

(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  
2016 年 12 月 22 日(22.12.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/203659 A1

- (51) 国際特許分類:  
H01L 21/60 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/070861
- (22) 国際出願日: 2015 年 7 月 22 日(22.07.2015)
- (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 2015-120509 2015 年 6 月 15 日(15.06.2015) 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 1 5 8 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 1 6 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 1 5 8 - 1 日鉄住金マイクロメタル株式会社内 Saitama (JP). 小田大造(ODA, Daizo); 〒3580032 埼玉県入間市大字狭山ヶ原 1 5 8 - 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 1 5 8 - 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 1 5 8 - 1 日鉄住金マイクロメタル株式会社内 Saitama (JP). 齋藤 和之(SAITO, Kazuyuki); 〒3580032 埼玉県入間市大字狭山ヶ原 1 5 8 - 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 新日鉄住金株式会社内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 酒井 宏明(SAKAI, Hiroaki); 〒1000013 東京都千代田区霞が関 3 丁目 8 番 1 号 虎の門三井ビルディング 特許業務法人酒井国際特許事務所 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), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (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 SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) 発明の名称: 半導体装置用ボンディングワイヤ

(57) Abstract: The present invention addresses the problem of achieving a balance between a proof stress ratio (=maximum proof stress divided by the 0.2% proof stress) of 1.1-1.6, and an increase in the bonding reliability of a ball bonding part under HTS of 175-200°C in a bonding wire for a semiconductor device, said bonding wire having a Cu alloy core and a Pd coating layer formed on the surface of the Cu alloy core. The bonding reliability of a ball bonding part under HTS is increased by including, in the wire, one or more of Ni, Zn, Rh, In, Ir, and Pt in a total proportion of 0.03-2 mass%. Among the crystal orientations in the lengthwise direction of the wire as found in the measurement of crystal orientations in relation to a cross-section of the core in a direction perpendicular to the wire axis of the bonding wire, the orientation proportion of crystal orientation<100>, for which the angular difference does not exceed 15 degrees relative to the lengthwise direction of the wire, is at least 50%. The proof stress ratio is kept at or below 1.6 by obtaining an average crystal grain size of 0.9-1.3 μm in a cross-section of the core in a direction perpendicular to the wire axis of the bonding wire.

(57) 要約: Cu 合金芯材とその表面に形成された Pd 被覆層とを有する半導体装置用ボンディングワイヤにおいて、175°C~200°CのHTSでのボール接合部の接合信頼性向上と、耐力比(=最大耐力/0.2%耐力): 1.1~1.6の両立を図る。ワイヤ中にNi、Zn、Rh、In、Ir、Ptの1種以上を総計で0.03~2質量%含有することによってHTSでのボール接合部の接合信頼性を向上し、さらにボンディングワイヤのワイヤ軸に垂直方向の芯材断面に対して結晶方位を測定した結果において、ワイヤ長手方向の結晶方位のうち、ワイヤ長手方向に対して角度差が15度以下である結晶方位<100>の方位比率を50%以上とし、ボンディングワイヤのワイヤ軸に垂直方向の芯材断面における平均結晶粒径を0.9~1.3 μmとすることにより、耐力比を1.6以下とする。

WO 2016/203659 A1

## 明 細 書

発明の名称：半導体装置用ボンディングワイヤ

### 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の配線とを接続するために利用される半導体装置用ボンディングワイヤに関する。

### 背景技術

[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」という）として、線径15～50 $\mu$ m程度の細線が主として使用されている。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入熱で加熱溶融し、表面張力によりボール（FAB:Free Air Ball）を形成した後、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」という）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」という）することで完了する。ボンディングワイヤの接合相手である半導体素子上の電極にはSi基板上にAlを主体とする合金を成膜した電極構造、外部リード側の電極にはAgめっきやPdめっきを施した電極構造等が用いられる。

[0003] これまでボンディングワイヤの材料はAuが主流であったが、LSI用途を中心にCuへの代替が進んでいる。一方、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もAuからCuへの代替に対するニーズが高まっている。

[0004] Cuボンディングワイヤについては、高純度Cu（純度：99.99質量％以上）を使用したものが提案されている（例えば、特許文献1）。CuはAuに比べて酸化され易い欠点があり、接合信頼性、ボール形成性、ウェッ

ジ接合性等が劣る課題があった。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Au、Ag、Pt、Pd、Ni、Co、Cr、Tiなどの金属で被覆した構造が提案されている（特許文献2）。また、Cu芯材の表面にPdを被覆し、その表面をAu、Ag、Cu又はこれらの合金で被覆した構造が提案されている（特許文献3）。

## 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：特開2005-167020号公報

特許文献3：特開2012-36490号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0006] 車載用デバイスは一般的な電子機器に比べて、過酷な高温高湿環境下での接合信頼性が求められる。特に、ワイヤのボール部を電極に接合したボール接合部の接合寿命が最大の問題となる。

[0007] 半導体装置のパッケージであるモールド樹脂（エポキシ樹脂）には、シランカップリング剤が含まれている。シランカップリング剤は有機物（樹脂）と無機物（シリコンや金属）の密着性を高める働きを有しているため、シリコン基板や金属との密着性を向上させることができる。さらに、より高温での信頼性が求められる車載向け半導体など、高い密着性が求められる場合には「イオウ含有シランカップリング剤」が添加される。モールド樹脂に含まれるイオウは、175℃以上（例えば、175℃～200℃）の条件で使用するると遊離してくる。そして、175℃以上の高温で遊離したイオウがCuと接触すると、Cuの腐食が激しくなり、硫化物（Cu<sub>2</sub>S）や酸化物（CuO）が生成する。Cuボンディングワイヤを用いた半導体装置でCuの腐食が生成すると、特にボール接合部の接合信頼性が低下することとなる。

