(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
2024年12月5日(05.12.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/247286 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/60 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/023777

(22) 国際出願日： 2023年6月27日(27.06.2023)

(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 2023-088808 2023年5月30日(30.05.2023) JP

(71) 出願人: 日鉄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).

(72) 発明者: 小田 大造(**ODA, Daizo**); 〒3580032 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 Saitama (JP). 江藤 基稀(**ETO, Motoki**); 〒3580032 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 Saitama (JP). 大石 良(**OISHI, Ryo**); 〒3580032 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 Saitama (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人酒井国際特許事務所 (**SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE**); 〒1000013 東京都千代田区霞が関３丁目８番１号 虎ノ門ダイビルイースト 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (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,

(54) **Title:** BONDING WIRE

(54) 発明の名称： ボンディングワイヤ

(57) **Abstract:** Provided is an alloy-coated Cu bonding wire comprising: a core material made of Cu or a Cu alloy; and a coating layer formed on the surface of the core material and having a total concentration of Pd and Ni of 90 atom % or more. In the concentration profile in the depth direction of the wire measured by Auger electron spectroscopy (AES) for measurement points in the depth direction including at least 50 points in the depth direction of the coating layer, the thickness of the coating layer is 10-130 nm. The average value X of the ratio CPd/CNi of Pd concentration CPd (atomic%) and Ni concentration CNi (atomic%) for all of the measurement points in the covering layer is 0.1-35.0. The total number of measurement points in which the absolute deviation from the average value X in the coating layer is 0.3X or less is 50% or more of the total number of measurement points in the covering layer. The wire contains a first additional element at a total concentration of 5-450 mass ppm for the entirety of the wire.

(57) 要約：合金被覆Ｃｕボンディングワイヤは、Ｃｕ又はＣｕ合金からなる芯材と、該芯材の表面に形成されたＰｄとＮｉの合計濃度が９０原子％以上である被覆層とを含み、オージェ電子分光法（ＡＥＳ）により深さ方向の測定点が、被覆層において５０点以上になるように測定して得られた該ワイヤの深さ方向の濃度プロファイルにおいて、被覆層の厚さが１０ｎｍ以上１３０ｎｍ以下であり、被覆層の全測定点に関するＰｄの濃度ＣＰｄ（原子％）とＮｉの濃度ＣＮｉ（原子％）の比ＣＰｄ／ＣＮｉの平均値をＸとしたとき、該平均値Ｘが０．１以上３５．０以下であり、被覆層のうち該平均値Ｘからの絶対偏差が０．３Ｘ以内にある測定点の総数が被覆層の測定点の総数に対し５０％以上であり、ワイヤ全体に対して総計濃度が５質量ｐｐｍ以上４５０質量ｐｐｍ以下の第１添加元素を含有する。

WO 2024/247286 A1

［続葉有］

IT, LT, LU, LV, MC, ME, 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：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： ボンディングワイヤ

技術分野

[0001] 本発明は、ボンディングワイヤに関する。

背景技術

[0002] ボンディングワイヤは、半導体チップ上に形成された電極と、リードフレームや基板上の電極との間を接続するために用いられる。ボンディングワイヤの接続プロセスは、ボンディングワイヤをその内部に通して接続に用いる筒状のボンディングツール（キャピラリ）を用いて、半導体チップ上の電極に１ｓｔ接合し、次にループを形成した後、リードフレームや基板上の電極などの外部端子にワイヤ部を２ｎｄ接合することで完了する。１ｓｔ接合は、キャピラリから出ているワイヤ部（以下、「テール」ともいう。）の先端をアーク入熱で加熱溶融し、表面張力によりフリーエアボール（ＦＡＢ：Ｆｒｅｅ　Ａｉｒ　Ｂａｌｌ；以下、単に「ボール」ともいう。）を形成した後に、該ボール部を半導体チップ上の電極に圧着接合（以下、「ボール接合」ともいう。）する。また、２ｎｄ接合は、ボールを形成せずに、キャピラリからワイヤ部に超音波、荷重を加えることにより外部端子上に圧着接合（以下、「ウェッジ接合」ともいう。）する。

[0003] これまでボンディングワイヤの材料は金（Ａｕ）が主流であったが、ＬＳＩ用途を中心に銅（Ｃｕ）への代替が進んでおり（例えば、特許文献１～３）、また、近年の電気自動車やハイブリッド自動車の普及を背景に車載用デバイス用途において、さらにはエアコンや太陽光発電システムなどの大電力機器におけるパワーデバイス（パワー半導体装置）用途においても、熱伝導率や溶断電流の高さから、高効率で信頼性も高いＣｕへの代替が期待されている。

[0004] ＣｕはＡｕに比べて酸化され易い欠点があり、Ｃｕボンディングワイヤの表面酸化を防ぐ方法として、Ｃｕ芯材の表面をＰｄ等の金属で被覆した構造

も提案されている（特許文献４）。また、Ｃｕ芯材の表面をＰｄで被覆し、さらにＣｕ芯材にＰｄ、Ｐｔを添加することにより、１ｓｔ接合部の接合信頼性を改善したＰｄ被覆Ｃｕボンディングワイヤも提案されている（特許文献５）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開昭６１－４８５４３号公報

特許文献2：特表２０１８－５０３７４３号公報

特許文献3：国際公開第２０１７／２２１７７０号

特許文献4：特開２００５－１６７０２０号公報

特許文献5：国際公開第２０１７／０１３７９６号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 近年、ボンディングワイヤに関しては、過酷な高温環境下において良好な接合信頼性を呈することが求められる。

[0007] 本発明者らは、斯かる近年の要求を踏まえて評価を実施したところ、従来のＰｄ被覆層を有するＣｕボンディングワイヤでは、ワイヤの接続工程でＰｄ被覆層が部分的に剥離して芯材のＣｕが露出し、被覆Ｐｄ部と露出Ｃｕ部の接触領域が高温環境下で封止樹脂から発生する酸素や水蒸気、硫黄化合物系アウトガスを含む環境に曝されることでＣｕの局部腐食、すなわちガルバニック腐食が発生し、２ｎｄ接合部における接合信頼性が十分に得られない場合があることを見出した。他方、Ｐｄ被覆層を有していないベアＣｕボンディングワイヤに関しては、ガルバニック腐食は発生しないものの、ＦＡＢ形状が不良であり、ひいては１ｓｔ接合部における接合性が十分でない。

[0008] 上記の課題につき取り組む過程において、Ｃｕ芯材の表面をＮｉとＰｄを含む合金で被覆した合金被覆Ｃｕボンディングワイヤが、その合金被覆の構成によっては、ＦＡＢ形状と高温環境下における接合信頼性の点で良好な結

果を呈することを確認した。しかしながら、斯かる合金被覆Ｃｕボンディングワイヤに関しては、２ｎｄ接合部におけるワイヤー端子間の密着性（以下、単に「２ｎｄ接合部の密着性」ともいう。）に改善の余地があることを見出した。以下、本明細書において、２ｎｄ接合部の密着性と２ｎｄ接合部の初期接合強度とを併せて２ｎｄ接合部の初期接合性という。

[0009] 本発明は、良好なＦＡＢ形状をもたらすと共に、２ｎｄ接合部の密着性をはじめとする２ｎｄ接合部の初期接合性が良好であり、高温環境下におけるガルバニック腐食を抑制して良好な２ｎｄ接合部の接合信頼性をもたらす新規な合金被覆Ｃｕボンディングワイヤを提供する。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明者らは、上記課題につき鋭意検討した結果、下記構成を有することによって上記課題を解決できることを見出し、本発明を完成した。

[0011] すなわち、本発明は以下の内容を含む。

＜1＞

Ｃｕ又はＣｕ合金からなる芯材と、該芯材の表面に形成されたＰｄとＮｉの合計濃度が９０原子％以上である被覆層とを含むボンディングワイヤであって、

オージェ電子分光法（ＡＥＳ）により深さ方向の測定点が、被覆層において５０点以上になるように測定して得られた該ワイヤの深さ方向の濃度プロファイルにおいて、

被覆層の厚さが１０ｎｍ以上１３０ｎｍ以下であり、

被覆層の全測定点に関するＰｄの濃度C_{Pd}（原子％）とＮｉの濃度C_{Ni}（原子％）の比C_{Pd}/C_{Ni}の平均値をＸとしたとき、該平均値Ｘが０．１以上３５．０以下であり、

被覆層のうち該平均値Ｘからの絶対偏差が０．３Ｘ以内にある測定点の総数が被覆層の測定点の総数に対し５０％以上であり、

以下の条件（Ａ）を満たす、ボンディングワイヤ。

（Ａ）Ｔｉ、Ｖ、Ｃｒ、Ｍｎ、Ｆｅ、Ｃｏ、Ｚｎ、Ｚｒ、Ｎｂ、Ｍｏ、Ｒ

ｕ、Ｒｈ、Ｓｎ、Ｔａ、Ｗ、Ｏｓ、Ｉｒ、Ｐｔ、Ａｕ、Ｂｉからなる群から選択される１種以上の元素（以下、「第１添加元素」という。）を含み、ワイヤ全体に対する第１添加元素の総計濃度が５質量ｐｐｍ以上４５０質量ｐｐｍ以下である

＜２＞

Ｃｕ又はＣｕ合金からなる芯材と、該芯材の表面に形成されたＰｄとＮｉの合計濃度が９０原子％以上である被覆層とを含むボンディングワイヤであって、

オージェ電子分光法（ＡＥＳ）により深さ方向の測定点が、被覆層において５０点以上になるように測定して得られた該ワイヤの深さ方向の濃度プロファイルにおいて、

被覆層の厚さが１０ｎｍ以上１３０ｎｍ以下であり、

被覆層の全測定点に関するＰｄの濃度C_{Pd}（原子％）とＮｉの濃度C_{Ni}（原子％）の比C_{Pd}/C_{Ni}の平均値をＸとしたとき、該平均値Ｘが０．１以上３５．０以下であり、

被覆層のうち該平均値Ｘからの絶対偏差が０．３Ｘ以内にある測定点の総数が被覆層の測定点の総数に対し５０％以上であり、

以下の条件（Ａ）及び（Ｂ）を満たす、ボンディングワイヤ。

（Ａ）Ｔｉ、Ｖ、Ｃｒ、Ｍｎ、Ｆｅ、Ｃｏ、Ｚｎ、Ｚｒ、Ｎｂ、Ｍｏ、Ｒｕ、Ｒｈ、Ｓｎ、Ｔａ、Ｗ、Ｏｓ、Ｉｒ、Ｐｔ、Ａｕ、Ｂｉからなる群から選択される１種以上の元素（以下、「第１添加元素」という。）を含み、ワイヤ全体に対する第１添加元素の総計濃度（但しＡｕの濃度は芯材部分における濃度を用いる。）が５質量ｐｐｍ以上４５０質量ｐｐｍ以下である

（Ｂ）ワイヤの表面にＡｕを含有し、ワイヤ全体に対するＡｕの濃度が０．５質量％以下である

＜３＞

被覆層のうち平均値Ｘからの絶対偏差が０．２Ｘ以内にある測定点の総数が被覆層の測定点の総数に対し５０％以上である、＜１＞又は＜２＞に記載

のボンディングワイヤ。

＜４＞

被覆層の全測定点について、C_{Pd}又はC_{Ni}を最小二乗法により直線近似した際に、被覆層の深さ範囲における該近似直線の最大値と最小値の差が２０原子％以下である、＜１＞～＜３＞の何れかに記載のボンディングワイヤ。

＜５＞

ワイヤの深さ方向の濃度プロファイルが、ワイヤの表面からＡｒスパッタリングにより深さ方向に掘り下げていきながら、下記＜条件＞にてＡＥＳにより測定して得られる、＜１＞～＜４＞の何れかに記載のボンディングワイヤ。

＜条件＞ワイヤの幅の中心が測定面の幅の中心となるように位置決めし、かつ、測定面の幅がワイヤ直径の５％以上１５％以下、測定面の長さが測定面の幅の５倍である

＜６＞

Ｂ、Ｐ及びＭｇからなる群から選択される１種以上の元素（以下、「第２添加元素」という。）を含み、ワイヤ全体に対する第２添加元素の総計濃度が１質量ｐｐｍ以上１００質量ｐｐｍ以下である、＜１＞～＜５＞の何れかに記載のボンディングワイヤ。

＜７＞

Ｓｅ、Ｔｅ、Ａｓ及びＳｂからなる群から選択される１種以上の元素（以下、「第３添加元素」という。）を含み、ワイヤ全体に対する第３添加元素の総計濃度が１質量ｐｐｍ以上１００質量ｐｐｍ以下である、＜１＞～＜６＞の何れかに記載のボンディングワイヤ。

＜８＞

Ｇａ及びＧｅからなる群から選択される１種以上の元素（以下、「第４添加元素」という。）を含み、ワイヤ全体に対する第４添加元素の総計濃度が０．０１１質量％以上１．５質量％以下である、＜１＞～＜７＞の何れかに記載のボンディングワイヤ。

