晶方位の存在比率を少なくとも72%以上に増加させることができ、その後の最終熱処理を適正な温度範囲で行えば、前記<110>の存在比率を25%以上に制御できるためである。最終線径に到達する前に中間熱処理を行う場合には、中間熱処理を行った線径を、引抜加工前のワイヤの直径（R<sub>1</sub>）として用いる。

【0042】

次に、最終熱処理の適正条件について説明する。前記<110>の存在比率に影響を及ぼす最終熱処理の条件は、主に熱処理温度、熱処理時間、冷却速度の3つである。

【0043】

最終熱処理の温度および時間は、それぞれ300以上620以下、0.02秒以上

10

20

30

40

50

1.3秒以下とすることが有効である。この熱処理温度および熱処理時間の範囲内であれば、引抜加工によって発達させた前記<110>結晶方位の存在比率を、最終熱処理によって25%以上70%以下の範囲に制御することができる。最終熱処理の温度の下限が300、時間の下限が0.02秒である理由は、これらの下限未満の条件では再結晶が起こり難いため、前記<110>結晶方位以外の結晶方位が発達しづらく、<110>結晶方位の存在比率が70%を越えてしまうためである。最終熱処理の温度の上限が620、熱処理時間の上限が1.3秒である理由は、これらの上限を超える条件では、前記<110>結晶方位以外の結晶方位が発達して前記<110>結晶方位の存在比率が25%未満になってしまうためである。

#### 【0044】

最終熱処理後のワイヤの冷却速度は、130 / sec以上1200 / sec以下の範囲であることが好ましい。冷却速度が130 / sec未満の場合には、冷却工程においても再結晶が進むため、前記<110>結晶方位の存在比率が25%未満になってしまう。冷却速度が1200 / secを越える場合、水冷やガスを吹き付ける必要があるが、実用上の設備ではコストが増加したり、ワイヤ自体が酸化したりするため、実用に適さない。冷却速度を制御する方法として、最終熱処理を行う場所と冷却を行う場所をそれぞれ設置することが有効である。例えば、ワイヤを連続的に掃引する構造を想定した場合、ワイヤに最終熱処理を実施した後、不活性ガスを循環させて、かつ温度を適正に制御した場所を通過させることで、冷却速度が制御可能となる。

#### 【0045】

(ワイヤ表面のワイヤ中心軸方向に対する結晶方位の制御方法)

続いて、ワイヤ表面の結晶方位のうち、ワイヤ中心軸方向に対して角度差が15度以下である<111>と<100>結晶方位の存在比率の合計を、平均面積率で50%以上98%以下に制御する方法について説明する。前記<111>と<100>結晶方位を制御するためには、引抜加工時のワイヤの送り速度と引抜加工に使用するダイス1個あたりの加工率を制御することが有効である。ワイヤの送り速度を変化させることによって、ワイヤ表面のワイヤ中心軸方向の結晶方位の発達に係るダイスとワイヤの界面に発生する摩擦力を制御することができる。前記<111>と<100>結晶方位を制御するためには、ワイヤの送り速度は800m/min以上1100m/min以下、ダイス1個あたりの加工率は14%以上24%以下とすることが有効である。上記の条件であれば、前記<111>と<100>結晶方位の存在比率の合計を、平均面積率で50%以上98%以下に制御することができる。ワイヤの送り速度の下限が800m/min未満、ダイス1個あたりの加工率の下限が14%未満である理由は、前記<111>と<100>結晶方位の存在比率の合計が平均面積率で50%未満になってしまうためである。ワイヤの送り速度の上限が1100m/min、ダイス1個あたりの加工率の上限が24%である理由は、これらの上限を超える条件では、前記<111>と<100>結晶方位の存在比率の合計が、平均面積率で98%を越えてしまうためである。

#### 【0046】

(合金化の方法)

銅に合金元素を添加して合金化する場合には、銅と高純度の添加成分を直接溶解して合金化する方法と、銅に添加元素を3~5質量%程度含有する母合金を予め作製しておき、銅と母合金を溶解して合金化する方法などを用いることができる。母合金を利用する手法は、低濃度で元素分布を均一化する場合に有効である。