[0008] 170℃以上の高温環境でのボール接合部の接合信頼性を評価する手段と

して、HTS (High Temperature Storage Test) (高温放置試験) が用いられる。高温環境に暴露した評価用のサンプルについて、ボール接合部の抵抗値の経時変化を測定したり、ボール接合部のシヤ強度の経時変化を測定したりすることで、ボール接合部の接合寿命を評価する。近年、車載用の半導体装置においては、175℃～200℃のHTSでのボール接合部の接合信頼性向上が求められている。

[0009] 本発明において、ボンディングワイヤがNi、Zn、Rh、In、Ir、Ptから選ばれる少なくとも1種以上の元素を含み、ワイヤ全体に対する前記元素の濃度が総計で0.03～2質量%であると、ボール接合部の高温環境での接合信頼性のうち、175℃以上でのHTSでの成績が改善することが判明した。

[0010] ここで、下記(1)式で耐力比を定義する。

$$\text{耐力比} = \text{最大耐力} / 0.2\% \text{耐力} \quad (1)$$

ウェッジ接合において、ボンディングワイヤは激しく変形する。変形の際にワイヤが加工硬化すると、接合後のワイヤが硬くなり、その結果としてウェッジ接合の接合強度が低下することとなる。ウェッジ接合強度を維持するためには、上記(1)式で定義した耐力比が1.6以下であると好ましい。ところが、175℃～200℃のHTSでのボール接合部の接合信頼性向上のためにワイヤ中に上記元素を含有させたところ、耐力比が増大して1.6を超えることとなった。そのため、ウェッジ接合の接合強度低下を来すこととなった。

[0011] 本発明は、Cu合金芯材とその表面に形成されたPd被覆層とを有する半導体装置用ボンディングワイヤにおいて、Ni、Zn、Rh、In、Ir、Ptから選ばれる少なくとも1種以上の元素をワイヤ中に総計で0.03～2質量%含有しつつ、(1)式で定義する耐力比を1.1～1.6とすることのできる半導体装置用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

[0012] 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) Cu合金芯材と、前記Cu合金芯材の表面に形成されたPd被覆層とを有する半導体装置用ボンディングワイヤにおいて、

前記ボンディングワイヤがNi、Zn、Rh、In、Ir、Ptから選ばれる少なくとも1種以上の元素を含み、ワイヤ全体に対する前記元素の濃度が総計で0.03～2質量%であり、

前記ボンディングワイヤのワイヤ軸に垂直方向の芯材断面に対して結晶方位を測定した結果において、ワイヤ長手方向の結晶方位のうち、ワイヤ長手方向に対して角度差が15度以下である結晶方位<100>の方位比率が50%以上であり、

前記ボンディングワイヤのワイヤ軸に垂直方向の芯材断面における平均結晶粒径が、0.9～1.3μm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) 下記(1)式で定義する耐力比が1.1～1.6であることを特徴とする上記(1)記載の半導体装置用ボンディングワイヤ。

$$\text{耐力比} = \text{最大耐力} / 0.2\% \text{耐力} \quad (1)$$

(3) 前記Pd被覆層の厚さが0.015～0.150μmであることを特徴とする上記(1)又は(2)記載の半導体装置用ボンディングワイヤ。

(4) 前記Pd被覆層上にさらにAuとPdを含む合金表皮層を有することを特徴とする上記(1)～(3)のいずれか1項記載の半導体装置用ボンディングワイヤ。

(5) 前記AuとPdを含む合金表皮層の厚さが0.0005～0.050μmであることを特徴とする上記(4)記載の半導体装置用ボンディングワイヤ。

(6) 前記ボンディングワイヤがGa、Ge、As、Te、Sn、Sb、Bi、Seから選ばれる少なくとも1種以上の元素を含み、ワイヤ全体に対する前記元素の濃度が合計で0.1～100質量ppmであり、 $\text{Sn} \leq 10$ 質量ppm、 $\text{Sb} \leq 10$ 質量ppm、 $\text{Bi} \leq 1$ 質量ppmであることを特徴とする上記(1)～(5)のいずれか1項記載の半導体装置用ボンディングワ

イヤ。

(7) 前記ボンディングワイヤがさらにB、P、Mg、Ca、Laから選ばれる少なくとも1種以上の元素を含み、ワイヤ全体に対する前記元素の濃度がそれぞれ1～100質量ppmであることを特徴とする上記(1)～(6)のいずれか1項記載の半導体装置用ボンディングワイヤ。

(8) 前記ボンディングワイヤの最表面にCuが存在することを特徴とする上記(1)～(7)のいずれか1項記載の半導体装置用ボンディングワイヤ。

### 発明の効果

[0013] 本発明は、Cu合金芯材とその表面に形成されたPd被覆層とを有する半導体装置用ボンディングワイヤにおいて、Ni、Zn、Rh、In、Ir、Ptから選ばれる少なくとも1種以上の元素をワイヤ中に総計で0.03～2質量%含有することによって175℃～200℃のHTSでのボール接合部の接合信頼性を向上し、さらにボンディングワイヤのワイヤ軸に垂直方向の芯材断面に対して結晶方位を測定した結果において、ワイヤ長手方向の結晶方位のうち、ワイヤ長手方向に対して角度差が15度以下である結晶方位<100>の方位比率を50%以上とし、ボンディングワイヤのワイヤ軸に垂直方向の芯材断面における平均結晶粒径を0.9～1.3μmとすることにより、(1)式で定義する耐力比を1.1～1.6とすることができる。