＜９＞

Ｉｎ及びＡｇからなる群から選択される１種以上の元素（以下、「第５添加元素」という。）を含み、ワイヤ全体に対する第５添加元素の総計濃度が１質量ｐｐｍ以上５００質量ｐｐｍ以下である、＜１＞～＜８＞の何れかに記載のボンディングワイヤ。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、良好なＦＡＢ形状をもたらすと共に、２ｎｄ接合部の密着性をはじめとする２ｎｄ接合部の初期接合性も良好であり、高温環境下におけるガルバニック腐食を抑制して良好な２ｎｄ接合部の接合信頼性をもたらす新規な合金被覆Ｃｕボンディングワイヤを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]図１は、２ｎｄ接合部を説明するための概略図である。図１はまた、２ｎｄ接合部の密着性を評価する際の評価面（断面）の位置を説明するための概略図である。

[図2]図２は、図１中のＡ－Ａ二点鎖線で示した位置で切断した際の、２ｎｄ接合部の概略断面図である。

[図3]図３は、ＡＥＳによる組成分析を行う際の測定面の位置及び寸法を説明するための概略図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本発明をその好適な実施形態に即して詳細に説明する。説明にあたり図面を参照する場合もあるが、各図面は、発明が理解できる程度に、構成要素の形状、大きさおよび配置が概略的に示されているに過ぎない。本発明は、下記実施形態及び例示物に限定されるものではなく、本発明の特許請求の範囲及びその均等の範囲を逸脱しない範囲において任意に変更して実施され得る。

[0015] ［ボンディングワイヤ］

本発明のボンディングワイヤ（以下、単に「本発明のワイヤ」、「ワイヤ」ともいう。）は、

Ｃｕ又はＣｕ合金からなる芯材と、

該芯材の表面に形成されたＰｄとＮｉの合計濃度が９０原子％以上である被覆層とを含み、

オージェ電子分光法（ＡＥＳ）により深さ方向の測定点が、被覆層において５０点以上になるように測定して得られた該ワイヤの深さ方向の濃度プロファイルにおいて、

該被覆層の厚さが１０ｎｍ以上１３０ｎｍ以下であり、

被覆層の全測定点に関するＰｄの濃度C_{Pd}（原子％）とＮｉの濃度C_{Ni}（原子％）の比C_{Pd}/C_{Ni}の平均値をＸとしたとき、該平均値Ｘが０．１以上３５．０以下であり、

被覆層のうち該平均値Ｘからの絶対偏差が０．３Ｘ以内にある測定点の総数が被覆層の測定点の総数に対し５０％以上であり、

以下の条件（Ａ）を満たすことを特徴とする。

（Ａ）Ｔｉ、Ｖ、Ｃｒ、Ｍｎ、Ｆｅ、Ｃｏ、Ｚｎ、Ｚｒ、Ｎｂ、Ｍｏ、Ｒｕ、Ｒｈ、Ｓｎ、Ｔａ、Ｗ、Ｏｓ、Ｉｒ、Ｐｔ、Ａｕ、Ｂｉからなる群から選択される１種以上の元素（「第１添加元素」）を含み、ワイヤ全体に対する第１添加元素の総計濃度が５質量ｐｐｍ以上４５０質量ｐｐｍ以下である

[0016] 先述のとおり、近年、ボンディングワイヤは、過酷な高温環境下において良好な接合信頼性を呈することが求められる。例えば、車載用デバイスに用いられるボンディングワイヤでは、１５０℃を超えるような高温環境下での接合信頼性が求められている。本発明者らは、近年要求される特性を踏まえて評価を実施したところ、従来のＰｄ被覆層を有するＣｕボンディングワイヤでは、高温環境下においてガルバニック腐食が発生し、２ｎｄ接合部における接合信頼性が十分に得られない場合があることを見出した。また、Ｐｄ被覆層を有していないベアＣｕボンディングワイヤに関しては、ガルバニック腐食は発生しないものの、ＦＡＢ形状が不良であり、ひいては１ｓｔ接合部の圧着形状に劣り、高密度実装で要求される狭ピッチ接続への対応が十分でない。

[0017] これに対し、Ｃｕ又はＣｕ合金からなる芯材と、該芯材の表面に形成されたＰｄとＮｉの合計濃度が９０原子％以上である被覆層とを含み、ＡＥＳにより深さ方向の測定点が、被覆層において５０点以上になるように測定して得られた該ワイヤの深さ方向の濃度プロファイルにおいて、被覆層の厚さが１０ｎｍ以上１３０ｎｍ以下であり、被覆層の全測定点に関するＰｄの濃度C_{Pd}（原子％）とＮｉの濃度C_{Ni}（原子％）の比C_{Pd}/C_{Ni}の平均値をＸとしたとき、該平均値Ｘが０．１以上３５．０以下であり、被覆層のうち該平均値Ｘからの絶対偏差が０．３Ｘ以内にある測定点の総数が被覆層の測定点の総数に対し５０％以上である合金被覆Ｃｕボンディングワイヤによれば、良好なＦＡＢ形状をもたらすと共に、高温環境下におけるガルバニック腐食を抑制して良好な２ｎｄ接合部の接合信頼性をもたらすことを本発明者らは見出した。

[0018] 他方において、斯かる合金被覆Ｃｕボンディングワイヤに関しては、以下のとおり、２ｎｄ接合部の初期接合性、とりわけ２ｎｄ接合部の密着性に改善の余地があることを見出した。

先述のとおり、２ｎｄ接合では、キャピラリからワイヤ部に超音波、荷重を加えることにより外部端子上にワイヤを圧着接合する。図１には、外部端子（図示せず）上に形成された２ｎｄ接合部を、外部端子の主面に垂直な方向において真上からからみた場合の概略図を示す。図１において、ワイヤ１の先端に２ｎｄ接合部１０が形成されている。

２ｎｄ接合部においてワイヤと外部端子とは十分に密着することが望ましいが、上記の合金被覆Ｃｕボンディングワイヤを用いて形成した２ｎｄ接合部に関しては、ワイヤと外部端子とが密着していない箇所が或る程度の割合にて存在し、ワイヤ－端子間の密着性に劣る場合のあることを確認した。図１中のＡ－Ａ二点鎖線で示した位置で、外部端子の主面に垂直な方向に切断した際の、２ｎｄ接合部の概略断面図を図２に示す。図２において、外部端子５０上に、２ｎｄ接合部１０が形成されているが、上記の合金被覆Ｃｕボンディングワイヤを用いて形成した２ｎｄ接合部に関しては、２ｎｄ接合部

の端部（図２中の２ｎｄ接合部１０の左端と右端）から一定の幅においてワイヤと外部端子とが密着していない箇所が存在する傾向にあることを本発明者らは見出した。このような２ｎｄ接合部の密着性の問題は、ベアＣｕボンディングワイヤをはじめ従来のボンディングワイヤにおいては、少なくとも顕在化していなかったことから、上記特定の合金被覆を採用したことにより生じる特異的な課題と考えられる。

[0019] これに対し、上記特定の合金被覆を採用すると共に、上記の条件（Ａ）を満たすボンディングワイヤによれば、特定の合金被覆を採用したことにより奏される優れた効果はそのままに、２ｎｄ接合部の密着性を向上させて良好な２ｎｄ接合部の初期接合性を達成し得ることを本発明者らは見出した。

[0020] ＜Ｃｕ又はＣｕ合金からなる芯材＞

本発明のワイヤは、Ｃｕ又はＣｕ合金からなる芯材（以下、単に「Ｃｕ芯材」ともいう。）を含む。

[0021] Ｃｕ芯材は、Ｃｕ又はＣｕ合金からなる限りにおいて特に限定されず、ボンディングワイヤとして知られている従来のＰｄ被覆Ｃｕワイヤを構成する公知のＣｕ芯材を用いてよい。

[0022] 本発明において、Ｃｕ芯材中のＣｕの濃度は、例えば、Ｃｕ芯材の中心（軸芯部）において、９７原子％以上、９７．５原子％以上、９８原子％以上、９８．５原子％以上、９９原子％以上、９９．５原子％以上、９９．８原子％以上、９９．９原子％以上又は９９．９５原子％以上などとし得る。

[0023] ２ｎｄ接合部の密着性を向上させて良好な２ｎｄ接合部の初期接合性をもたらす合金被覆Ｃｕボンディングワイヤを実現する観点から、上記の条件（Ａ）を満たすようにＣｕ芯材が第１添加元素を含有することが好ましい。

[0024] Ｃｕ芯材はまた、例えば、後述の第２添加元素、第３添加元素、第４添加元素、第５添加元素から選択される１種以上のドーパントを含有してよい。これらドーパントの好適な含有量は後述のとおりである。

[0025] 一実施形態において、Ｃｕ芯材は、Ｃｕと、第１添加元素と、不可避不純物とからなる。他の一実施形態において、Ｃｕ芯材は、Ｃｕと、第１添加元

素と、後述の第２添加元素、第３添加元素、第４添加元素、第５添加元素から選択される１種以上の元素と、不可避不純物とからなる。なお、Ｃｕ芯材は、後述の被覆層を構成する元素を含有してよい。

[0026] ＜被覆層＞

本発明のワイヤは、Ｃｕ芯材の表面に形成されたＰｄとＮｉの合計濃度が９０原子％以上である被覆層（以下、単に「被覆層」ともいう。）を含む。

[0027] 良好なＦＡＢ形状をもたらすと共に、高温環境下におけるガルバニック腐食を抑制して良好な２ｎｄ接合部の接合信頼性をもたらすために、本発明のワイヤにおける被覆層は、ＡＥＳにより深さ方向の測定点が、被覆層において５０点以上になるように測定して得られた該ワイヤの深さ方向の濃度プロファイル（以下、単に「ワイヤの深さ方向の濃度プロファイル」ともいう。）において、以下の（１）乃至（３）の条件を全て満たすことが重要である。

（１）該被覆層の厚さが１０ｎｍ以上１３０ｎｍ以下

（２）被覆層の全測定点に関するＰｄの濃度C_{Pd}（原子％）とＮｉの濃度C_{Ni}（原子％）の比C_{Pd}/C_{Ni}の平均値をＸとしたとき、該平均値Ｘが０．１以上３５．０以下

（３）被覆層のうち該平均値Ｘからの絶対偏差が０．３Ｘ以内にある測定点の総数が被覆層の測定点の総数に対し５０％以上

[0028] 本発明において、ＡＥＳによりワイヤの深さ方向の濃度プロファイルを取得するにあたって、その深さ方向の測定点が、被覆層において５０点以上になるように測定する。一般にＡＥＳによる深さ方向の分析はサブナノオーダーの測定間隔で分析することが可能であるので、本発明が対象とする被覆層の厚さとの関係において測定点を５０点以上とすることは比較的容易である。仮に、測定した結果、測定点数が５０点に満たない場合には、スパッタ速度を下げたりスパッタ時間を短くしたりする等して測定点数が５０点以上になるようにして、再度測定を行う。これにより、ＡＥＳにより深さ方向の測定点が、被覆層において５０点以上になるように測定し、ワイヤの深さ方向

の濃度プロファイルを得ることができる。被覆層の厚さにもよるが、被覆層に関する測定点の総数が７０点（より好ましくは１００点）となるように、ＡＥＳの測定点間隔を決定することがより好適である。したがって、好適な一実施形態において、本発明のワイヤにおける被覆層は、ＡＥＳにより深さ方向の測定点が、被覆層において５０点以上になるように測定して得られた該ワイヤの深さ方向の濃度プロファイルにおいて、上記（１）乃至（３）の条件を全て満たす。

[0029] －条件（１）－

条件（１）は、被覆層の厚さに関する。条件（２）、（３）との組み合わせにおいて条件（１）を満たす被覆層を含むことにより、本発明のワイヤは、高温環境下におけるガルバニック腐食を抑制して良好な２ｎｄ接合部の接合信頼性をもたらすと共に、良好なＦＡＢ形状をもたらし、ひいては良好な１ｓｔ接合部の圧着形状をもたらすことができる。

[0030] 条件（１）について、被覆層の厚さ（ワイヤの深さ方向の濃度プロファイルに基づく算出方法は後述する。）は、良好なＦＡＢ形状を実現する観点から、１０ｎｍ以上であり、好ましくは１２ｎｍ以上、１４ｎｍ以上、１５ｎｍ以上、１６ｎｍ以上、１８ｎｍ以上又は２０ｎｍ以上、より好ましくは２５ｎｍ以上、３０ｎｍ以上、４０ｎｍ以上又は５０ｎｍ以上、さらに好ましくは６０ｎｍ以上、７０ｎｍ以上、８０ｎｍ以上又は９０ｎｍ以上である。被覆層の厚さが１０ｎｍ未満であると、ＦＡＢ形成時に偏芯が発生しＦＡＢ形状が悪化すると共に、１ｓｔ接合部の圧着形状が悪化する傾向にある。また、被覆層の厚さの上限は、良好なＦＡＢ形状を実現する観点から、１３０ｎｍ以下であり、好ましくは１２５ｎｍ以下、１２０ｎｍ以下、１１５ｎｍ以下又は１１０ｎｍ以下である。被覆層の厚さが１３０ｎｍ超であると、ＦＡＢ形成時に異形や溶融不良が発生しＦＡＢ形状が悪化すると共に、１ｓｔ接合部の圧着形状が悪化する傾向にある。