#### 【0047】

ボンディングワイヤに含まれる元素の濃度分析には、ICP発光分光分析装置等を利用することができる。ボンディングワイヤの表面に酸素、炭素、硫黄などの元素が吸着している場合には、解析を行う前にボンディングワイヤの表面から1~2nmの領域をスパッタ等で削ってから濃度測定を行っても良い。その他の方法として、酸洗を用いる方法も有効である。

#### 【実施例】

## 【 0 0 4 8 】

(ボンディングワイヤの作製方法)

ボンディングワイヤの作製方法について説明する。原材料となるCuは純度が99.99質量%以上で残部が不可避不純物からなるものを用いた。ボンディングワイヤが、添加元素としてNi, Pd, Pt, Au, P, In, Ga, Ge, Agを含む場合には、Cuとこれらの元素を高周波溶解炉によって溶解させ、合金化を行った。不可避不純物元素以外の添加元素の合計の狙い濃度が0.5質量%未満の場合には、添加元素を高濃度で含んだCu合金を使用して、目的とする濃度の合金を製造した。

## 【 0 0 4 9 】

溶解時の雰囲気は、酸素等の不純物の混入を防ぐためAr雰囲気とした。溶解で製造したインゴットの形状は、直径が数mmの円柱状である。得られたインゴットに対し、表面の酸化膜を除去するために、硫酸、塩酸等による酸洗浄を行った。その後、インゴットに対して、圧延加工および鍛造加工を行い、0.3~0.5mmのワイヤを作製した。その後、中間熱処理を行い、さらに引抜加工によって20μmまで加工した。引抜加工時のワイヤの送り速度は350~1100m/分とした。潤滑液は市販のものを用いた。このとき、ダイス1個あたりの加工率は14%以上24%以下とした。中間熱処理の回数は、1回の加工熱処理プロセスにおける、引抜加工の加工率は85%以上99.5%以下となるよう実施した。中間熱処理の温度は300以上620以下とした。中間熱処理および最終熱処理は、300~620の温度で、ワイヤを20~200m/分の送り速度で連続的に掃引しながら行った。熱処理時の雰囲気は、酸化を防ぐ目的でN<sub>2</sub>雰囲気もしくはAr雰囲気とした。作製したボンディングワイヤの構成は、表1A, 1Bに示す通りである。