### 発明を実施するための形態

[0014] 前述のとおり、半導体装置のパッケージであるモールド樹脂（エポキシ樹脂）には、シランカップリング剤が含まれている。シランカップリング剤は有機物（樹脂）と無機物（シリコンや金属）の密着性を高める働きを有しているため、シリコン基板や金属との密着性を向上させることができる。さらに、より高温での信頼性が求められる車載向け半導体など、高い密着性が求められる場合には「イオウ含有シランカップリング剤」が添加される。モールド樹脂に含まれるイオウは、175℃以上（例えば、175℃～200℃）の条件で使用すると遊離してくる。そして、175℃以上の高温で遊離し

たイオウがCuと接触すると、Cuの腐食が激しくなり、硫化物（Cu<sub>2</sub>S）や酸化物（CuO）が生成する。Cuボンディングワイヤを用いた半導体装置でCuの腐食が生成すると、特にボール接合部の接合信頼性が低下することとなる。

[0015] 前述のように、近年、車載用の半導体装置においては、175℃～200℃のHTS（High Temperature Storage Test）（高温放置試験）でのボール接合部の接合信頼性向上が求められている。

[0016] 本発明は、Cu合金芯材と、前記Cu合金芯材の表面に形成されたPd被覆層とを有する半導体装置用ボンディングワイヤを対象とする。本発明において、当該ボンディングワイヤがNi、Zn、Rh、In、Ir、Ptから選ばれる少なくとも1種以上の元素を含み、ワイヤ全体に対する前記元素の濃度を総計で0.03～2質量%とすることにより、ボール接合部の高温環境での接合信頼性に関し、175℃以上でのHTSでの成績が改善する。斯かる特定の構成を有する本発明のボンディングワイヤは、車載用デバイスで要求される高温高湿環境でのボール接合部の接合信頼性を改善することができる。

[0017] ボール接合部の高温環境での接合信頼性（特に175℃以上でのHTSでの成績）を改善する観点から、ワイヤ全体に対する前記元素の濃度は総計で、好ましくは0.030質量%以上、より好ましくは0.050質量%以上、さらに好ましくは0.070質量%以上、0.090質量%以上、0.10質量%以上、0.15質量%以上、又は0.20質量%以上である。

[0018] 前記のように、下記（1）式で耐力比を定義する。

$$\text{耐力比} = \text{最大耐力} / 0.2\% \text{耐力} \quad (1)$$

ウェッジ接合において、ボンディングワイヤは激しく変形する。変形の際にワイヤが加工硬化すると、接合後のワイヤが硬くなり、その結果としてウェッジ接合の接合強度が低下することとなる。良好なウェッジ接合強度を維持するためには、上記（1）式で定義した耐力比が1.6以下であると好ましい。ところが、175℃～200℃のHTSでのボール接合部の接合信頼

性向上のため、Ni、Zn、Rh、In、Ir、Ptの1種以上をワイヤ中に総計で0.03質量%以上含有させたところ、耐力比が増大して1.6を超えることとなった。芯材のCu中に上記合金成分を含有した結果、耐力比の増大、即ち硬度の増加が発生したと考えられる。そのため、ウェッジ接合の接合強度低下を来すこととなった。他方において、従来の製造方法の範囲内で耐力比を低減しようとしたところ、耐力比が1.1未満となり、ウェッジ接合性が劣る結果となった。

[0019] そこで、ボンディングワイヤが上記合金成分を含有しても(1)式の耐力比を1.1~1.6の好適範囲に保持できる結晶組織について検討した。その結果、(1)式の耐力比を好適範囲に保持するに際しては、ボンディングワイヤにおける芯材の結晶構造、特に、(i)ボンディングワイヤのワイヤ軸に垂直方向の芯材断面に対して結晶方位を測定した結果における、ワイヤ長手方向の結晶方位のうち、ワイヤ長手方向に対して角度差が15度以下である結晶方位<100>の方位比率(以下、単に「<100>方位比率」ともいう。)と、(ii)ボンディングワイヤのワイヤ軸に垂直方向の芯材断面における平均結晶粒径(以下、単に「平均結晶粒径」ともいう。)とを制御することが重要であることを見出した。詳細には、ボンディングワイヤを通常の製造方法で製造すると、<100>方位比率が50%以上であることと、平均結晶粒径が0.9 $\mu$ m以上1.3 $\mu$ m以下であることを両立することができず、その結果として耐力比が1.1未満または1.6超となることがわかった。それに対して、後述のように製造方法を工夫することにより、ボンディングワイヤのワイヤ軸に垂直方向の芯材断面におけるワイヤ長手方向の結晶方位のうち、ワイヤ長手方向に対して角度差が15度以内までを含む<100>の方位比率を50%以上とし、ボンディングワイヤのワイヤ軸に垂直方向の芯材断面における平均結晶粒径を0.9~1.3 $\mu$ mとすることができ、その結果、(1)式の耐力比を1.1~1.6とすることができることが明らかになった。

[0020] <100>方位比率が50%以上のときは、ウェッジ接合時の変形に伴う

ワイヤの加工硬化が小さいため、耐力比を1.6以下にできる。しかしながら、この場合であっても平均結晶粒径が $0.9\mu\text{m}$ 未満のときは0.2%耐力が高い（延性の乏しい）ため、耐力比が1.1未満となりウェッジ接合性が劣る。平均結晶粒径が $1.3\mu\text{m}$ を超える場合は $\langle 100 \rangle$ 方位比率が50%未満となり、更に0.2%耐力が低いため、耐力比が1.6超となりウェッジ接合性が劣るものと推定される。