[0031] －条件（２）－

条件（２）は、上記の被覆層の全測定点に関するＰｄの濃度C_{Pd}（原子％

）とＮｉの濃度C_{Ni}（原子％）の比C_{Pd}/C_{Ni}の平均値Ｘに関する。条件（１）、（３）に加えて条件（２）を満たす被覆層を含むことにより、本発明のワイヤは、高温環境下におけるガルバニック腐食を抑制して良好な２ｎｄ接合部の接合信頼性をもたらすと共に、良好なＦＡＢ形状をもたらし、ひいては良好な１ｓｔ接合部の圧着形状をもたらすことができる。

[0032] 条件（２）について、平均値Ｘは、良好な２ｎｄ接合部の接合信頼性を実現する観点から、３５．０以下であり、好ましくは３４．０以下、より好ましくは３２．０以下、３０．０以下、２８．０以下、２６．０以下、２５．０以下、２４．０以下、２２．０以下又は２０．０以下である。比C_{Pd}/C_{Ni}が３５．０超であると、高温環境下におけるガルバニック腐食を抑制できず２ｎｄ接合部において十分な高温接合信頼性が得られない傾向にある。また、平均値Ｘの下限は、２ｎｄ接合部の初期接合強度を高めて良好な２ｎｄ接合部の初期接合性を実現する観点から、０．１以上であり、好ましくは０．２以上、０．４以上、０．５以上、０．６以上、０．８以上、１．０以上又は１．０超、より好ましくは１．５以上、２．０以上、２．５以上又は３．０以上である。平均値Ｘが０．１未満であると、十分な２ｎｄ接合部の初期接合性が得られない傾向にある。

[0033] －条件（３）－

条件（３）は、被覆層のうち上記平均値Ｘからの絶対偏差が０．３Ｘ以内にある測定点の総数が被覆層の測定点の総数に対し５０％以上であることに関する。条件（１）、（２）との組み合わせにおいて条件（３）を満たす被覆層を含むことにより、本発明のワイヤは、高温環境下におけるガルバニック腐食を抑制して良好な２ｎｄ接合部の接合信頼性をもたらすと共に、良好なＦＡＢ形状をもたらし、ひいては良好な１ｓｔ接合部の圧着形状をもたらすことができる。

[0034] 条件（３）は、条件（２）と共に、被覆層の厚さ方向において、被覆層が、ＰｄとＮｉを所定比率にて含有するＰｄＮｉ合金をＰｄ／Ｎｉ比率の変動を抑えつつ高濃度に含むことを表す。高温環境下においてより良好な２ｎｄ

接合部の接合信頼性を実現する観点、より良好なＦＡＢ形状を実現する観点から、被覆層のうち平均値Ｘからの絶対偏差が０．２Ｘ以内（より好ましくは０．１８Ｘ以内、０．１６Ｘ以内又は０．１５Ｘ以内）にある測定点の総数が被覆層の測定点の総数に対し５０％以上であることがより好適である。

[0035] 高温環境下においてよりいっそう良好な２ｎｄ接合部の接合信頼性を実現する観点、よりいっそう良好なＦＡＢ形状を実現する観点から、被覆層のうち平均値Ｘからの絶対偏差が所定範囲（好適範囲は先述のとおり）にある測定点の総数が被覆層の測定点の総数に対し好ましくは５５％以上又は６０％以上、より好ましくは６５％以上、７０％以上又は７５％以上、さらに好ましくは８０％以上である。

[0036] 本発明の効果をさらに享受し得る観点から、ワイヤの深さ方向の濃度プロファイルにおいて、被覆層の全測定点について、Ｐｄの濃度C_{Pd}（原子％）又はＮｉの濃度C_{Ni}（原子％）を最小二乗法により直線近似した際に、被覆層の深さ（厚さ）範囲における該近似直線の最大値と最小値の差は、好ましくは２０原子％以下、より好ましくは１５原子％以下、さらに好ましくは１０原子％以下、８原子％以下、６原子％以下又は５原子％以下である。中でも、平均値Ｘが１未満である場合、被覆層の全測定点についてC_{Ni}（原子％）を最小二乗法により直線近似した際に、被覆層の深さ範囲における該近似直線の最大値と最小値の差が上記範囲にあることが好適であり、また、平均値Ｘが１以上である場合、被覆層の全測定点についてC_{Pd}（原子％）を最小二乗法により直線近似した際に、被覆層の深さ範囲における該近似直線の最大値と最小値の差が上記範囲にあることが好適である。

[0037] 条件（１）における被覆層の厚さ、条件（２）、（３）における平均値Ｘや該平均値Ｘからの絶対偏差、該絶対偏差が所定範囲にある測定点の総数、被覆層の測定点の総数に占める絶対偏差が所定範囲にある測定点の総数の割合は、ワイヤの表面からＡｒスパッタリングにより深さ方向（ワイヤ中心への方向）に掘り下げていきながら、ＡＥＳにより組成分析を行うことにより確認・決定することができる。詳細には、１）ワイヤ表面の組成分析を行っ

た後、２）Ａｒによるスパッタリングと３）スパッタリング後の表面の組成分析とを繰り返すことで、ワイヤの表面から深さ（中心）方向の各元素の濃度変化（所謂、深さ方向の濃度プロファイル）を取得し、該濃度プロファイルに基づき確認・決定することができる。本発明において、深さ方向の濃度プロファイルを取得するにあたって、深さの単位はSiO_2換算とした。

[0038] １）ワイヤ表面の組成分析や３）スパッタリング後の表面の組成分析を行うにあたり、測定面の位置及び寸法は、以下のとおり決定する。なお、以下において、測定面の幅とは、ワイヤ軸に垂直な方向（ワイヤの太さ方向）における測定面の寸法をいい、測定面の長さとは、ワイヤ軸の方向（ワイヤの長さ方向）における測定面の寸法をいう。図３を参照してさらに説明する。図３は、ワイヤ１の平面視概略図であり、ワイヤ軸の方向（ワイヤの長さ方向）が図３の垂直方向（上下方向）に、また、ワイヤ軸に垂直な方向（ワイヤの太さ方向）が図３の水平方向（左右方向）にそれぞれ対応するように示している。図３には、ワイヤ１との関係において測定面２を示すが、測定面２の幅は、ワイヤ軸に垂直な方向における測定面の寸法w_aであり、測定面２の長さは、ワイヤ軸の方向における測定面の寸法l_aである。

[0039] ワイヤ軸に垂直な方向におけるワイヤの幅の中心が測定面の幅の中心となるように位置決めし、かつ、測定面の幅がワイヤ直径の５％以上１５％以下となるように測定面を決定する。測定面の長さは、測定面の幅の５倍となるように設定する。図３において、ワイヤの幅は符号Ｗで示し、ワイヤの幅の中心を一点鎖線Ｘで示している。したがって、測定面２は、その幅の中心がワイヤの幅の中心である一点鎖線Ｘと一致するように位置決めし、かつ、測定面の幅w_aがワイヤ直径（ワイヤの幅Ｗと同値）の５％以上１５％以下、すなわち０．０５Ｗ以上０．１５Ｗ以下となるように決定する。また、測定面の長さl_aは、$l_a = 5w_a$の関係を満たす。測定面の位置及び寸法を上記のとおり決定することにより、高温環境下において良好な２ｎｄ接合部の接合信頼性をもたらすと共に良好なＦＡＢ形状を実現するのに好適な、条件（１）～（３）の成否を精度良く測定することができる。また、ワイヤ軸方向に互

いに１ｍｍ以上離間した複数箇所（ｎ≧３）の測定面について実施し、その算術平均値を採用することが好適である。

[0040] 上記の条件（１）における被覆層の厚さ、条件（２）、（３）における平均値Ｘや該平均値Ｘからの絶対偏差、該絶対偏差が所定範囲にある測定点の総数、被覆層の測定点の総数に占める絶対偏差が所定範囲にある測定点の総数の割合は、後述の［オージェ電子分光法（ＡＥＳ）による被覆層の厚さ分析］欄に記載の条件にて測定した結果に基づくものである。

[0041] 一実施形態に係る本発明のワイヤについて求められた、深さ方向の濃度プロファイルについて、その傾向を以下に説明する。ワイヤの表面から一定の深さ位置までは、ＰｄとＮｉが一定比率にて高濃度に共存する傾向、すなわちＰｄとＮｉの合計濃度が９０原子％以上である領域（被覆層）が存在し、該被覆層の全測定点に関するＰｄの濃度C_{Pd}（原子％）とＮｉの濃度C_{Ni}（原子％）の比C_{Pd}/C_{Ni}の平均値をＸとしたとき、該平均値Ｘからの絶対偏差が０．３Ｘ以内にある測定点が一定数存在する傾向にある。さらに深さ方向に進むと、ＰｄとＮｉの濃度が低下すると共にＣｕの濃度が上昇する傾向にある。このような深さ方向の濃度プロファイルにおいて、Ｐｄの濃度C_{Pd}（原子％）とＮｉの濃度C_{Ni}（原子％）に着目して、ＰｄとＮｉの合計濃度が９０原子％以上である領域の厚さや測定点の総数から被覆層の厚さや被覆層の測定点の総数を求めることができる。また、該被覆層の全測定点に関する比C_{Pd}/C_{Ni}を算術平均することで平均値Ｘを、被覆層の全測定点に関し該平均値Ｘからの絶対偏差を確認することで該平均値Ｘからの絶対偏差が０．３Ｘ以内にある測定点の総数を求めることができる。なお、後述のとおり、ワイヤの表面にＡｕをさらに含有する場合、深さ方向の濃度プロファイルにおいて、ワイヤの表面からごく浅い位置にかけて、Ａｕ濃度が低下すると共にＰｄとＮｉの濃度が上昇する傾向にある。斯かる場合も、Ｐｄの濃度C_{Pd}（原子％）とＮｉの濃度C_{Ni}（原子％）に着目して、その合計が９０原子％以上である領域の厚さや測定点の総数から被覆層の厚さや被覆層の測定点の総数を求めることができ、該被覆層の全測定点に関する比C_{Pd}/C_{Ni}を算術

平均することで平均値Ｘを、被覆層の全測定点に関し該平均値Ｘからの絶対偏差を確認することで該平均値Ｘからの絶対偏差が０．３Ｘ以内にある測定点の総数を求めることができる。

[0042] －被覆層に係る他の好適な条件－

本発明のワイヤにおいて、被覆層は、上記の条件（１）乃至（３）の全てを満たすことに加えて、ワイヤの深さ方向の濃度プロファイルに基づいて、以下の条件（４）及び（５）の一方又は両方を満たすことがより好適である。

（４）被覆層の全測定点に関するＰｄの濃度C_{Pd}（原子％）の平均値をX_{Pd}としたとき、被覆層のうち該平均値X_{Pd}からの絶対偏差が０．１X_{Pd}以内にある測定点の総数が被覆層の測定点の総数に対し５０％以上

（５）被覆層の全測定点に関するＮｉの濃度C_{Ni}（原子％）の平均値をX_{Ni}としたとき、被覆層のうち該平均値X_{Ni}からの絶対偏差が０．１X_{Ni}以内にある測定点の総数が被覆層の測定点の総数に対し５０％以上

なお、条件（４）、（５）において、被覆層、その厚さや測定点の総数に関しては、条件（１）乃至（３）に関連して上述したとおりである。条件（１）乃至（３）に加えて、条件（４）及び（５）の一方又は両方を満たす被覆層を含む場合、本発明のワイヤは、高温環境下において一際良好な２ｎｄ接合部の接合信頼性をもたらすと共に一際良好なＦＡＢ形状を実現することができる。

[0043] 被覆層は、例えば、後述の第２添加元素、第３添加元素、第４添加元素、第５添加元素から選択される１種以上のドーパントを含有してよい。これらドーパントの好適な含有量は後述のとおりである。

[0044] 本発明のワイヤは、その表面にＡｕをさらに含有していてもよい。ワイヤの表面にＡｕをさらに含有することにより、２ｎｄ接合部の初期接合性をさらに改善することができる。本発明のワイヤが、その表面にＡｕをさらに含有する場合、ワイヤ全体に対するＡｕの濃度は、通常、０．５質量％以下としてよく、好ましくは０．３質量％以下又は０．２質量％以下であり、その

下限は例えば０．０５質量％以上、０．１質量％以上などとし得る。したがって一実施形態において、本発明のワイヤは、以下の条件（Ｂ）を満たす。

（Ｂ）ワイヤの表面にＡｕを含有し、ワイヤ全体に対するＡｕの濃度が０．５質量％以下である

[0045] なお、本発明のワイヤが、その表面にＡｕをさらに含有する場合、上記の条件（Ａ）の成否を判断するにあたって、第１添加元素としてのＡｕの濃度は、ワイヤの断面を露出させ、そのＣｕ芯材部分を電子線マイクロアナライザ（ＥＰＭＡ）又は二次イオン質量分析（ＳＩＭＳ）により測定して求めた、芯材部分における濃度を用いる。すなわち、本発明のワイヤが、その表面にＡｕをさらに含有する場合、上記の条件（Ａ）における「ワイヤ全体に対する第１添加元素の総計濃度」は「ワイヤ全体に対する第１添加元素の総計濃度（但しＡｕの濃度は芯材部分における濃度を用いる。）」と読み替えて適用する。