## 【 0 0 5 0 】

10

20

【表 1 A】

No.	ワイヤ線径 (μm)	ワイヤ中心軸を含む平面に垂直な方向 <110>結晶方位の存在比率(%)	ワイヤ中心軸方向		合計	添加元素										
			<111>結晶方位の存在比率(%)	<100>結晶方位の存在比率(%)		Ni	Pd	Pt	Au	合計	P	In	Ga	Ge	Ag	合計
1	20	30	12	22	34	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0
2	20	70	11	20	31	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0
3	20	35	21	16	37	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0
4	20	65	22	13	35	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0
5	20	46	21	29	50	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0
6	20	42	30	60	90	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0
7	20	56	32	45	77	0.01	-	-	-	0.01	-	-	-	-	-	0
8	20	49	35	42	77	-	0.01	-	-	0.01	-	-	-	-	-	0
9	20	55	44	40	84	-	-	0.01	-	0.01	-	-	-	-	-	0
10	20	48	36	44	80	-	-	-	0.01	0.01	-	-	-	-	-	0
11	20	39	29	48	77	-	0.26	-	-	0.26	-	-	-	-	-	0
12	20	46	39	44	83	-	-	0.5	-	0.50	-	-	-	-	-	0
13	20	55	20	67	87	3.00	-	-	-	3.00	-	-	-	-	-	0
14	20	60	33	45	78	-	3.00	-	-	3.00	-	-	-	-	-	0
15	20	59	61	19	80	-	-	3.00	-	3.00	-	-	-	-	-	0
16	20	54	26	51	77	-	-	-	3.00	3.00	-	-	-	-	-	0
17	20	41	29	42	71	-	0.004	0.006	-	0.01	-	-	-	-	-	0
18	20	49	36	49	85	-	-	0.006	0.004	0.01	-	-	-	-	-	0
19	20	51	59	22	81	-	0.004	2.8	-	2.80	-	-	-	-	-	0
20	20	61	61	19	80	-	-	0.75	0.010	0.76	-	-	-	-	-	0
21	20	48	39	39	78	-	0.24	-	-	0.24	0.0010	-	-	-	-	0.001
22	20	49	31	52	83	-	0.2	-	-	0.20	-	0.0010	-	-	-	0.001
23	20	50	65	19	84	-	0.25	-	-	0.25	-	-	0.0010	-	-	0.001
24	20	47	42	45	87	-	0.3	-	-	0.30	-	-	-	0.0010	-	0.001
25	20	48	42	44	86	-	0.25	-	-	0.25	-	-	-	-	0.0010	0.001
26	20	39	28	45	73	-	0.26	-	-	0.26	1.0000	-	-	-	-	1.000
27	20	62	45	29	74	-	0.22	-	-	0.22	-	1.0000	-	-	-	1.000
28	20	44	40	39	79	-	0.25	-	-	0.25	-	-	1.0000	-	-	1.000
29	20	41	40	40	80	-	0.24	-	-	0.24	-	-	-	1.0000	-	1.000
30	20	42	41	41	82	-	0.24	-	-	0.24	-	-	-	-	1	1.000
31	20	41	37	29	66	-	0.21	-	-	0.21	0.0005	-	-	-	0.0005	0.001
32	20	49	35	45	80	-	0.22	-	-	0.22	-	0.0005	-	-	0.0005	0.001
33	20	54	40	42	82	-	0.25	-	-	0.25	-	-	0.0005	-	0.0005	0.001
34	20	44	40	45	85	-	0.24	-	-	0.24	-	-	-	0.0005	0.0005	0.001
35	20	40	38	29	67	-	0.22	-	-	0.22	0.5000	-	-	-	0.5	1.000
36	20	47	33	45	78	-	0.22	-	-	0.22	-	0.5000	-	-	0.5	1.000
37	20	53	40	42	82	-	0.23	-	-	0.23	-	-	0.5000	-	0.5	1.000
38	20	40	41	45	86	-	0.23	-	-	0.23	-	-	-	0.5000	0.5	1.000
39	20	44	40	40	80	-	-	0.3	-	0.30	0.0010	-	-	-	-	0.001
40	20	45	46	33	79	-	-	0.29	-	0.29	-	0.0010	-	-	-	0.001
41	20	41	34	36	70	-	-	0.28	-	0.28	-	-	0.0010	-	-	0.001
42	20	38	31	49	80	-	-	0.22	-	0.22	-	-	-	0.0010	-	0.001
43	20	42	30	42	72	-	-	0.27	-	0.27	-	-	-	-	0.001	0.001
44	20	49	41	45	86	-	-	0.29	-	0.29	1.0000	-	-	-	-	1.000
45	20	46	40	33	73	-	-	0.24	-	0.24	-	1.0000	-	-	-	1.000
46	20	44	36	39	75	-	-	0.26	-	0.26	-	-	1.0000	-	-	1.000
47	20	38	40	42	82	-	-	0.3	-	0.30	-	-	-	1.0000	-	1.000
48	20	44	40	41	81	-	-	0.26	-	0.26	-	-	-	-	1.0000	1.000