[0021] なお、ワイヤの結晶構造について上記条件を満たす場合においても、ワイヤ中の前記元素含有量が多すぎるとやはり耐力比が増大することとなる。耐力比1.6以下を実現し、ボンディングワイヤの硬質化を抑制してウェッジ接合性の低下を抑制する観点から、ワイヤ全体に対するNi、Zn、Rh、In、Ir、Ptから選ばれる少なくとも1種以上の元素の濃度は総計で、好ましくは2.0質量%以下、1.8質量%以下、又は1.6質量%以下である。

[0022] ボンディングワイヤ中にNi、Zn、Rh、In、Ir、Ptを含有させるに際し、これら元素をCu芯材中に含有させる方法、Cu芯材あるいはワイヤ表面に被着させて含有させる方法のいずれを採用しても、上記本発明の効果を発揮することができる。これら成分の添加量は極微量なので、添加方法のバリエーションは広く、どのような方法で添加しても指定の濃度範囲の成分が含まれていれば効果が現れる。

[0023] 本発明のボンディングワイヤにおいて、Pd被覆層の厚さは、良好なFAB形状を得る観点及び、車載用デバイスで要求される高温高湿環境でのボール接合部の接合信頼性をより一層改善する観点から、好ましくは $0.015\mu\text{m}$ 以上、より好ましくは $0.02\mu\text{m}$ 以上、さらに好ましくは $0.025\mu\text{m}$ 以上、 $0.03\mu\text{m}$ 以上、 $0.035\mu\text{m}$ 以上、 $0.04\mu\text{m}$ 以上、 $0.045\mu\text{m}$ 以上、又は $0.05\mu\text{m}$ 以上である。一方、Pd被覆層の厚さが厚すぎてもFAB形状が低下するので、Pd被覆層の厚さは、好ましくは $0.150\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $0.140\mu\text{m}$ 以下、 $0.130\mu\text{m}$ 以下、 $0.120\mu\text{m}$ 以下、 $0.110\mu\text{m}$ 以下、又は $0.100\mu\text{m}$ 以下

である。

[0024] 上記ボンディングワイヤのCu合金芯材、Pd被覆層の定義を説明する。Cu合金芯材とPd被覆層の境界は、Pd濃度を基準に判定した。Pd濃度が50原子%の位置を境界とし、Pd濃度が50原子%以上の領域をPd被覆層、Pd濃度が50原子%未満の領域をCu合金芯材と判定した。この根拠は、Pd被覆層においてPd濃度が50原子%以上であればPd被覆層の構造から特性の改善効果が得られるためである。Pd被覆層は、Pd単層の領域、PdとCuがワイヤの深さ方向に濃度勾配を有する領域を含んでいても良い。Pd被覆層において、該濃度勾配を有する領域が形成される理由は、製造工程での熱処理等によってPdとCuの原子が拡散する場合があるためである。本発明において、濃度勾配とは、深さ方向への濃度変化の程度が0.1  $\mu$ m当たり10mol%以上であることをいう。さらに、Pd被覆層は不可避不純物を含んでいても良い。

[0025] 本発明のボンディングワイヤは、Pd被覆層の表面にさらにAuとPdを含む合金表皮層を有していてもよい。これにより本発明のボンディングワイヤは、接合信頼性をより向上できると共にウェッジ接合性をさらに改善することができる。

[0026] 上記ボンディングワイヤのAuとPdを含む合金表皮層の定義を説明する。AuとPdを含む合金表皮層とPd被覆層の境界は、Au濃度を基準に判定した。Au濃度が10原子%の位置を境界とし、Au濃度が10原子%以上の領域をAuとPdを含む合金表皮層、10原子%未満の領域をPd被覆層と判定した。また、Pd濃度が50原子%以上の領域であっても、Auが10原子%以上存在すればAuとPdを含む合金表皮層と判定した。これらの根拠は、Au濃度が上記の濃度範囲であれば、Au表皮層の構造から特性の改善効果が期待できるためである。AuとPdを含む合金表皮層は、Au-Pd合金であって、AuとPdがワイヤの深さ方向に濃度勾配を有する領域を含む領域とする。AuとPdを含む合金表皮層において、該濃度勾配を有する領域が形成される理由は、製造工程での熱処理等によってAuとPd

の原子が拡散するためである。さらに、AuとPdを含む合金表皮層は不可避不純物とCuを含んでいても良い。

[0027] 本発明のボンディングワイヤにおいて、AuとPdを含む合金表皮層は、Pd被覆層と反応して、AuとPdを含む合金表皮層、Pd被覆層、Cu合金芯材間の密着強度を高め、ウェッジ接合時のPd被覆層やAuとPdを含む合金表皮層の剥離を抑制することができる。これにより本発明のボンディングワイヤは、ウェッジ接合性をさらに改善することができる。良好なウェッジ接合性を得る観点から、AuとPdを含む合金表皮層の厚さは、好ましくは0.0005  $\mu\text{m}$ 以上、より好ましくは0.001  $\mu\text{m}$ 以上、0.002  $\mu\text{m}$ 以上、又は0.003  $\mu\text{m}$ 以上である。偏芯を抑制し良好なFAB形状を得る観点から、AuとPdを含む合金表皮層の厚さは、好ましくは0.050  $\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは0.045  $\mu\text{m}$ 以下、0.040  $\mu\text{m}$ 以下、0.035  $\mu\text{m}$ 以下、又は0.030  $\mu\text{m}$ 以下である。なおAuとPdを含む合金表皮層は、Pd被覆層と同様の方法により形成することができる。