[0046] 一実施形態において、本発明のワイヤは、上記の条件（１）乃至（３）を満たす被覆層を含むと共に、以下の条件（Ａ）及び（Ｂ）を満たす。

（Ａ）Ｔｉ、Ｖ、Ｃｒ、Ｍｎ、Ｆｅ、Ｃｏ、Ｚｎ、Ｚｒ、Ｎｂ、Ｍｏ、Ｒｕ、Ｒｈ、Ｓｎ、Ｔａ、Ｗ、Ｏｓ、Ｉｒ、Ｐｔ、Ａｕ、Ｂｉからなる群から選択される１種以上の元素（「第１添加元素」）を含み、ワイヤ全体に対する第１添加元素の総計濃度（但しＡｕの濃度は芯材部分における濃度を用いる。）が５質量ｐｐｍ以上４５０質量ｐｐｍ以下である

（Ｂ）ワイヤの表面にＡｕを含有し、ワイヤ全体に対するＡｕの濃度が０．５質量％以下である

[0047] 第１添加元素を上記特定の濃度にて含有する本発明の合金被覆Ｃｕボンディングワイヤによれば、ワイヤの表面におけるＡｕの濃度が、例えば、１０原子％未満、８原子％以下、６原子％以下、５原子％以下、４原子％以下又は２原子％以下などと低い場合であっても、２ｎｄ接合部の密着性を向上させて良好な２ｎｄ接合部の初期接合性を達成することができる。

[0048] ワイヤ表面の組成分析は、深さ方向の濃度プロファイルを取得する方法に

関連して説明した、１）ワイヤ表面の組成分析と同様の条件で実施することができる。すなわち、ワイヤ表面についてオージェ電子分光法（ＡＥＳ）により組成分析を行うにあたり、測定面の位置及び寸法は、以下のとおり決定する。

[0049] ワイヤ軸に垂直な方向におけるワイヤの幅の中心が測定面の幅の中心となるように位置決めし、かつ、測定面の幅がワイヤ直径の５％以上１５％以下となるように測定面を決定する。測定面の長さは、測定面の幅の５倍となるように設定する。測定面の位置及び寸法を上記のとおり決定することにより、２ｎｄ接合部の初期接合性をさらに改善するのに好適な、ワイヤ表面におけるＡｕの濃度を精度良く測定することができる。また、ワイヤ軸方向に互いに１ｍｍ以上離間した複数箇所（ｎ≧３）の測定面について実施し、その算術平均値を採用することが好適である。

[0050] 上記の表面におけるＡｕの濃度は、後述の［オージェ電子分光法（ＡＥＳ）によるワイヤ表面の組成分析］欄に記載の条件にて測定した結果に基づくものである。

[0051] 本発明のワイヤにおいて、Ｃｕ芯材と被覆層との境界は、上記のワイヤの深さ方向の濃度プロファイルにおいて、ＰｄとＮｉの合計濃度を基準に判定する。ＰｄとＮｉの合計濃度が９０原子％の位置を境界と判定し、ＰｄとＮｉの合計濃度が９０原子％未満の領域をＣｕ芯材、９０原子％以上の領域を被覆層とする。本発明においてＣｕ芯材と被覆層との境界は必ずしも結晶粒界である必要はない。被覆層の厚さは、ワイヤ表面からワイヤ中心側に向けて濃度プロファイルを確認し、ＰｄとＮｉの合計濃度が９０原子％以上にはじめて達した深さ位置Ｚ１から、ＰｄとＮｉの合計濃度が９０原子％未満にはじめて低下した深さ位置Ｚ２（但しＺ２＞Ｚ１）までの距離として求めることができる。

[0052] 本発明のワイヤは、上記の条件（１）乃至（３）を満たす被覆層を含むことを特徴とするが、条件（２）及び（３）に係る平均値Ｘや該平均値Ｘからの絶対偏差、該絶対偏差が所定範囲にある測定点の総数、被覆層の測定点の

総数に占める絶対偏差が所定範囲にある測定点の総数の割合は、上記の境界の判定法により決定した被覆層について、Ｐｄの濃度C_{Pd}（原子％）とＮｉの濃度C_{Ni}（原子％）に着目して決定する。

[0053] 一実施形態において、被覆層は、Ｐｄ及びＮｉと；不可避不純物からなる。他の一実施形態において、被覆層は、Ｐｄ及びＮｉと；Ａｕ及び第１添加元素から選択される１種以上の元素と；不可避不純物とからなる。他の一実施形態において、被覆層は、Ｐｄ及びＮｉと；後述の第２添加元素、第３添加元素、第４添加元素、第５添加元素から選択される１種以上の元素と；不可避不純物とからなる。他の一実施形態において、被覆層は、Ｐｄ及びＮｉと；Ａｕ及び第１添加元素から選択される１種以上と；後述の第２添加元素、第３添加元素、第４添加元素、第５添加元素から選択される１種以上の元素と；不可避不純物とからなる。なお、被覆層は、先述のＣｕ芯材を構成する元素を含有してよい。

[0054] 本発明のワイヤは、以下の条件（Ａ）を満たすことを特徴とする。

（Ａ）Ｔｉ、Ｖ、Ｃｒ、Ｍｎ、Ｆｅ、Ｃｏ、Ｚｎ、Ｚｒ、Ｎｂ、Ｍｏ、Ｒｕ、Ｒｈ、Ｓｎ、Ｔａ、Ｗ、Ｏｓ、Ｉｒ、Ｐｔ、Ａｕ、Ｂｉからなる群から選択される１種以上の元素（「第１添加元素」）を含み、ワイヤ全体に対する第１添加元素の総計濃度が５質量ｐｐｍ以上４５０質量ｐｐｍ以下である

[0055] 上記の条件（１）乃至（３）を全て満たす被覆層を含むと共に、第１添加元素に係る上記の条件を充足することにより、本発明のワイヤは、良好なＦＡＢ形状と高温環境下における良好な２ｎｄ接合部の接合信頼性をもたらすと共に、２ｎｄ接合部の密着性を向上させて良好な２ｎｄ接合部の初期接合性を達成することができる。

[0056] 条件（Ａ）は、ワイヤ全体に対する、Ｔｉ、Ｖ、Ｃｒ、Ｍｎ、Ｆｅ、Ｃｏ、Ｚｎ、Ｚｒ、Ｎｂ、Ｍｏ、Ｒｕ、Ｒｈ、Ｓｎ、Ｔａ、Ｗ、Ｏｓ、Ｉｒ、Ｐｔ、Ａｕ、Ｂｉからなる群から選択される１種以上の元素、すなわち第１添加元素の総計濃度に関する。ここで、本発明のワイヤが、その表面にＡｕをさらに含有する場合、条件（Ａ）における「ワイヤ全体に対する第１添加元

素の総計濃度」は「ワイヤ全体に対する第１添加元素の総計濃度（但しＡｕの濃度は芯材部分における濃度を用いる。）」と読み替えて適用することは先述のとおりである。

[0057] 条件（Ａ）について、２ｎｄ接合部の密着性を向上させて良好な２ｎｄ接合部の初期接合性をもたらす合金被覆Ｃｕボンディングワイヤを実現する観点から、ワイヤ全体に対する第１添加元素の総計濃度は、５質量ｐｐｍ以上であり、好ましくは１０質量ｐｐｍ以上、１５質量ｐｐｍ以上、２０質量ｐｐｍ以上又は２５質量ｐｐｍ以上、より好ましくは３０質量ｐｐｍ以上、４０質量ｐｐｍ以上、５０質量ｐｐｍ以上、６０質量ｐｐｍ以上又は８０質量ｐｐｍ以上、さらに好ましくは１００質量ｐｐｍ以上、１１０質量ｐｐｍ以上、１２０質量ｐｐｍ以上、１３０質量ｐｐｍ以上、１４０質量ｐｐｍ以上又は１５０質量ｐｐｍ以上である。特にワイヤ全体に対する第１添加元素の総計濃度が１００質量ｐｐｍ以上であると、２ｎｄ接合部の密着性を改善して、いっそう良好な２ｎｄ接合部の初期接合性をもたらすボンディングワイヤを実現し易いため好適である。

[0058] 条件（Ａ）について、２ｎｄ接合部の密着性を向上させて良好な２ｎｄ接合部の初期接合性をもたらす合金被覆Ｃｕボンディングワイヤを実現する観点から、ワイヤ全体に対し、第１添加元素の総計濃度は４５０質量ｐｐｍ以下である。第１添加元素の総計濃度の上限は、４４０質量ｐｐｍ以下、４２０質量ｐｐｍ以下、４００質量ｐｐｍ以下などとしてもよい。なお、第１添加元素として、Ｔｉ、Ｖ、Ｃｒ、Ｍｎ、Ｆｅ、Ｃｏ、Ｚｎからなる群から選択される１種以上の元素（以下、「第１ａ添加元素」ともいう。）を含む場合、該第１ａ添加元素の総計濃度の上限は、２００質量ｐｐｍ以下、１８０質量ｐｐｍ以下、１６０質量ｐｐｍ以下、又は１５０質量ｐｐｍ以下などとしてよい。第１添加元素として、Ｚｒ、Ｎｂ、Ｍｏ、Ｒｕ、Ｒｈ、Ｓｎからなる群から選択される１種以上の元素（以下、「第１ｂ添加元素」ともいう。）を含む場合、該第１ｂ添加元素の総計濃度の上限は、３５０質量ｐｐｍ以下、３４０質量ｐｐｍ以下、３２０質量ｐｐｍ以下、又は３００質量ｐｐ

ｍ以下などとしてよい。

[0059] 本発明のワイヤにおいて、２ｎｄ接合部の密着性を改善して、いっそう良好な２ｎｄ接合部の初期接合性を呈するボンディングワイヤを実現する観点から、第１添加元素は、Ｃｕ芯材中に含有されていることが好適である。

[0060] 本発明のワイヤは、Ｂ、Ｐ及びＭｇからなる群から選択される１種以上の元素（「第２添加元素」）をさらに含有してよい。本発明のワイヤが第２添加元素を含有する場合、ワイヤ全体に対する第２添加元素の総計濃度は１質量ｐｐｍ以上であることが好ましい。これにより、より良好な１ｓｔ接合部の圧着形状をもたらすボンディングワイヤを実現することができる。ワイヤ全体に対する第２添加元素の総計濃度は２質量ｐｐｍ以上であることがより好ましく、３質量ｐｐｍ以上、５質量ｐｐｍ以上、８質量ｐｐｍ以上、１０質量ｐｐｍ以上、１５質量ｐｐｍ以上又は２０質量ｐｐｍ以上であることがさらに好ましい。ワイヤの硬質化を抑え１ｓｔ接合時のチップ損傷を低減する観点から、第２添加元素の総計濃度は１００質量ｐｐｍ以下であることが好ましく、９０質量ｐｐｍ以下、８０質量ｐｐｍ以下、７０質量ｐｐｍ以下、６０質量ｐｐｍ以下又は５０質量ｐｐｍ以下であることがより好ましい。したがって好適な一実施形態において、本発明のワイヤは、第２添加元素を含み、ワイヤ全体に対する第２添加元素の総計濃度が１質量ｐｐｍ以上１００質量ｐｐｍ以下である。

[0061] 本発明のワイヤが第２添加元素を含有する場合、第２添加元素は、Ｃｕ芯材及び被覆層のいずれか一方に含有されていてもよく、その両方に含有されていてもよい。よりいっそう良好な１ｓｔ接合部の圧着形状をもたらすボンディングワイヤを実現する観点から、第２添加元素は、Ｃｕ芯材中に含有されていることが好適である。

[0062] 本発明のワイヤは、Ｓｅ、Ｔｅ、Ａｓ及びＳｂからなる群から選択される１種以上の元素（「第３添加元素」）をさらに含有してよい。本発明のワイヤが第３添加元素を含有する場合、ワイヤ全体に対する第３添加元素の総計濃度は１質量ｐｐｍ以上であることが好ましい。これにより、高温高湿環境

下での１ｓｔ接合部の接合信頼性を改善することができる。ワイヤ全体に対する第３添加元素の総計濃度は２質量ｐｐｍ以上であることがより好ましく、３質量ｐｐｍ以上、５質量ｐｐｍ以上、８質量ｐｐｍ以上、１０質量ｐｐｍ以上、１５質量ｐｐｍ以上又は２０質量ｐｐｍ以上であることがさらに好ましい。良好なＦＡＢ形状を実現する観点、良好な１ｓｔ接合部の圧着形状を実現する観点から、第３添加元素の総計濃度は１００質量ｐｐｍ以下であることが好ましく、９０質量ｐｐｍ以下、８０質量ｐｐｍ以下、７０質量ｐｐｍ以下、６０質量ｐｐｍ以下又は５０質量ｐｐｍ以下であることがより好ましい。したがって好適な一実施形態において、本発明のワイヤは、第３添加元素を含み、ワイヤ全体に対する第３添加元素の総計濃度が１質量ｐｐｍ以上１００質量ｐｐｍ以下である。

[0063] 本発明のワイヤが第３添加元素を含有する場合、第３添加元素は、Ｃｕ芯材及び被覆層のいずれか一方に含有されていてもよく、その両方に含有されていてもよい。よりいっそう良好な高温高湿環境下での１ｓｔ接合部の接合信頼性をもたらすボンディングワイヤを実現する観点から、第３添加元素は、被覆層中に含有されていることが好適である。