【 0 0 5 1 】

10

20

30

40

実施例

【表 1 B】

No.	ワイヤ線径 (μm)	ワイヤ中心軸を含む平面に垂直な方向 <110>結晶方位の存在比率(%)	ワイヤ中心軸方向		合計	添加元素										
			<111>結晶方位の存在比率(%)	<100>結晶方位の存在比率(%)		Ni	Pd	Pt	Au	合計	P	In	Ga	Ge	Ag	合計
49	20	60	44	42	86	-	-	0.26	-	0.26	0.0005	-	-	-	0.0005	0.001
50	20	55	19	64	83	-	-	0.27	-	0.27	-	0.0005	-	-	0.0005	0.001
51	20	53	21	46	67	-	-	0.29	-	0.29	-	-	0.0005	-	0.0005	0.001
52	20	50	33	41	74	-	-	0.28	-	0.28	-	-	-	0.0005	0.0005	0.001
53	20	45	34	45	79	-	-	-	-	0	0.0010	-	-	-	-	0.001
54	20	50	39	45	84	-	-	-	-	0	-	0.0010	-	-	-	0.001
55	20	56	45	37	82	-	-	-	-	0	-	-	0.0010	-	-	0.001
56	20	61	40	39	79	-	-	-	-	0	-	-	-	0.0010	-	0.001
57	20	48	40	40	80	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0.001	0.001
58	20	44	41	44	85	-	-	-	-	0	1.0000	-	-	-	-	1.000
59	20	49	39	34	73	-	-	-	-	0	-	1.0000	-	-	-	1.000
60	20	42	43	39	82	-	-	-	-	0	-	-	1.0000	-	-	1.000
61	20	41	40	40	80	-	-	-	-	0	-	-	-	1.0000	-	1.000
62	20	44	40	41	81	-	-	-	-	0	-	-	-	-	1.0000	1.000
63	20	37	39	45	84	-	-	-	-	0	0.0005	-	-	-	0.0005	0.001
64	20	46	36	45	81	-	-	-	-	0	-	0.0005	-	-	0.0005	0.001
65	20	49	40	44	84	-	-	-	-	0	-	-	0.0005	-	0.0005	0.001
66	20	45	40	45	85	-	-	-	-	0	-	-	-	0.0005	0.0005	0.001
67	20	44	38	42	80	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0.01	0.010
68	20	45	39	43	82	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0.03	0.030
69	20	42	40	41	81	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0.04	0.040
70	20	41	41	40	81	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0.05	0.050
71	20	42	43	41	84	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0.06	0.060
72	20	43	44	42	86	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0.07	0.070
73	20	40	45	40	85	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0.08	0.080
74	20	41	41	40	81	-	-	-	-	0	-	-	-	-	0.09	0.090
75	20	43	37	41	78	-	-	-	-	0	-	0.0100	-	-	0.01	0.020
76	20	42	38	40	78	-	-	-	-	0	-	0.0200	-	-	0.03	0.050
77	20	42	40	40	80	-	-	-	-	0	-	0.0300	-	-	0.04	0.070
78	20	41	44	39	83	-	-	-	-	0	-	0.0200	-	-	0.05	0.070
79	20	43	42	40	82	-	-	-	-	0	-	0.0300	-	-	0.06	0.090
80	20	44	43	40	83	-	-	-	-	0	-	0.0100	-	-	0.07	0.080
81	20	42	42	41	83	-	-	-	-	0	-	0.0200	-	-	0.08	0.100
82	20	41	40	42	82	-	-	-	-	0	-	0.0200	-	-	0.09	0.110
83	20	42	38	41	79	-	-	-	-	0	-	-	0.0200	-	0.01	0.030
84	20	43	39	44	83	-	-	-	-	0	-	-	0.0200	-	0.03	0.050
85	20	42	43	41	84	-	-	-	-	0	-	-	0.0100	-	0.04	0.050
86	20	43	42	40	82	-	-	-	-	0	-	-	0.0200	-	0.05	0.070
87	20	42	42	42	84	-	-	-	-	0	-	-	0.0100	-	0.06	0.070
88	20	42	43	41	84	-	-	-	-	0	-	-	0.0300	-	0.07	0.100
89	20	40	44	39	83	-	-	-	-	0	-	-	0.0100	-	0.08	0.090
90	20	41	40	40	80	-	-	-	-	0	-	-	0.0100	-	0.09	0.100
91	20	29	26	20	46	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0.000
92	20	25	43	41	84	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0.000
93	20	65	55	43	98	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0.000
94	20	60	50	49	99	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0.000
比較例 1	20	24	42	41	83	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0.000
比較例 2	20	71	24	20	44	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0.000

【 0 0 5 2 】

( 評価方法 )