[0028] 本発明のボンディングワイヤは、さらにGa、Ge、As、Te、Sn、Sb、Bi、Seから選ばれる少なくとも1種以上の元素を含み、ワイヤ全体に対する前記元素の濃度が合計で0.1～100質量ppmであり、 $\text{Sn} \leq 10$ 質量ppm、 $\text{Sb} \leq 10$ 質量ppm、 $\text{Bi} \leq 1$ 質量ppmであると好ましい。これにより、車載用デバイスで要求される高温高湿環境でのボール接合部の接合信頼性をさらに改善することができる。特に温度が130℃、相対湿度が85%の高温高湿環境下でのボール接合部の接合寿命を向上させ、接合信頼性を改善するので好ましい。ワイヤ全体に対する前記元素の濃度は合計で好ましくは0.1質量ppm以上、より好ましくは0.5質量ppm以上、さらに好ましくは1質量ppm以上、さらにより好ましくは1.5質量ppm以上、2質量ppm以上、2.5質量ppm以上、又は3質量ppm以上である。一方で、良好なFAB形状を得る観点から、ワイヤ全体に対する前記元素の濃度は合計で好ましくは100質量ppm以下、より好ましくは95質量ppm以下、90質量ppm以下、85質量ppm以下、又

は80質量ppm以下である。また、Sn濃度、Sb濃度が10質量ppmを超えた場合、または、Bi濃度が1質量ppmを超えた場合には、FAB形状が不良となることから、 $Sn \leq 10$ 質量ppm、 $Sb \leq 10$ 質量ppm、 $Bi \leq 1$ 質量ppmとすることにより、FAB形状をより改善することができるので好ましい。

[0029] 本発明のボンディングワイヤはさらにB、P、Mg、Ca、Laから選ばれる少なくとも1種以上の元素を含み、ワイヤ全体に対する前記元素の濃度がそれぞれ1～100質量ppmであると好ましい。これにより、高密度実装に要求されるボール接合部のつぶれ形状を改善、すなわちボール接合部形状の真円性を改善することができる。ワイヤ全体に対する前記元素の濃度はそれぞれ、好ましくは1質量ppm以上、より好ましくは2質量ppm以上、3質量ppm以上、4質量ppm以上、又は5質量ppm以上である。ボールの硬質化を抑制してボール接合時のチップダメージを抑制する観点から、ワイヤ全体に対する前記元素の濃度はそれぞれ、好ましくは100質量ppm以下、より好ましくは95質量ppm以下、90質量ppm以下、85質量ppm以下、又は80質量ppm以下である。

[0030] 本発明のようにPd被覆CuボンディングワイヤがNi、Zn、Rh、In、Ir、Ptを所定量含有している場合、さらにボンディングワイヤの最表面にCuが存在すると、接合部におけるCu<sub>9</sub>Al<sub>4</sub>金属間化合物の生成がさらに抑制される傾向にある。Pd被覆CuボンディングワイヤがNi、Zn、Rh、In、Ir、Ptを所定量含有している場合、さらにボンディングワイヤの最表面にCuが存在すると、ボンディングワイヤに含まれるNi、Zn、Rh、In、Ir、PtとCuとの相互作用により、FAB形成時にFAB表面のPd濃化が促進され、ボール接合界面のPd濃化がより顕著に現れる。これにより、Pd濃化層によるCuとAlの相互拡散抑制効果がさらに強くなり、Clの作用で腐食しやすいCu<sub>9</sub>Al<sub>4</sub>の生成量が少なくなり、ボール接合部の高温高湿環境での接合信頼性がより一層向上するものと推定される。

[0031] Pd被覆層の最表面にCuが存在する場合、Cuの濃度が30原子%以上になると、ワイヤ表面の耐硫化性が低下し、ボンディングワイヤの使用寿命が低下するため実用に適さない場合がある。したがって、Pd被覆層の最表面にCuが存在する場合、Cuの濃度は30原子%未満であることが好ましい。

[0032] また、Au表皮層の最表面にCuが存在する場合、Cuの濃度が35原子%以上になると、ワイヤ表面の耐硫化性が低下し、ボンディングワイヤの使用寿命が低下するため実用に適さない場合がある。したがって、Au表皮層の最表面にCuが存在する場合、Cuの濃度は35原子%未満であることが好ましい。

[0033] ここで、最表面とは、スパッタ等を実施しない状態で、ボンディングワイヤの表面をオージェ電子分光装置によって測定した領域をいう。

[0034] Pd被覆層、AuとPdを含む合金表皮層の濃度分析には、ボンディングワイヤの表面から深さ方向に向かってスパッタ等で削りながら分析を行う方法、あるいはワイヤ断面を露出させて線分析、点分析等を行う方法が有効である。これらの濃度分析に用いる解析装置は、走査型電子顕微鏡または透過型電子顕微鏡に備え付けたオージェ電子分光分析装置、エネルギー分散型X線分析装置、電子線マイクロアナライザ等を利用することができる。ワイヤ断面を露出させる方法としては、機械研磨、イオンエッチング法等を利用することができる。ボンディングワイヤ中のNi、Zn、Rh、In、Ir、Ptなどの微量分析については、ボンディングワイヤを強酸で溶解した液をICP発光分光分析装置やICP質量分析装置を利用して分析し、ボンディングワイヤ全体に含まれる元素の濃度として検出することができる。

[0035] (製造方法)

次に本発明の実施形態に係るボンディングワイヤの製造方法を説明する。ボンディングワイヤは、芯材に用いるCu合金を製造した後、ワイヤ状に細く加工し、Pd被覆層、Au層を形成して、熱処理することで得られる。Pd被覆層、Au層を形成後、再度伸線と熱処理を行う場合もある。Cu合金