[0064] 本発明のワイヤは、Ｇａ及びＧｅからなる群から選択される１種以上の元素（「第４添加元素」）をさらに含有してよい。本発明のワイヤが第４添加元素を含有する場合、ワイヤ全体に対する第４添加元素の総計濃度は０．０１１質量％以上であることが好ましい。これにより、高温環境下での１ｓｔ接合部の接合信頼性を改善することができる。ワイヤ全体に対する第４添加元素の総計濃度は０．０１５質量％以上であることがより好ましく、０．０２質量％以上、０．０２５質量％以上、０．０３質量％以上、０．０３１質量％以上、０．０３５質量％以上、０．０４質量％以上、０．０５質量％以上、０．０７質量％以上、０．０９質量％以上、０．１質量％以上、０．１２質量％以上、０．１４質量％以上、０．１５質量％以上又は０．２質量％以上であることがさらに好ましい。良好なＦＡＢ形状を実現する観点、良好な１ｓｔ接合部の圧着形状を実現する観点、良好な２ｎｄ接合部の初期接合

性を実現する観点から、第４添加元素の総計濃度は１．５質量％以下であることが好ましく、１．４質量％以下、１．３質量％以下又は１．２質量％以下であることがより好ましい。したがって好適な一実施形態において、本発明のワイヤは、第４添加元素を含み、ワイヤ全体に対する第４添加元素の総計濃度が０．０１１質量％以上１．５質量％以下である。

[0065] 本発明のワイヤが第４添加元素を含有する場合、第４添加元素は、Ｃｕ芯材及び被覆層のいずれか一方に含有されていてもよく、その両方に含有されていてもよい。

[0066] 本発明のワイヤは、Ｉｎ及びＡｇからなる群から選択される１種以上の元素（「第５添加元素」）をさらに含有してよい。本発明のワイヤが第５添加元素を含有する場合、ワイヤ全体に対する第５添加元素の総計濃度は１質量ｐｐｍ以上であることが好ましい。これにより、より過酷な高温環境下（例えば２００℃）においても良好な２ｎｄ接合部の接合信頼性をもたらすことができる。ワイヤ全体に対する第５添加元素の総計濃度は、好ましくは２質量ｐｐｍ以上、３質量ｐｐｍ以上、４質量ｐｐｍ以上又は５質量ｐｐｍ以上、より好ましくは６質量ｐｐｍ以上、８質量ｐｐｍ以上又は１０質量ｐｐｍ以上、さらに好ましくは２０質量ｐｐｍ以上、３０質量ｐｐｍ以上又は４０質量ｐｐｍ以上、さらにより好ましくは５０質量ｐｐｍ以上、６０質量ｐｐｍ以上又は７０質量ｐｐｍ以上である。ワイヤ全体に対する第５添加元素の濃度の上限は、それ以上含有させても高温環境下における２ｎｄ接合部の接合信頼性の向上効果は頭打ちとなるため、コスト等を考慮して、例えば５００質量ｐｐｍ以下、４８０質量ｐｐｍ以下、４６０質量ｐｐｍ以下、４５０質量ｐｐｍ以下などとし得る。したがって好適な一実施形態において、本発明のワイヤは、第５添加元素を含み、ワイヤ全体に対する第５添加元素の総計濃度が１質量ｐｐｍ以上５００質量ｐｐｍ以下である。

[0067] 本発明のワイヤが第５添加元素を含有する場合、第５添加元素はＣｕ芯材及び被覆層のいずれか一方に含有されていてもよく、その両方に含有されていてもよい。過酷な高温環境下において良好な２ｎｄ接合部の接合信頼性を

呈するボンディングワイヤを実現する観点から、第５添加元素は、Ｃｕ芯材中に含有されていることが好適である。

[0068] ワイヤ中の第１添加元素、第２添加元素、第３添加元素、第４添加元素、第５添加元素の含有量は、後述の［元素含有量の測定］に記載の方法により測定することができる。

[0069] 本発明のワイヤにおいて、Ｃｕ、Ｎｉ、Ｐｄの総計濃度は、例えば、９８．５質量％以上、９８．６質量％以上、９８．７質量％以上又は９８．８質量％以上などとし得る。

[0070] 本発明のワイヤの直径は、特に限定されず具体的な目的に応じて適宜決定してよいが、好ましくは１３μｍ以上、１５μｍ以上、１８μｍ以上又は２０μｍ以上などとし得る。該直径の上限は、特に限定されず、例えば８０μｍ以下、７０μｍ以下又は５０μｍ以下などとし得る。

[0071] 本発明のワイヤは、良好なＦＡＢ形状をもたらすと共に、２ｎｄ接合部の密着性をはじめとする２ｎｄ接合部の初期接合性が良好であり、高温環境下におけるガルバニック腐食を抑制して良好な２ｎｄ接合部の接合信頼性をもたらすことができる。したがって本発明のボンディングワイヤは、半導体チップ上の電極と、リードフレームや基板上の電極といった外部端子との間を接続するために好適に使用することができる。

[0072] ＜ワイヤの製造方法＞

本発明のボンディングワイヤの製造方法の一例について説明する。

[0073] 原料銅は純度４Ｎ（９９．９９質量％以上）以上のものを用い、後述の方法により各ドーパントを含有したインゴットを得る。

[0074] 上述の第１添加元素、及び、添加する場合には第２添加元素、第３添加元素、第４添加元素、第５添加元素等のドーパントの添加方法としては、例えば、Ｃｕ芯材中に含有させる方法、被覆層中に含有させる方法、Ｃｕ芯材の表面に被着させる方法、及び、被覆層の表面に被着させる方法、及びこれらの方法の組み合わせが挙げられ、これらの方法を適宜選択することができる。ドーパントをＣｕ芯材中に含有させる方法では、Ｃｕに、ドーパント成分

を直接添加してもよく、ドーパント成分を数％程度含有する母合金を利用してもよい。ドーパントを被覆層中に含有させる方法では、被覆層を形成する際のＰｄ、Ｎｉめっき浴等（湿式めっきの場合）やターゲット材（乾式めっきの場合）中にドーパントを含有させればよい。Ｃｕ芯材の表面に被着させる方法や被覆層の表面に被着させる方法では、Ｃｕ芯材の表面あるいは被覆層の表面を被着面として、（１）水溶液の塗布⇒乾燥⇒熱処理、（２）めっき法（湿式）、（３）蒸着法（乾式）、から選択される１以上の被着処理を実施すればよい。

[0075] 上述のインゴットを鍛造、圧延、伸線を行って直径約０．７～２．０ｍｍのＣｕ又はＣｕ合金からなるワイヤ（以下、「中間ワイヤ」ともいう。）を作製する。

[0076] Ｃｕ芯材の表面に被覆層を形成する手法としては、電解めっき、無電解めっき、蒸着法等が利用できるが、膜厚を安定的に制御できる電解めっきを利用するのが工業的には好ましい。例えば、中間ワイヤ表面に被覆層を形成してよい。被覆層はまた、インゴットの段階で被着することとしてもよく、あるいは、中間ワイヤを伸線してさらに細線化した後（例えば最終線径まで伸線した後）に、該Ｃｕ芯材表面に被覆層を形成してよい。被覆層は、例えば、Ｃｕ芯材の表面にＰｄとＮｉを所定比率で含有するＰｄＮｉ合金層を設けることにより形成してよく、Ｃｕ芯材との密着性に優れる被覆層を形成する観点から、Ｃｕ芯材の表面に導電性金属のストライクめっきを施した後で、ＰｄとＮｉを所定比率で含有するＰｄＮｉ合金層を設けることにより形成してもよい。また、ＰｄとＮｉを所定比率で含有するＰｄＮｉ合金層を形成した後、Ｐｄ及びＮｉの１種以上を含む層（例えば、Ｐｄ層、Ｎｉ層、ＰｄＮｉ合金層）をさらに設けてもよい。

[0077] 表面にＡｕを含有するワイヤを形成する場合、上述したものと同様の手法により、被覆層の表面にＡｕ層を設けることにより形成することができる。

[0078] 伸線加工において、ダイヤモンドダイスを用いた伸線装置により最終線径（直径約１３～８０μｍ）まで伸線する。また、熱処理として、最終線径で

行う調質熱処理のほか、伸線加工の途中段階で行う中間熱処理を実施してもよい。

[0079] ［半導体装置］

本発明の半導体装置用ボンディングワイヤを用いて、半導体チップ上の電極と、リードフレームや回路基板上の電極などの外部端子とを接続することによって、半導体装置を製造することができる。

[0080] 一実施形態において、本発明の半導体装置は、回路基板、半導体チップ、及び回路基板と半導体チップとを導通させるためのボンディングワイヤを含み、該ボンディングワイヤが本発明のワイヤであることを特徴とする。

[0081] 本発明の半導体装置において、回路基板及び半導体チップは特に限定されず、半導体装置を構成するために使用し得る公知の回路基板及び半導体チップを用いてよい。あるいはまた、回路基板に代えてリードフレームを用いてもよい。例えば、特開２０２０－１５０１１６号公報に記載される半導体装置のように、リードフレームと、該リードフレームに実装された半導体チップとを含む半導体装置の構成としてよい。

[0082] 半導体装置としては、電気製品（例えば、コンピューター、携帯電話、デジタルカメラ、テレビ、エアコン、太陽光発電システム等）及び乗物（例えば、自動二輪車、自動車、電車、船舶及び航空機等）等に供される各種半導体装置が挙げられる。

実施例

[0083] 以下、本発明について、実施例を示して具体的に説明する。ただし、本発明は、以下に示す実施例に限定されるものではない。

[0084] （サンプル）

まずサンプルの作製方法について説明する。原料Ｃｕは、純度４Ｎ（９９．９９質量％以上）以上のものを用いた。また、第１添加元素、及び、添加する場合には第２添加元素、第３添加元素、第４添加元素、第５添加元素は、純度３Ｎ以上のもの、あるいはＣｕにこれら添加元素を数％含有する母合金を用いた。

[0085] 芯材のＣｕ合金は、まず、黒鉛るつぼに原料を装填し、高周波炉を用いて、N_2ガスやＡｒガス等の不活性雰囲気で１０９０～１８００℃まで加熱して溶解した後、連続鋳造により直径３～６ｍｍのインゴットを製造した。次に、得られたインゴットに対して、伸線加工を行って直径０．７～２．０ｍｍの中間ワイヤを作製した。伸線加工では、市販の潤滑液を用い、伸線速度は２０～１５０ｍ／分とした。被覆層の形成は、電解めっき法を用いた。一部のワイヤ（実施例Ｎｏ．５、９、１５、２７、３３、３６）はＰｄＮｉ合金層の上にＡｕ層を設けた。めっき液は、Ｐｄ－Ｎｉめっき液、Ａｕめっき液を準備し、適宜調製して用いた。

[0086] その後、さらに伸線加工等を行い、最終線径であるφ２０μｍまで加工した。必要に応じて、伸線加工の途中において、３００～７００℃、２～１５秒間の中間熱処理を１～２回行った。中間熱処理を行う場合、ワイヤを連続的に掃引し、N_2ガスもしくはＡｒガスを流しながら行った。最終線径まで加工後、ワイヤを連続的に掃引し、N_2ガスもしくはＡｒガスを流しながら調質熱処理を行った。調質熱処理の熱処理温度は２００～６００℃とし、ワイヤの送り速度は２０～２００ｍ／分、熱処理時間は０．２～１．０秒とした。被覆層が薄い場合には熱処理温度を低め、ワイヤの送り速度を速めに設定し、被覆層が厚い場合には熱処理温度を高め、ワイヤの送り速度を遅めに設定した。

[0087] （試験・評価方法）

以下、試験・評価方法について説明する。

[0088] ［オージェ電子分光法（ＡＥＳ）によるワイヤ表面の組成分析］

ワイヤの表面にＡｕを含有するワイヤについて、ワイヤ表面におけるＡｕの濃度は、ワイヤ表面を測定面として、以下のとおりオージェ電子分光法（ＡＥＳ）により測定して求めた。

まず測定に供するボンディングワイヤを試料ホルダーに直線状に固定した。次いで、ワイヤ軸に垂直な方向におけるワイヤの幅の中心が測定面の幅の中心となるように位置決めし、かつ、測定面の幅がワイヤ直径の５％以上１

５％以下となるように測定面を決定した。測定面の長さは測定面の幅の５倍とした。そして、ＡＥＳ装置（アルバック・ファイ製ＰＨＩ－７００）を用いて、加速電圧１０ｋＶの条件にてワイヤ表面の組成分析を行い、表面Ａｕ濃度（原子％）を求めた。

なお、ＡＥＳによる組成分析は、ワイヤ軸方向に互いに１ｍｍ以上離間した３箇所の測定面について実施し、その算術平均値を採用した。表面におけるＡｕの濃度を求めるにあたり、炭素（Ｃ）、硫黄（Ｓ）、酸素（Ｏ）、窒素（Ｎ）等ガス成分、非金属元素等は考慮しなかった。

[0089] ［オージェ電子分光法（ＡＥＳ）による被覆層の厚さ分析］

被覆層の厚さ分析にはＡＥＳによる深さ分析を用いた。ＡＥＳによる深さ分析とは組成分析とスパッタリングを交互に行うことで深さ方向の組成の変化を分析するものであり、ワイヤ表面から深さ（中心）方向の各元素の濃度変化（所謂、深さ方向の濃度プロファイル）を得ることができる。