本実施形態のボンディングワイヤに含まれる各添加元素の濃度は、ICP発光分光分析装置を用いて分析した。本評価に用いたボンディングワイヤの線径は 20 μmとした。

## 【 0 0 5 3 】

本実施形態のボンディングワイヤのワイヤ表面の結晶方位のうち、ワイヤ中心軸を含む1つの平面に垂直な方向に対して角度差が15度以下である $\langle 110 \rangle$ 結晶方位の存在比率は、EBSD法によって測定したデータから算出した。前記存在比率は、ワイヤを3m間隔で10箇所の測定値の平均値とした。前記測定領域は、EBSDの測定を行う画面上において、円周方向が $5\mu\text{m}$ (ワイヤ直径の25%)、ワイヤ中心軸方向が $40\mu\text{m}$ の直線に囲まれる領域とした。さらに前記測定領域は、試料台に固定したサンプルの円周方向に対して最も高い位置が含まれる領域とした。

## 【 0 0 5 4 】

本実施形態のボンディングワイヤのワイヤ表面の結晶方位のうち、ワイヤ中心軸方向に対して角度差が15度以下である $\langle 111 \rangle$ と $\langle 100 \rangle$ 結晶方位の存在比率は、EBSD法によって測定したデータから算出した。前記存在比率は、ワイヤを3m間隔で10箇所の測定した値の算術平均とした。測定領域は、EBSDの測定を行う画面上において、円周方向が $5\mu\text{m}$ (ワイヤ直径の25%)、ワイヤ中心軸方向が $40\mu\text{m}$ の直線に囲まれる領域とした。さらに前記測定領域は、試料台に固定したサンプルの円周方向に対して最も高い位置が含まれる領域とした。

## 【 0 0 5 5 】

(ピーリング発生率の評価方法)

市販の接合装置を用いて、ボンディングワイヤを、Pd-PPFを有する金属リードフレームに100本の接合を行った。その後、ウェッジ接合部を光学顕微鏡で観察し、100箇所すべてのウェッジ接合部におけるピーリングの発生有無を調査した。ピーリングの発生率は、ウェッジ接合部100箇所に対するピーリングが発生した箇所の割合とした。上記の評価において、ピーリングの発生率が7%以上であれば実用上問題があると判断し0点、7%未満5%以上であれば実用可能と判断し1点、5%未満1%以上であれば実用上問題ないと判断し2点、ピーリングが全く発生しなければ優れていると判断し3点とした。評価結果は、表2A, 2Bの「ピーリング発生率」の欄に表記した。0点のみが不合格であり、それ以外は合格である。

## 【 0 0 5 6 】

(偏芯発生率の評価方法)

偏芯発生率の評価は、市販の接合装置を用いてボールを100個形成し、各ボールをSEMによって観察することにより行った。ボール直径の狙い値は、ワイヤ直径の1.4倍の $28\mu\text{m}$ とした。ボールの直径のばらつきは、 $28 \pm 1\mu\text{m}$ 以内であれば評価結果に影響を及ぼさないと判断し評価に用いた。ボールは、 $\text{N}_2 + 5\text{vol.}\% \text{H}_2$ ガスを吹き付けながら形成した。流量は $0.5 \pm 0.1\text{L}/\text{min}$ とした。偏芯の発生率が5%以上であれば実用上問題があると判断し0点、5%未満であれば実用上問題ないと判断し1点とした。評価結果は、表2A, 2Bの「偏芯発生率」の欄に表記した。0点が不合格、1点が合格である。

## 【 0 0 5 7 】

(低温ボンディング性能の評価方法)

低温ボンディング性能の評価は、160の接合温度で2000本の接合を行い、不着が発生して接合装置が停止した回数によって判定した。接合相手は、Agめっきを施した金属リードフレームとした。上記の評価において、接合装置の停止回数が5回以上であれば実用上問題があると判断し0点、5回未満1回以上であれば実用上問題ないと判断し1点、接合装置が全く停止しなければ優れていると判断し2点とした。評価結果は、表2A, 2Bの「低温ボンディング性能」の欄に表記した。0点のみが不合格であり、それ以外は合格である。

## 【 0 0 5 8 】

(高温放置試験におけるボール接合部寿命の評価方法)

高温放置試験用のサンプルは、一般的な金属フレーム上のSi基板に厚さ $1.0\mu\text{m}$ のAl膜を成膜した電極に、市販のワイヤボンダーを用いてボール接合を行い、市販のエボ