芯材の製造方法、Pd被覆層、AuとPdを含む合金表皮層の形成方法、熱処理方法について詳しく説明する。

- [0036] 芯材に用いるCu合金は、原料となるCuと添加する元素を共に溶解し、凝固させることによって得られる。溶解には、アーク加熱炉、高周波加熱炉、抵抗加熱炉等を利用することができる。大気中からのO<sub>2</sub>、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。
- [0037] Pd被覆層、Au層をCu合金芯材の表面に形成する方法は、めっき法、蒸着法、熔融法等がある。めっき法は、電解めっき法、無電解めっき法のどちらも適用可能である。ストライクめっき、フラッシュめっきと呼ばれる電解めっきでは、めっき速度が速く、下地との密着性も良好である。無電解めっきに使用する溶液は、置換型と還元型に分類され、厚さが薄い場合には置換型めっきのみでも十分であるが、厚さが厚い場合には置換型めっきの後に還元型めっきを段階的に施すことが有効である。
- [0038] 蒸着法では、スパッタ法、イオンプレーティング法、真空蒸着等の物理吸着と、プラズマCVD等の化学吸着を利用することができる。いずれも乾式であり、Pd被覆層、Au層形成後の洗浄が不要であり、洗浄時の表面汚染等の心配がない。
- [0039] Pd被覆層、Au層形成後に熱処理を行うことにより、Pd被覆層のPdがAu層中に拡散し、AuとPdを含む合金表皮層が形成される。Au層を形成した後に熱処理によってAuとPdを含む合金表皮層を形成するのではなく、最初からAuとPdを含む合金表皮層を被着することとしても良い。
- [0040] Pd被覆層、AuとPdを含む合金表皮層の形成に対しては、最終線径まで伸線後に形成する手法と、太径のCu合金芯材に形成してから狙いの線径まで複数回伸線する手法とのどちらも有効である。前者の最終径でPd被覆層、AuとPdを含む合金表皮層を形成する場合には、製造、品質管理等が簡便である。後者のPd被覆層、AuとPdを含む合金表皮層と伸線を組み合わせる場合には、Cu合金芯材との密着性が向上する点で有利である。そ

れぞれの形成法の実例として、最終線径のCu合金芯材に、電解めっき溶液の中にワイヤを連続的に掃引しながらPd被覆層、AuとPdを含む合金表皮層を形成する手法、あるいは、電解又は無電解のめっき浴中に太いCu合金芯材を浸漬してPd被覆層、AuとPdを含む合金表皮層を形成した後に、ワイヤを伸線して最終線径に到達する手法等が挙げられる。

[0041] Pd被覆層、AuとPdを含む合金表皮層を形成した後は、熱処理を行う場合がある。熱処理を行うことでAuとPdを含む合金表皮層、Pd被覆層、Cu合金芯材の間で原子が拡散して密着強度が向上するため、加工中のAuとPdを含む合金表皮層やPd被覆層の剥離を抑制でき、生産性が向上する点で有効である。大気中からのO<sub>2</sub>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熱処理を行うことが好ましい。

[0042] 前述のように、ボンディングワイヤに施す拡散熱処理や焼鈍熱処理の条件を調整することにより、芯材のCuがPd被覆層やAuとPdを含む合金表皮層中を粒界拡散、粒内拡散等により拡散し、ボンディングワイヤの最表面にCuを到達させ、最表面にCuを存在させることができる。最表面にCuを存在させるための熱処理として、上記のように、AuとPdを含む合金表皮層を形成するための熱処理を用いることができる。合金表皮層を形成するための熱処理を行うに際し、熱処理温度と時間を選択することにより、最表面にCuを存在させ、あるいはCuを存在させないことができる。さらに、最表面のCu濃度を所定の範囲（例えば、1～50原子%の範囲）に調整することもできる。合金表皮層形成時以外に行う熱処理によってCuを最表面に拡散させることとしても良い。

[0043] 前述のとおり、ボンディングワイヤ中にNi、Zn、Rh、In、Ir、Ptを含有させるに際し、これら元素をCu芯材中に含有させる方法、Cu芯材あるいはワイヤ表面に被着させて含有させる方法のいずれを採用しても、上記本発明の効果を発揮することができる。Ga、Ge、As、Te、Sn、Sb、Bi、Se、B、P、Mg、Ca、Laについても同様である。

[0044] 上記成分の添加方法として、最も簡便なのはCu合金芯材の出発材料に添

加しておく方法である。たとえば、高純度の銅と上記成分元素原料を出発原料として秤量したのち、これを高真空下もしくは窒素やアルゴン等の不活性雰囲気下で加熱して溶解することで目的の濃度範囲の上記成分が添加されたインゴットを作成し、目的濃度の上記成分元素を含む出発材料とする。したがって好適な一実施形態において、本発明のボンディングワイヤのCu合金芯材は、Ni、Zn、Rh、In、Ir、Ptから選ばれる少なくとも1種以上の元素を、ワイヤ全体に対する前記元素の濃度が総計で0.03～2質量%となるように含む。該濃度の合計の好適な数値範囲は、先述のとおりである。他の好適な一実施形態において、本発明のボンディングワイヤのCu合金芯材は、Ga、Ge、As、Te、Sn、Sb、Bi、Seから選ばれる少なくとも1種以上の元素を、ワイヤ全体に対する前記元素の濃度が合計で0.1～100質量ppm、 $Sn \leq 10$ 質量ppm、 $Sb \leq 10$ 質量ppm、 $Bi \leq 1$ 質量ppmとなるように含む。該濃度の好適な数値範囲は、先述のとおりである。好適な一実施形態において、Cu合金芯材のCuの純度は3N以下（好ましくは2N以下）である。従来のPd被覆Cuボンディングワイヤでは、ボンダビリティの観点から、高純度（4N以上）のCu芯材が使用され、低純度のCu芯材の使用は避けられる傾向にあった。特定元素を含有する本発明のボンディングワイヤでは、上記のようにCuの純度の低いCu合金芯材を使用した場合に特に好適に、車載用デバイスで要求される高温高湿環境でのボール接合部の接合信頼性を実現するに至ったものである。他の好適な一実施形態において、本発明のボンディングワイヤのCu合金芯材は、B、P、Mg、Ca、Laから選ばれる少なくとも1種以上の元素を、ワイヤ全体に対する前記元素の濃度がそれぞれ1～100質量ppmとなるように含む。該濃度の好適な数値範囲は、先述のとおりである。