具体的には、ＡＥＳにより、１）ワイヤ表面の組成分析を行った後、さらに２）Ａｒによるスパッタリングと３）スパッタリング後の表面の組成分析とを繰り返すことで深さ方向の濃度プロファイルを取得した。２）のスパッタリングは、Ar^+イオン、加速電圧２ｋＶにて行った。また、１）、３）の表面の組成分析において、測定面の寸法やＡＥＳによる組成分析、各元素の濃度の算出の条件は、上記［オージェ電子分光法（ＡＥＳ）によるワイヤ表面の組成分析］欄で説明したものと同じとした。ＡＥＳにより、深さ方向の濃度プロファイルを取得するにあたり、深さ方向の測定点が、被覆層において５０点以上になるように測定した。

なお、深さ方向の濃度プロファイルの取得は、ワイヤ軸方向に互いに１ｍｍ以上離間した３箇所の測定面について実施した。

[0090] －被覆層の厚さと該被覆層の測定点の総数－

取得した深さ方向の濃度プロファイルにおいて、ワイヤ表面からワイヤ中心側に向けて濃度プロファイルを確認し、Ｐｄの濃度C_{Pd}（原子％）とＮｉの濃度C_{Ni}（原子％）の合計が９０原子％以上にはじめて達した深さ位置Ｚ

１から、C_{Pd}とC_{Ni}の合計が９０原子％未満にはじめて低下した深さ位置Ｚ２（但しＺ２＞Ｚ１）までの距離を、測定された被覆層の厚さとして求めた。また、深さ位置Ｚ１から深さ位置Ｚ２までの測定点の総数を、被覆層の測定点の総数として求めた。被覆層の厚さは、３箇所の測定面について取得した数値の算術平均値を採用した。また、実施例のワイヤに関して、被覆層の測定点の総数は５０点～１００点あることを確認した。

なお、ＡＥＳ分析にて測定される深さは、スパッタリング速度と時間の積として求められる。一般にスパッタリング速度は標準試料であるSiO_2を使用して測定されるため、ＡＥＳで分析された深さはSiO_2換算値となる。つまり被覆層の厚さの単位にはSiO_2換算値を用いた。

[0091] －平均値Ｘと該平均値Ｘからの絶対偏差が所定範囲にある測定点の総数－

取得した深さ方向の濃度プロファイルにおいて、被覆層の全測定点に関するＰｄの濃度C_{Pd}（原子％）とＮｉの濃度C_{Ni}（原子％）の比C_{Pd}/C_{Ni}を算術平均して、平均値Ｘを求めた。次いで、被覆層の全測定点の比C_{Pd}/C_{Ni}について平均値Ｘからの絶対偏差を算出し、平均値Ｘからの絶対偏差が０．３Ｘ以内にある測定点の総数、及び、平均値Ｘからの絶対偏差が０．２Ｘ以内にある測定点の総数を求めた。平均値Ｘは、３箇所の測定面について取得した数値の算術平均値を採用した。

[0092] －C_{Pd}又はC_{Ni}の近似直線の傾き（被覆層の深さ範囲における最大値と最小値の差）－

被覆層の全測定点についてC_{Pd}（原子％）又はC_{Ni}（原子％）を最小二乗法により直線近似し、被覆層の深さ範囲における該近似直線の最大値と最小値の差（原子％）を求めた。ここで、平均値Ｘが１未満であった場合、被覆層の全測定点についてC_{Ni}（原子％）を最小二乗法により直線近似し、平均値Ｘが１以上であった場合、被覆層の全測定点についてC_{Pd}（原子％）を最小二乗法により直線近似した。被覆層の深さ範囲における該近似直線の最大値と最小値の差（原子％）は、３箇所の測定面について取得した数値の算術平均値を採用した。

[0093] ［元素含有量の測定］

ワイヤ中の第１添加元素、第２添加元素、第３添加元素、第４添加元素、第５添加元素の含有量は、ボンディングワイヤを強酸で溶解した液をＩＣＰ発光分光分析装置、ＩＣＰ質量分析装置を用いて分析し、ワイヤ全体に含まれる元素の濃度として検出した。分析装置として、ＩＣＰ－ＯＥＳ（（株）日立ハイテクサイエンス製「ＰＳ３５２０ＵＶＤＤＩＩ」）又はＩＣＰ－ＭＳ（アジレント・テクノロジーズ（株）製「Ａｇｉｌｅｎｔ　７７００ｘ　ＩＣＰ－ＭＳ」）を用いた。なお、その表面にＡｕをさらに含有するワイヤに関しては、第１添加元素としてのＡｕの濃度は、ワイヤの断面を露出させ、そのＣｕ芯材部分を電子線マイクロアナライザ（ＥＰＭＡ）又は二次イオン質量分析（ＳＩＭＳ）により測定して求めた。

[0094] ［ＦＡＢ形状］

ＦＡＢ形状の評価は、リードフレームに、市販のワイヤボンダーを用いてＦＡＢを作製し、走査型電子顕微鏡（ＳＥＭ）で観察した（評価数Ｎ＝１００）。なお、ＦＡＢは電流値３０～７５ｍＡ、ＥＦＯのギャップを７６２μｍ、テールの長さを２５４μｍに設定し、N_2＋５％H_2ガスを流量０．４～０．６Ｌ／分で流しながら形成し、その径はワイヤ線径に対して１．５～１．９倍の範囲とした。ＦＡＢ形状の判定は、真球状のものを良好と判定し、偏芯、異形、溶融不良があれば不良と判定した。そして、以下の基準に従って、評価した。

[0095] 評価基準：

◎：不良５箇所以下

○：不良６～１０箇所（実用上問題なし）

×：不良１１箇所以上

[0096] ［２ｎｄ接合部の初期接合性］

２ｎｄ接合部の初期接合性は、２ｎｄ接合部の接合強度と密着性を測定・観察することにより評価した。詳細には、２ｎｄ接合部の接合強度はプル試験により測定した。また、２ｎｄ接合部の密着性は、２ｎｄ接合部の断面を

ＳＥＭ観察することにより評価した。

[0097] －２ｎｄ接合部の接合強度－

市販のワイヤボンダーを用いて、Ａｇめっきを施したＣｕ合金リードフレーム上に上下左右方向各８０本（合計３２０本）のボンディングを行い、評価サンプルを作製した。

そして、２ｎｄ接合部について、プル試験を実施した。プル強度の値は、各方向から１５本合計６０本の測定値の算術平均値を用いた。

[0098] －２ｎｄ接合部の密着性－

市販のワイヤボンダーを用いて、ＰＰＦめっきを施したＣｕ合金リードフレーム上に上下左右方向各４０本（合計１６０本）のボンディングを行い、評価サンプルを作製した。

そして、２ｎｄ接合部について、イオンビームを用いて断面研磨してＳＥＭ観察用サンプルを作製した。詳細には、評価サンプルを、リードフレームの主面に垂直な方向において真上からみた場合に、２ｎｄ接合部の幅が最大となる位置において、リードフレームの主面に垂直な方向に切断し断面研磨してＳＥＭ観察用サンプルを作製した。ここで、２ｎｄ接合部の幅とは、図１における２ｎｄ接合部１０の左右方向の寸法をいい、イオンビームによる断面研磨は、該２ｎｄ接合部の幅がおおよそ最大となる位置において、図１におけるワイヤの幅の中心Ｘを通る直線に垂直な方向にて（図１におけるＡ－Ａ二点鎖線に沿って）行った。

得られたＳＥＭ観察用サンプルについて、２ｎｄ接合部の断面をＳＥＭ観察し、２ｎｄ接合部の全幅（図２におけるＬ１）に対する、ワイヤとリードフレームが密着している幅（図２におけるＬ２）の割合、すなわち密着率（％）（＝Ｌ２／Ｌ１×１００）を算出した。３箇所の２ｎｄ接合部について観察・算出し、その算術平均値を用いた。

[0099] 得られた２ｎｄ接合部の接合強度（プル強度）と密着性（密着率）に基づき、以下の基準に従って、評価した。

[0100] 評価基準：

◎◎：密着率９０％以上かつプル強度８ｇｆ以上

◎：密着率９０％以上かつプル強度６ｇｆ以上８ｇｆ未満であるか、又は、プル強度１２ｇｆ以上かつ密着率８０％以上９０％未満

○：密着率８０％以上９０％未満かつプル強度６ｇｆ以上１２ｇｆ未満

×：密着率８０％未満又はプル強度６ｇｆ未満

[0101] ［２ｎｄ接合部の接合信頼性］

２ｎｄ接合部の接合信頼性は、高温放置試験（ＨＴＳＬ：High Temperature Storage Life Test）により評価した。

[0102] リードフレームのリード部分に、市販のワイヤボンダーを用いてウェッジ接合したサンプルを、市販の熱硬化性エポキシ樹脂により封止し、２ｎｄ接合部の接合信頼性試験用のサンプルを作製した。リードフレームは、１～３μｍのＡｇめっきを施したＣｕ合金リードフレームを用いた。作製した接合信頼性評価用のサンプルを、高温恒温機を使用し、温度１７５℃の環境に暴露した。２ｎｄ接合部の接合寿命は、５００時間毎にウェッジ接合部のプル試験を実施し、プル強度の値が初期に得られたプル強度の１／２となる時間とした。プル強度の値は無作為に選択したウェッジ接合部の５０箇所の測定値の算術平均値を用いた。高温放置試験後のプル試験は、酸処理によって樹脂を除去して、ウェッジ接合部を露出させてから行った。そして、以下の基準に従って、評価した。

[0103] 評価基準：

◎◎：接合寿命３０００時間以上

◎：接合寿命２０００時間以上３０００時間未満

○：接合寿命１０００時間以上２０００時間未満

×：接合寿命１０００時間未満

[0104] ［１ｓｔ接合部の接合信頼性］

１ｓｔ接合部の接合信頼性は、高温放置試験（ＨＴＳＬ：High Temperature Storage Life Test）及び高温高湿試験（ＨＡＳＴ；Highly Accelerated Temperature and Humidity Stress Test）の双方により評価した。

[0105] －ＨＴＳＬ－

一般的な金属フレーム上のシリコン基板に厚さ１．５μｍのＡｌ－１．０質量％Ｓｉ－０．５質量％Ｃｕの合金を成膜して設けた電極に、市販のワイヤボンダーを用いてボール接合したサンプルを、市販の熱硬化性エポキシ樹脂により封止し、１ｓｔ接合部の接合信頼性試験用のサンプルを作製した。ボールは上記［ＦＡＢ形状］欄に記載の条件で形成した。作製した接合信頼性評価用のサンプルを、高温恒温機を使用し、温度１７５℃の環境に暴露した。１ｓｔ接合部の接合寿命は、５００時間毎にボール接合部のシェア試験を実施し、シェア強度の値が初期に得られたシェア強度の１／２となる時間とした。シェア強度の値は無作為に選択したボール接合部の５０箇所の測定値の算術平均値を用いた。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。そして、以下の基準に従って、評価した。

[0106] 評価基準：

◎：接合寿命２０００時間以上

○：接合寿命１０００時間以上２０００時間未満

×：接合寿命１０００時間未満

[0107] －ＨＡＳＴ－

上記と同様の手順で作製した１ｓｔ接合部の接合信頼性評価用のサンプルを、不飽和型プレッシャークッカー試験機を使用し、温度１３０℃、相対湿度８５％の高温高湿環境に暴露し、７Ｖのバイアスをかけた。１ｓｔ接合部の接合寿命は、４８時間毎にボール接合部のシェア試験を実施し、シェア強度の値が初期に得られたシェア強度の１／２となる時間とした。シェア強度の値は無作為に選択したボール接合部の５０箇所の測定値の算術平均値を用いた。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。そして、以下の基準に従って、評価した。

[0108] 評価基準：

◎：接合寿命３８４時間以上

○：接合寿命２４０時間以上３８４時間未満

×：接合寿命２４０時間未満

[0109] ［圧着形状］

１ｓｔ接合部の圧着形状（ボールのつぶれ形状）の評価は、市販のワイヤボンダーを用いて、上記［ＦＡＢ形状］欄に記載の条件でボールを形成し、それをＳｉ基板に厚さ１．５μｍのＡｌ－１．０質量％Ｓｉ－０．５質量％Ｃｕの合金を成膜して設けた電極に圧着接合し、直上から光学顕微鏡で観察した（評価数Ｎ＝１００）。ボールのつぶれ形状の判定は、つぶれ形状が真円に近い場合に良好と判定し、楕円形や花弁状の形状であれば不良と判定した。そして、以下の基準に従って、評価した。