10

20

30

40

50

キシ樹脂によって封止して作製した。ボールは $N_2 + 5 \text{ vol. } \% H_2$ ガスを流量 $0.4 \sim 0.6 \text{ L/min}$ で流しながら形成し、ボール径はワイヤ線径に対して $1.5 \sim 1.6$ 倍の範囲とした。高温放置試験には、 $N_2$ ガスを還流させた恒温炉を使用した。試験温度は $200$ とした。高温放置試験におけるボール接合部の寿命は、ボール接合部の接合強度が試験開始前の $50\%$ 以下に低下するまでに要する時間とした。本評価では、ボール接合部の接合強度を、 $100$ 時間毎に測定した。ボール接合部の接合強度は、DAGE社製の微小強度試験機を用いて測定した値を用いた。高温放置試験後のシェア試験は、酸処理によって樹脂を除去して、ボール接合部を露出させてから行った。シェア強度の値は無作為に選択したボール接合部の $10$ か所の測定値の平均値を用いた。上記の評価において、ボール接合部の寿命が $500$ 時間未満であれば実用上問題があると判断し $0$ 点、 $500$ 時間以上 $700$ 時間未満であれば、実用上問題ないと判断し $1$ 点、 $700$ 時間以上であれば優れていると判断し $2$ 点、 $1000$ 時間以上であれば特に優れていると判断し $3$ 点と表記した。評価結果は、表2A, 2Bの「高温放置試験におけるボール接合部寿命」の欄に表記した。 $0$ 点のみが不合格であり、それ以外は合格である。

10

## 【0059】

(ボール圧着形状の評価方法)

ボールの圧着形状の評価は、Si基板に厚さ $1.2 \mu\text{m}$ のAl膜を成膜した電極に、市販のワイヤボンダーを用いてボール接合を行い、直上から光学顕微鏡で観察することにより行った。ボールの圧着形状の判定は、圧着形状が円形に近いのであれば良好と判定し、楕円形や花弁状の形状であれば不良と判定した。 $100$ 箇所のボール接合部を光学顕微鏡で観察し、不良が $9$ 個以上あれば実用上問題があると判断し $0$ 点、不良が $8$ 個以下 $6$ 個以上であれば実用上問題がないと判断し $1$ 点、不良が $5$ 個以下 $3$ 個以上であれば良好であると判断し $2$ 点、不良が $1$ 個または $2$ 個であれば優れていると判断し $3$ 点、不良が全く発生しなければ特に優れていると判断し $4$ 点と表記した。評価結果は、表2A, 2Bの「ボール圧着形状」の欄に表記した。 $0$ 点のみが不合格であり、それ以外は合格である。

20

## 【0060】

(評価結果の説明)

実施例No. 1~94は、半導体装置用銅合金ボンディングワイヤであって、ワイヤ表面の結晶方位のうち、ワイヤ中心軸を含む1つの平面に垂直な方向に対して角度差が $15$ 度以下である $\langle 110 \rangle$ 結晶方位の存在比率が、平均面積率で $25\%$ 以上 $70\%$ 以下であるので、ピーリング発生率および偏芯発生率はいずれも実用可能だった。実施例1~90, 93, 94は、上記 $\langle 110 \rangle$ 結晶方位の存在比率が、平均面積率で $30\%$ 以上 $70\%$ 以下であるので、ピーリング発生率および偏芯発生率はいずれも実用上問題なかった。

30

## 【0061】

実施例No. 2, 4~10, 12~25, 27~41, 43~46, 48~62, 64~90, 93, 94は、半導体装置用Cu合金ボンディングワイヤであって、ワイヤ表面の結晶方位のうち、ワイヤ中心軸を含む1つの平面に垂直な方向に対して角度差が $15$ 度以下である $\langle 110 \rangle$ 結晶方位の存在比率が、平均面積率で $40\%$ 以上 $70\%$ 以下であるので、ピーリング発生率に関して、いずれも優れた評価結果が得られた。

## 【0062】

実施例No. 5~90, 92, 93は、ワイヤ表面の結晶方位のうち、ワイヤ中心軸方向に対して角度差が $15$ 度以下である $\langle 111 \rangle$ と $\langle 100 \rangle$ 結晶方位の存在比率の合計が、平均面積率で $50\%$ 以上 $98\%$ 以下であるので、低温ボンディング性能に関して、優れた評価結果が得られた。