[0045] ワイヤ製造工程の途中で、ワイヤ表面に上記成分を被着させることによって含有させることもできる。この場合、ワイヤ製造工程のどこに組み込んでも良いし、複数回繰り返しても良い。複数の工程に組み込んでも良い。Pd被覆前のCu表面に添加しても良いし、Pd被覆後のPd表面に添加しても

良いし、Au被覆後のAu表面に添加しても良いし、各被覆工程に組み込んでも良い。被着方法としては、(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)、から選択することができる。

[0046] 水溶液の塗布⇒乾燥⇒熱処理の方法を採用する場合、まず上記成分元素を含む水溶性の化合物で適当な濃度の水溶液を調製する。これにより、上記成分をワイヤ材料に取り込むことができる。ワイヤ製造工程のどこに組み込んでも良いし、複数回繰り返しても良い。複数の工程に組み込んでも良い。Pd被覆前のCu表面に添加しても良いし、Pd被覆後のPd表面に添加しても良いし、Au被覆後のAu表面に添加しても良いし、各被覆工程に組み込んでも良い。

[0047] めっき法(湿式)を用いる場合、めっき法は、電解めっき法、無電解めっき法のどちらでも適用可能である。電解めっき法では、通常の電解めっきのほかにフラッシュめっきと呼ばれるめっき速度が速く下地との密着性も良好なめっき法も適用可能である。無電解めっきに使用する溶液は、置換型と還元型がある。一般的にめっき厚が薄い場合は置換型めっき、厚い場合は還元型めっきが適用されるが、どちらでも適用可能であり、添加したい濃度にしたがって選択し、めっき液濃度、時間を調整すればよい。電解めっき法、無電解めっき法ともに、ワイヤ製造工程のどこに組み込んでも良いし、複数回繰り返しても良い。複数の工程に組み込んでも良い。Pd被覆前のCu表面に添加しても良いし、Pd被覆後のPd表面に添加しても良いし、Au被覆後のAu表面に添加しても良いし、各被覆工程に組み込んでも良い。

[0048] 蒸着法(乾式)には、スパッタリング法、イオンプレーティング法、真空蒸着法、プラズマCVDなどがある。乾式のため前処理後処理が不要で、汚染の心配もないのが特長である。一般に蒸着法は、目的とする元素の添加速度が遅いことが問題であるが、上記成分元素は添加濃度が比較的低いので、本発明の目的としては適した方法のひとつである。

[0049] 各蒸着法は、ワイヤ製造工程のどこに組み込んでも良いし、複数回繰り返しても良い。複数の工程に組み込んでも良い。Pd被覆前のCu表面に添加

しても良いし、Pd被覆後のPd表面に添加しても良いし、Au被覆後のAu表面に添加しても良いし、各被覆工程に組み込んでも良い。

[0050] ボンディングワイヤのワイヤ軸に垂直方向の芯材断面に対して結晶方位を測定した結果において、ワイヤ長手方向の結晶方位のうち、ワイヤ長手方向に対して角度差が15度以下である結晶方位<100>の方位比率を50%以上とし、ボンディングワイヤのワイヤ軸に垂直方向の芯材断面における平均結晶粒径を0.9~1.3 $\mu$ mとするための製造方法について説明する。

[0051] 本発明のボンディングワイヤは、Cu合金芯材中にNi、Zn、Rh、In、Ir、Ptの1種以上を総計で0.03質量%以上含有するため、ワイヤの材料強度（硬度）が高くなる。そのため、Cu芯線のボンディングワイヤを伸線加工するに際しては、伸線時の減面率を5~8%と低い減面率としていた。また、伸線後の熱処理において、やはり硬度が高いため、ボンディングワイヤとして使用できるレベルまで軟質化するために600℃以上の温度で熱処理を行っていた。高い熱処理温度のため、ワイヤ長手方向の<100>方位比率が50%未満となり、同時に芯材断面における平均結晶粒径が1.3 $\mu$ m超となり、耐力比が1.6を超えることとなった。一方、耐力比を低減しようとして熱処理温度を低下すると、芯材断面における平均結晶粒径が0.9 $\mu$ m未満となり、耐力比が1.1未満となりウェッジ接合性が劣ることとなった。

[0052] これに対して本発明においては、ダイスを用いた伸線時において、全ダイス数のうちの半分以上のダイスにおいて減面率を10%以上とし、さらに伸線後の熱処理における熱処理温度を500℃以下と低い温度とした。その結果、ボンディングワイヤのワイヤ軸に垂直方向の芯材断面に対して結晶方位を測定した結果において、ワイヤ長手方向の結晶方位のうち、ワイヤ長手方向に対して角度差が15度以下である結晶方位<100>の方位比率を50%以上とし、ボンディングワイヤのワイヤ軸に垂直方向の芯材断面における平均結晶粒径を0.9~1.3 $\mu$ mとすることができた。最新の伸線加工技術を適用し、潤滑液として、潤滑液に含まれる非イオン系界面活性剤の濃度