[0110] 評価基準：

◎：不良なし

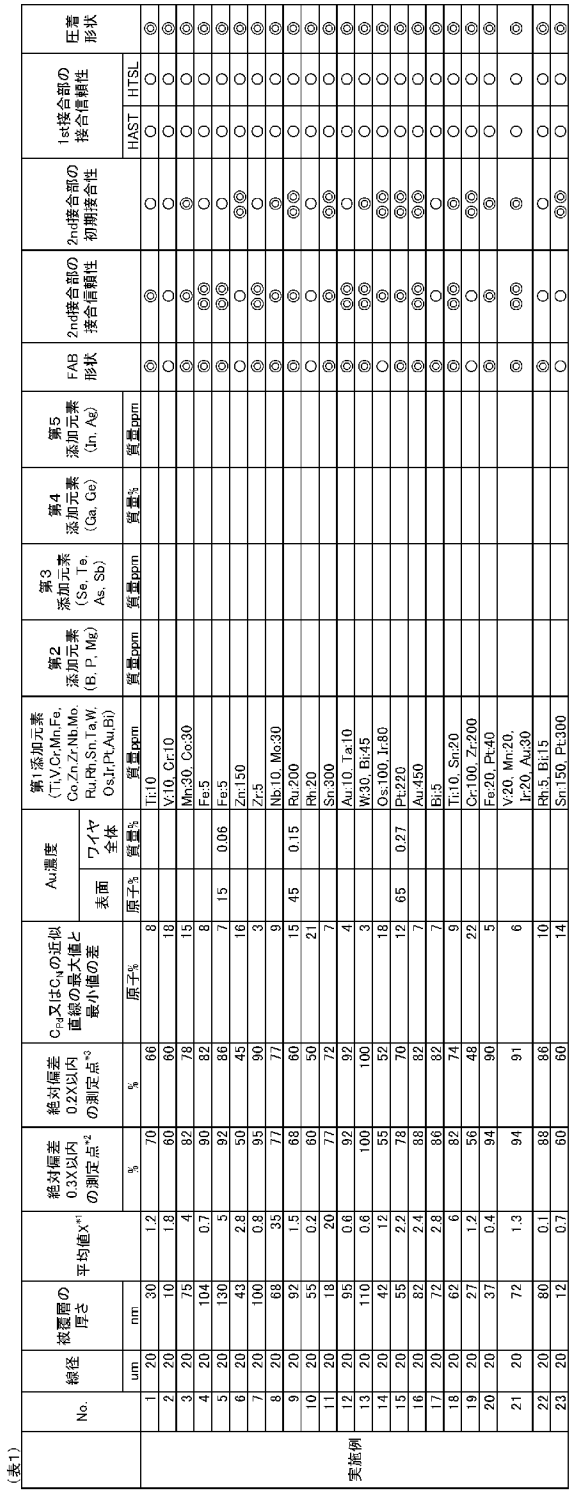
○：不良１～５箇所（実用上問題なし）

×：不良６箇所以上

[0111] 実施例及び比較例の評価結果を表１、表２に示す。

[0112]

[表1]



（表1）

No.	線径		被覆層の厚さ		平均値X*1	絶対偏差0.3X以内の測定点*2	絶対偏差0.2X以内の測定点*2	C_{Pd}又はC_Nの近似直線の最大値と最小値の差	Au濃度		第1添加元素（Ti,V,Cr,Mn,Fe,Co,Zn,Zr,Nb,Mo,Ru,Rh,Sn,Ta,W,Os,Ir,Pt,Au,Bi）	第2添加元素（B, P, Mg）	第3添加元素（Se, Te, As, Sb）	第4添加元素（Ga, Ge）	第5添加元素（In, Ag）	FAB形状	2nd接合部の接合信頼性	2nd接合部の初期接合性	1st接合部の接合信頼性		圧着形状
									表面	ワイヤ全体									HAST	HTSL	
	um		nm			%	%	原子%	原子%	質量%	質量ppm	質量ppm	質量ppm	質量%	質量ppm						
実施例	1	20	30		1.2	70	66	8			Ti:10					◎	○	○	○	○	◎
	2	20	10		1.8	60	60	18			V:10, Cr:10					○	○	◎	○	○	◎
	3	20	75		4	82	78	15			Mn:30, Co:30					◎	◎	◎	○	○	◎
	4	20	104		0.7	90	82	8			Fe:5					◎	◎◎	○	○	○	◎
	5	20	130		5	92	86	7	15	0.06	Fe:5					◎	◎◎	○	○	○	◎
	6	20	43		2.8	50	45	16			Zn:150					○	○	◎◎	○	○	◎
	7	20	100		0.8	95	90	3			Zr:5					◎	◎◎	○	○	○	◎
	8	20	68		35	77	77	9			Nb:10, Mo:30					◎	◎	◎	○	○	◎
	9	20	92		1.5	68	60	15	45	0.15	Ru:200					◎	◎	◎◎	○	○	◎
	10	20	55		0.2	80	50	21			Rh:20					○	○	○	○	○	◎
	11	20	18		20	77	72	7			Sn:300					◎	◎	◎◎	○	○	◎
	12	20	95		0.6	92	92	4			Au:10, Ta:10					◎	◎◎	○	○	○	◎
	13	20	110		0.6	100	100	3			W:30, Bi:45					◎	◎◎	◎	○	○	◎
	14	20	42		12	55	52	18			Os:100, Ir:80					○	◎	◎◎	○	○	◎
	15	20	55		2.2	78	70	12	65	0.27	Pt:220					◎	◎	◎◎	○	○	◎
	16	20	82		2.4	88	82	7			Au:450					◎	◎◎	◎◎	○	○	◎
	17	20	72		2.8	86	82	7			Bi:5					◎	○	○	○	○	◎
	18	20	62		6	82	74	9			Ti:10, Sn:20					◎	◎◎	◎	○	○	◎
	19	20	27		1.2	56	48	22			Cr:100, Zr:200					○	○	◎◎	○	○	◎
	20	20	37		0.4	94	90	5			Fe:20, Pt:40					◎	◎	◎	○	○	◎
	21	20	72		1.3	94	91	6			V:20, Mn:20, Ir:20, Au:30					◎	◎◎	◎	○	○	◎
	22	20	80		0.1	88	86	10			Rh:5, Bi:15					◎	○	○	○	○	◎
	23	20	12		0.7	60	60	14			Sn:150, Pt:300					○	○	◎◎	○	○	◎

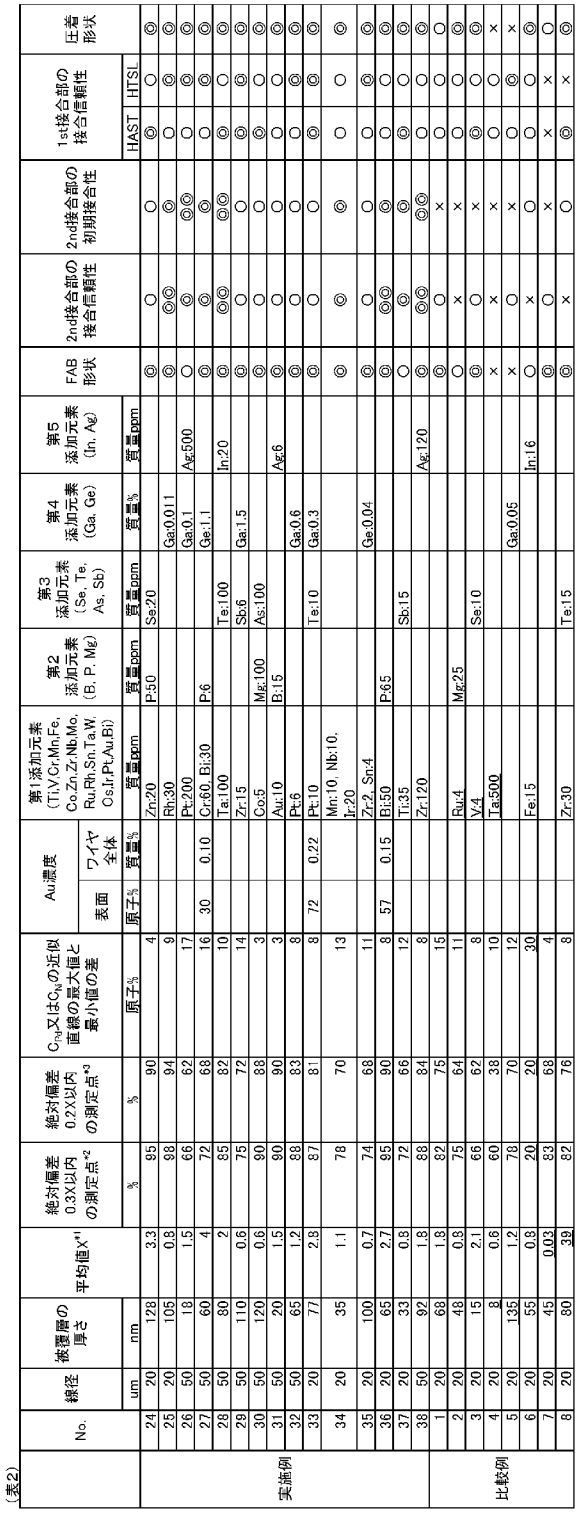
*1 被覆層の全測定点に関するPdの濃度C_{Pd}（原子%）とC_{Ni}の濃度C_{Ni}（原子%）の比C_{Pd}/C_{Ni}の平均値X

*2 被覆層の測定点の総数に対する、被覆層のうち平均値Xからの絶対偏差がO．3X以内にある測定点の総数の割合（%）

*3 被覆層の測定点の総数に対する、被覆層のうち平均値Xからの絶対偏差がO．2X以内にある測定点の総数の割合（%）

[0113]

[表2]



(表2)

	No.	線径		被覆層の厚さ		平均値X*1	絶対偏差0.3X以内の測定点*2		絶対偏差0.2X以内の測定点*3		C_{Pd}又はC_{Ni}の近似直線の最大値と最小値の差	Au濃度		第1添加元素(Ti,V,Cr,Mn,Fe,Co,Zn,Zr,Nb,Mo,Ru,Rh,Sn,Ta,W,Os,Ir,Pt,Au,Bi)		第2添加元素(B, P, Mg)		第3添加元素(Se, Te, As, Sb)		第4添加元素(Ga, Ge)		第5添加元素(In, Ag)		FAB形状	2nd接合部の接合信頼性	2nd接合部の初期接合性	1st接合部の接合信頼性		圧着形状
												表面	ワイヤ全体															
		um		nm			%		%		原子%	原子%	質量%			質量ppm		質量ppm		質量%		質量ppm					HAST	HTSL	
実施例	24	20	128	3.3	95		90		4				Zn:20	P:50		Se:20							◎	○	○	◎	○	◎
	25	20	105	0.8	98		94		9				Rh:30					Ga:0.011					◎	◎◎	◎	○	◎	◎
	26	50	18	1.5	66		62		17				Pt:200					Ga:0.1		Ag:500			○	◎	◎◎	○	◎	◎
	27	50	60	4	72		68		16	30	0.10	Cr:60, Bi:30		P:6				Ge:1.1					◎	◎	◎	○	◎	◎
	28	50	80	2	85		82		10				Ta:100			Te:100				In:20			◎	◎◎	◎◎	◎	○	◎
	29	50	110	0.6	75		72		14				Zr:15			Sb:6		Ga:1.5					◎	○	○	◎	◎	◎
	30	50	120	0.6	90		88		3				Co:5		Mg:100	As:100							◎	○	○	◎	○	◎
	31	50	20	1.5	90		90		3				Au:10		B:15					Ag:6			◎	○	○	○	○	◎
	32	50	65	1.2	88		83		8				Pt:6					Ga:0.6					◎	○	○	○	◎	◎
	33	20	77	2.8	87		81		8	72	0.22	Pt:10				Te:10		Ga:0.3					◎	○	○	◎	◎	◎
	34	20	35	1.1	78		70		13			Mn:10, Nb:10, Ir:20											◎	◎	○	◎	○	◎
	35	20	100	0.7	74		68		11			Zr-2, Sn:4						Ge:0.04					◎	○	○	○	◎	◎
	36	20	65	2.7	95		90		8	57	0.15	Bi:50		P:65									◎	◎◎	◎	○	◎	◎
	37	20	33	0.8	72		66		12			Ti:35				Sb:15							○	◎	◎	○	○	◎
	38	50	92	1.8	88		84		8			Zr:120								Ag:120			◎	◎◎	◎◎	○	○	◎
比較例	1	20	68	1.8	82		75		15														◎	○	×	○	○	○
	2	20	48	0.8	75		64		11			Ru:4		Mg:25									○	×	×	○	○	◎
	3	20	15	2.1	66		62		8			Y:4				Se:10							◎	○	×	◎	○	◎
	4	20	8	0.6	60		38		10			Ta:500											×	×	×	○	○	×
	5	20	135	1.2	78		70		12											Ga:0.05			×	○	×	○	◎	×
	6	20	55	0.8	20		20		30			Fe:15										In:16	○	×	○	○	○	◎
	7	20	45	0.03	83		68		4														◎	○	×	×	×	○
	8	20	80	39	82		76		8			Zr:30				Te:15							◎	×	○	◎	×	◎

*1 被覆層の全測定点に関するPdの濃度C_{Pd}(原子%)とNiの濃度C_{Ni}(原子%)の比C_{Pd}/C_{Ni}の平均値X

*2 被覆層の測定点の総数に対する、被覆層のうち平均値Xからの絶対偏差が0.3X以内にある測定点の総数の割合(%)

*3 被覆層の測定点の総数に対する、被覆層のうち平均値Xからの絶対偏差が0.2X以内にある測定点の総数の割合(%)