40

## 【0063】

実施例No. 7~20は、Ni, Pd, Pt, Auの1種以上を総計で $0.01$ 質量%以上 $3.00$ 質量%以下含むので、高温放置試験におけるボール接合部寿命に関して、優れた評価結果が得られた。実施例No. 9, 12, 15, 17~20は、Ptを含むので、 $200$ の高温放置試験におけるボール接合部寿命の特に優れた改善効果が得られた。

## 【0064】

50

実施例 No. 53 ~ 90 は、P, In, Ga, Ge, Ag の 1 種以上を総計で 0.001 質量% 以上 1.00 質量% 以下含むので、ボール圧着形状に関して良好な評価結果が得られた。実施例 No. 53 ~ 57, 63 ~ 81, 83 ~ 90 は、P, In, Ga, Ge, Ag の 1 種以上の濃度が総計で 0.001 質量% 以上 0.1 質量% 以下であるので、ボール圧着形状に関して優れた評価結果が得られた。実施例 No. 57, 63 ~ 81, 83 ~ 90 は、Ag を含むので、ボール圧着形状に関して特に優れた評価結果が得られた。

【0065】

実施例 No. 21 ~ 52 は、Ni, Pd, Pt, Au の 1 種以上を総計で 0.01 質量% 以上 3.00 質量% 以下含み、さらに P, In, Ga, Ge, Ag の 1 種以上を総計で 0.001 質量% 以上 1.00 質量% 以下含むので、高温放置試験におけるボール接合部寿命に関して、優れた評価結果が得られたと共に、ボール圧着形状に関して良好な評価結果が得られた。実施例 No. 39 ~ 52 は、Pt を含むので、200 の高温放置試験におけるボール接合部寿命の特に優れた改善効果が得られた。実施例 No. 21 ~ 25, 31 ~ 34, 39 ~ 43, 49 ~ 52 は、P, In, Ga, Ge, Ag の 1 種以上の濃度が総計で 0.001 質量% 以上 0.1 質量% 以下であるので、ボール圧着形状に関して優れた評価結果が得られた。実施例 No. 25, 31 ~ 34, 43, 49 ~ 52 は、Ag を含むので、ボール圧着形状に関して特に優れた評価結果が得られた。

【0066】

【表 2 A】

No.	評価結果				
	ピーリング発生率 (7%以上:0点、 7%未満5%以上:1点、 5%未満1%以上:2点、 0%:3点)	偏芯発生率 (5%以上:0点、 5%未満1%以上:1点)	低温ボンディング性能 (5回以上:0点、 5回未満1回以上:1点、 0回:2点)	高温放置試験におけるボール接合部寿命 (500時間未満:0点、 500時間以上700時間未満:1点、 700時間以上:2点、 1000時間以上:3点)	ボール圧着形状 (9個以上:0点、 6個以上8個未満:1点、 5個以上3個未満:2点、 1個又は2個:3点、0個:4点)
1	2	1	1	1	1
2	3	1	1	1	1
3	2	1	1	1	1
4	3	1	1	1	1
5	3	1	2	1	1
6	3	1	2	1	1
7	3	1	2	2	1
8	3	1	2	2	1
9	3	1	2	3	1
10	3	1	2	2	1
11	2	1	2	2	1
12	3	1	2	3	1
13	3	1	2	2	1
14	3	1	2	2	1
15	3	1	2	3	1
16	3	1	2	2	1
17	3	1	2	3	1
18	3	1	2	3	1
19	3	1	2	3	1
20	3	1	2	3	1
21	3	1	2	2	3
22	3	1	2	2	3
23	3	1	2	2	3
24	3	1	2	2	3
25	3	1	2	2	4
26	2	1	2	2	2
27	3	1	2	2	2
28	3	1	2	2	2
29	3	1	2	2	2
30	3	1	2	2	2
31	3	1	2	2	4
32	3	1	2	2	4
33	3	1	2	2	4
34	3	1	2	2	4
35	3	1	2	2	2
36	3	1	2	2	2
37	3	1	2	2	2
38	3	1	2	2	2
39	3	1	2	3	3
40	3	1	2	3	3
41	3	1	2	3	3
42	2	1	2	3	3
43	3	1	2	3	4
44	3	1	2	3	2
45	3	1	2	3	2
46	3	1	2	3	2
47	2	1	2	3	2
48	3	1	2	3	2