符号の説明

[0114] 1 ボンディングワイヤ（ワイヤ）

2 測定面

１０　２ｎｄ接合部

５０　外部端子

Ｘ　ワイヤの幅の中心

Ｗ　ワイヤの幅（ワイヤ直径）

w_a　測定面の幅

l_a　測定面の長さ

Ｌ１　２ｎｄ接合部の全幅

Ｌ２　２ｎｄ接合部においてワイヤと外部端子とが密着している幅

請求の範囲

[請求項1] Ｃｕ又はＣｕ合金からなる芯材と、該芯材の表面に形成されたＰｄとＮｉの合計濃度が９０原子％以上である被覆層とを含むボンディングワイヤであって、

オージェ電子分光法（ＡＥＳ）により深さ方向の測定点が、被覆層において５０点以上になるように測定して得られた該ワイヤの深さ方向の濃度プロファイルにおいて、

被覆層の厚さが１０ｎｍ以上１３０ｎｍ以下であり、

被覆層の全測定点に関するＰｄの濃度C_{Pd}（原子％）とＮｉの濃度C_{Ni}（原子％）の比C_{Pd}/C_{Ni}の平均値をＸとしたとき、該平均値Ｘが０．１以上３５．０以下であり、

被覆層のうち該平均値Ｘからの絶対偏差が０．３Ｘ以内にある測定点の総数が被覆層の測定点の総数に対し５０％以上であり、

以下の条件（Ａ）を満たす、ボンディングワイヤ。

（Ａ）Ｔｉ、Ｖ、Ｃｒ、Ｍｎ、Ｆｅ、Ｃｏ、Ｚｎ、Ｚｒ、Ｎｂ、Ｍｏ、Ｒｕ、Ｒｈ、Ｓｎ、Ｔａ、Ｗ、Ｏｓ、Ｉｒ、Ｐｔ、Ａｕ、Ｂｉからなる群から選択される１種以上の元素（以下、「第１添加元素」という。）を含み、ワイヤ全体に対する第１添加元素の総計濃度が５質量ｐｐｍ以上４５０質量ｐｐｍ以下である

[請求項2] Ｃｕ又はＣｕ合金からなる芯材と、該芯材の表面に形成されたＰｄとＮｉの合計濃度が９０原子％以上である被覆層とを含むボンディングワイヤであって、

オージェ電子分光法（ＡＥＳ）により深さ方向の測定点が、被覆層において５０点以上になるように測定して得られた該ワイヤの深さ方向の濃度プロファイルにおいて、

被覆層の厚さが１０ｎｍ以上１３０ｎｍ以下であり、

被覆層の全測定点に関するＰｄの濃度C_{Pd}（原子％）とＮｉの濃度C_{Ni}（原子％）の比C_{Pd}/C_{Ni}の平均値をＸとしたとき、該平均

値Ｘが０．１以上３５．０以下であり、

被覆層のうち該平均値Ｘからの絶対偏差が０．３Ｘ以内にある測定点の総数が被覆層の測定点の総数に対し５０％以上であり、

以下の条件（Ａ）及び（Ｂ）を満たす、ボンディングワイヤ。

（Ａ）Ｔｉ、Ｖ、Ｃｒ、Ｍｎ、Ｆｅ、Ｃｏ、Ｚｎ、Ｚｒ、Ｎｂ、Ｍｏ、Ｒｕ、Ｒｈ、Ｓｎ、Ｔａ、Ｗ、Ｏｓ、Ｉｒ、Ｐｔ、Ａｕ、Ｂｉからなる群から選択される１種以上の元素（以下、「第１添加元素」という。）を含み、ワイヤ全体に対する第１添加元素の総計濃度（但しＡｕの濃度は芯材部分における濃度を用いる。）が５質量ｐｐｍ以上４５０質量ｐｐｍ以下である

（Ｂ）ワイヤの表面にＡｕを含有し、ワイヤ全体に対するＡｕの濃度が０．５質量％以下である

[請求項3] 被覆層のうち平均値Ｘからの絶対偏差が０．２Ｘ以内にある測定点の総数が被覆層の測定点の総数に対し５０％以上である、請求項１又は２に記載のボンディングワイヤ。

[請求項4] 被覆層の全測定点について、C_{Pd}又はC_{Ni}を最小二乗法により直線近似した際に、被覆層の深さ範囲における該近似直線の最大値と最小値の差が２０原子％以下である、請求項１～３の何れか１項に記載のボンディングワイヤ。

[請求項5] ワイヤの深さ方向の濃度プロファイルが、ワイヤの表面からＡｒスパッタリングにより深さ方向に掘り下げていきながら、下記＜条件＞にてＡＥＳにより測定して得られる、請求項１～４の何れか１項に記載のボンディングワイヤ。

＜条件＞ワイヤの幅の中心が測定面の幅の中心となるように位置決めし、かつ、測定面の幅がワイヤ直径の５％以上１５％以下、測定面の長さが測定面の幅の５倍である

[請求項6] Ｂ、Ｐ及びＭｇからなる群から選択される１種以上の元素（以下、「第２添加元素」という。）を含み、ワイヤ全体に対する第２添加元

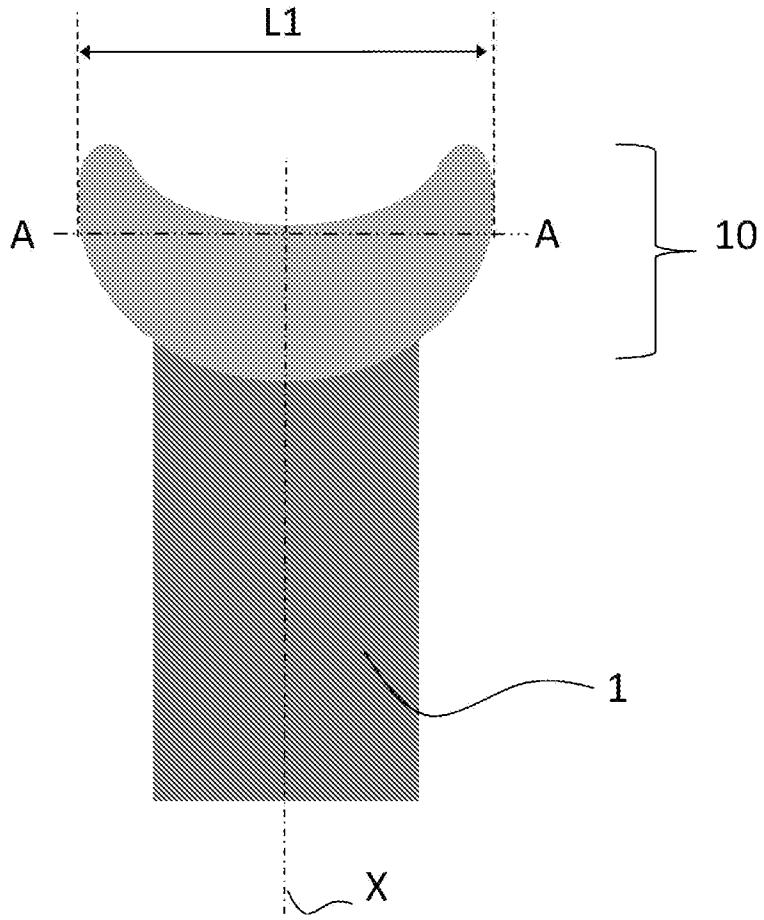
素の総計濃度が１質量ｐｐｍ以上１００質量ｐｐｍ以下である、請求項１～５の何れか１項に記載のボンディングワイヤ。

[請求項7] Ｓｅ、Ｔｅ、Ａｓ及びＳｂからなる群から選択される１種以上の元素（以下、「第３添加元素」という。）を含み、ワイヤ全体に対する第３添加元素の総計濃度が１質量ｐｐｍ以上１００質量ｐｐｍ以下である、請求項１～６の何れか１項に記載のボンディングワイヤ。

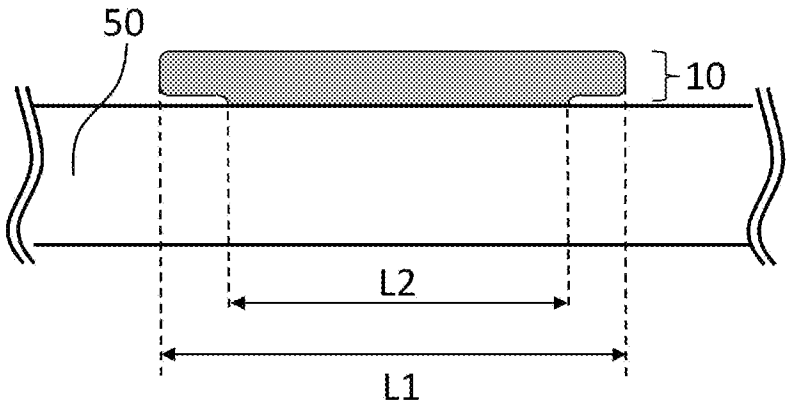
[請求項8] Ｇａ及びＧｅからなる群から選択される１種以上の元素（以下、「第４添加元素」という。）を含み、ワイヤ全体に対する第４添加元素の総計濃度が０．０１１質量％以上１．５質量％以下である、請求項１～７の何れか１項に記載のボンディングワイヤ。

[請求項9] Ｉｎ及びＡｇからなる群から選択される１種以上の元素（以下、「第５添加元素」という。）を含み、ワイヤ全体に対する第５添加元素の総計濃度が１質量ｐｐｍ以上５００質量ｐｐｍ以下である、請求項１～８の何れか１項に記載のボンディングワイヤ。

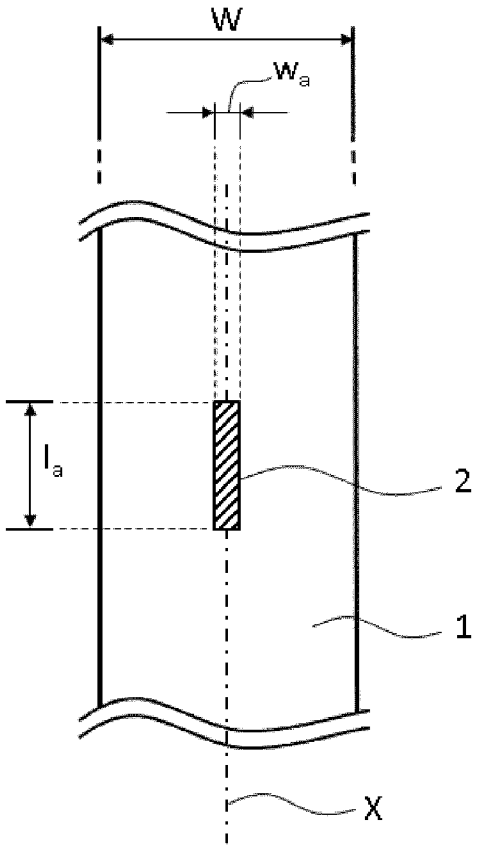
[図1]



[図2]



[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/023777

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 21/60(2006.01)i
FI: H01L21/60 301F

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

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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.
Y	JP 7157279 B1 (NIPPON MICROMETAL CORPORATION) 19 October 2022 (2022-10-19) claims 1-5, 10-12, paragraphs [0014], [0030], [0032], [0044], [0050], [0052], [0074], [0112]-[0113]	1-9
Y	WO 2011/129256 A1 (TATSUTA ELECTRIC WIRE & CABLE CO., LTD.) 20 October 2011 (2011-10-20) paragraphs [0021], [0033]	1-9
Y	JP 2013-131654 A (TANAKA ELECTRONICS IND CO., LTD.) 04 July 2013 (2013-07-04) claims 2-3, paragraphs [0025], [0029]	1-9

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

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"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)
"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
"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
"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
"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
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
04 September 2023	**12 September 2023**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/023777

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 7157279 B1	19 October 2022	EP 4134458 A1 claims 1-5, 10-12, paragraphs [0014], [0030], [0032], [0047], [0053], [0055], [0077], [0119]-[0120]	
WO 2011/129256 A1	20 October 2011	CN 102884615 A	
JP 2013-131654 A	04 July 2013	WO 2013/094482 A1 TW 201315821 A CN 103339719 A	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/023777

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H01L 21/60(2006.01)i
FI: H01L21/60 301F

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））

H01L21/60

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	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３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
Y	JP 7157279 B1 (日鉄マイクロメタル株式会社) 19.10.2022 (2022-10-19) 請求項１－５、１０－１２、段落００１４、００３０、００３２、００４４、００５０、００５２、００７４、０１１２－０１１３	1-9
Y	WO 2011/129256 A1 (タツタ電線株式会社) 20.10.2011 (2011-10-20) 段落００２１、００３３	1-9
Y	JP 2013-131654 A (田中電子工業株式会社) 04.07.2013 (2013-07-04) 請求項２－３、段落００２５、００２９	1-9

☐ 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
“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
“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
“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）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“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
“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
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
04.09.2023	12.09.2023

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）

堀江　義隆 5F 9172

電話番号 03-3581-1101 内線 3516

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2023/023777

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 7157279 B1	19.10.2022	EP 4134458 A1 請求項１－５、１０－１２、段落００１４、００３０、００３２、００４７、００５３、００５５、００７７、０１１９－０１２０	
WO 2011/129256 A1	20.10.2011	CN 102884615 A	
JP 2013-131654 A	04.07.2013	WO 2013/094482 A1 TW 201315821 A CN 103339719 A	