実施例

10

20

30

40

【 0 0 6 7 】

【表 2 B】

No.	評価結果				
	ピーリング発生率 (7%以上:0点、 7%未満5%以上:1点、 5%未満1%以上:2点、 0%:3点)	偏芯発生率 (5%以上:0点、 5%未満1%以上:1点)	低温ボンディング性能 (5回以上:0点、 5回未満1回以上:1点、 0回:2点)	高温放置試験におけるボール接合部寿命 (500時間未満:0点、 500時間以上700時間未満:1点、 700時間以上:2点、 1000時間以上:3点)	ボール圧着形状 (9個以上:0点、 6個以上8個未満:1点、 5個以上3個未満:2点、 1個又は2個:3点、0個:4点)
49	3	1	2	3	4
50	3	1	2	3	4
51	3	1	2	3	4
52	3	1	2	3	4
53	3	1	2	1	3
54	3	1	2	1	3
55	3	1	2	1	3
56	3	1	2	1	3
57	3	1	2	1	4
58	3	1	2	1	2
59	3	1	2	1	2
60	3	1	2	1	2
61	3	1	2	1	2
62	3	1	2	1	2
63	2	1	2	1	4
64	3	1	2	1	4
65	3	1	2	1	4
66	3	1	2	1	4
67	3	1	2	1	4
68	3	1	2	1	4
69	3	1	2	1	4
70	3	1	2	1	4
71	3	1	2	1	4
72	3	1	2	1	4
73	3	1	2	1	4
74	3	1	2	1	4
75	3	1	2	1	4
76	3	1	2	1	4
77	3	1	2	1	4
78	3	1	2	1	4
79	3	1	2	1	4
80	3	1	2	1	4
81	3	1	2	1	4
82	3	1	2	1	2
83	3	1	2	1	4
84	3	1	2	1	4
85	3	1	2	1	4
86	3	1	2	1	4
87	3	1	2	1	4
88	3	1	2	1	4
89	3	1	2	1	4
90	3	1	2	1	4
91	1	1	1	1	1
92	1	1	2	1	1
93	3	1	2	1	1
94	3	1	1	1	1
比較例 1	0	0	0	1	1
比較例 2	1	0	1	1	1

10

20

30

40

【 図 1 】

図1A

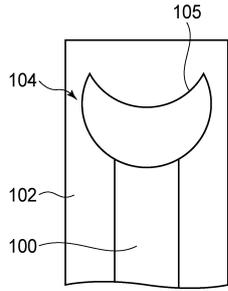
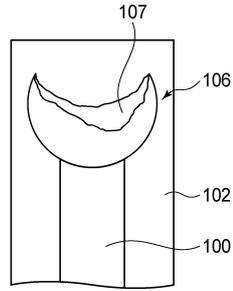
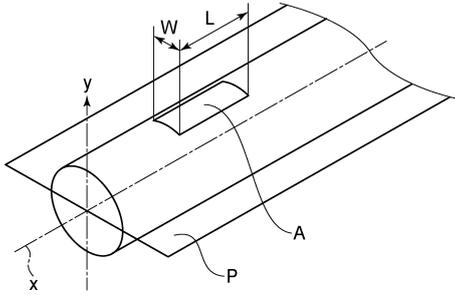


図1B



【 図 2 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 山田 隆  
日本国埼玉県入間市大字狭山ヶ原158-1 日鉄マイクロメタル株式会社内
- (72)発明者 小田 大造  
日本国埼玉県入間市大字狭山ヶ原158-1 日鉄マイクロメタル株式会社内

審査官 平野 崇

- (56)参考文献 国際公開第2017/026077(WO, A1)  
国際公開第2015/053128(WO, A1)  
国際公開第2015/152166(WO, A1)  
特開2017-045924(JP, A)  
特開2001-020026(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |       |
|------|-------|
| H01L | 21/60 |
| C22C | 9/00  |