を従来より高めに設計し、ダイス形状として、ダイスのアプローチ角度を従来のものよりも緩やかに設計し、ダイスの冷却水温度を従来よりも低めに設定することなどの相乗効果により、Cu合金芯材中にNi等の成分を総計で0.03質量%以上含有して硬質化しているにもかかわらず、減面率10%以上の伸線加工が可能となった。

[0053] ワイヤ断面の結晶方位を測定するに際しては、後方散乱電子線回折法（EBSD、Electron Backscattered Diffraction）を用いると好ましい。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でき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。粒径測定については、EBSD法による測定結果に対して、装置に装備されている解析ソフトを利用することで求めることができる。本発明で規定する結晶粒径は、測定領域内に含まれる結晶粒の相当直径（結晶粒の面積に相当する円の直径；円相当直径）を算術平均したものである。

[0054] 本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨の範囲内で適宜変更することが可能である。

## 実施例

[0055] 以下では、実施例を示しながら、本発明の実施形態に係るボンディングワイヤについて、具体的に説明する。

[0056] （サンプル）

まずサンプルの作製方法について説明する。芯材の原材料となるCuは純度が99.99質量%以上で残部が不可避不純物から構成されるものを用いた。Au、Pd、Ni、Zn、Rh、In、Ir、Ptは純度が99質量%以上で残部が不可避不純物から構成されるものを用いた。ワイヤ又は芯材の組成が目的のものとなるように、芯材への添加元素であるNi、Zn、Rh、In、Ir、Ptを調合する。Ni、Zn、Rh、In、Ir、Ptの添加に関しては、単体での調合も可能であるが、単体で高融点の元素や添加量が極微量である場合には、添加元素を含むCu母合金をあらかじめ作製して

において目的の添加量となるように調合しても良い。また、下記表3に示す本発明例では、さらにGa、Ge、As、Te、Sn、Sb、Bi、Se、B、P、Mg、Ca、Laの1種以上を含有させている。

[0057] 芯材のCu合金は、連続鋳造により数mmの線径になるように製造した。得られた数mmの合金に対して、引抜加工を行って $\phi 0.3 \sim 1.4$  mmのワイヤを作製した。伸線には市販の潤滑液を用い、伸線速度は20～150 m/分とした。ワイヤ表面の酸化膜を除去するために、塩酸等による酸洗処理を行った後、芯材のCu合金の表面全体を覆うようにPd被覆層を1～15  $\mu$ m形成した。さらに、一部のワイヤはPd被覆層の上にAuとPdを含む合金表皮層を0.05～1.5  $\mu$ m形成した。Pd被覆層、AuとPdを含む合金表皮層の形成には電解めっき法を用いた。めっき液は市販の半導体用めっき液を用いた。その後、減面率10～21%のダイスを主に使用して伸線加工を行い、更には途中に1乃至3回の熱処理を200～500℃で行うことによって直径20  $\mu$ mまで加工した。加工後は最終的に破断伸びが約5～15%になるように熱処理をした。熱処理方法はワイヤを連続的に掃引しながら行い、N<sub>2</sub>もしくはArガスを流しながら行った。ワイヤの送り速度は10～90 m/分、熱処理温度は350～500℃で熱処理時間は1～10秒とした。

[0058] (評価方法)

ワイヤ中のNi、Zn、Rh、In、Ir、Pt、Ga、Ge、As、Te、Sn、Sb、Bi、Se、B、P、Mg、Ca、La含有量については、ICP発光分光分析装置を利用して、ボンディングワイヤ全体に含まれる元素の濃度として分析した。

[0059] Pd被覆層、AuとPdを含む合金表皮層の濃度分析には、ボンディングワイヤの表面から深さ方向に向かってスパッタ等で削りながらオージェ電子分光分析を実施した。得られた深さ方向の濃度プロファイルから、Pd被覆層厚、AuとPdを含む合金表皮層厚を求めた。

[0060] ボンディングワイヤのワイヤ軸に垂直方向の芯材断面におけるワイヤ長手

方向の結晶方位のうち、ワイヤ長手方向に対して角度差が15度以下である結晶方位<100>の方位比率については、EBSD法で観察面（すなわち、ワイヤ軸に垂直方向の芯材断面）の結晶方位を観察した上で算出した。EBSD測定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）を利用した。ワイヤ軸に垂直方向の芯材断面における平均結晶粒径については、EBSD法で観察面の結晶方位を観察した上で算出した。EBSD測定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）を利用した。結晶粒径は、測定領域内に含まれる結晶粒の相当直径（結晶粒の面積に相当する円の直径；円相当直径）を算術平均したものである。

[0061] 0.2%耐力と最大耐力については、標点間距離を100mmとして引張試験を行うことにより評価した。引張試験装置としては、インストロン社製万能材料試験機5542型を使用した。0.2%耐力は装置に装備された専用のソフトを用いて算出した。また、破断した時の荷重を最大耐力とした。下記（1）式から耐力比を算出した。

$$\text{耐力比} = \text{最大耐力} / 0.2\% \text{耐力} \quad (1)$$

[0062] ワイヤ接合部におけるウェッジ接合性の評価は、BGA基板のウェッジ接合部に1000本のボンディングを行い、接合部の剥離の発生頻度によって判定した。使用したBGA基板はNiおよびAuのめっきを施したものである。本評価では、通常よりも厳しい接合条件を想定して、ステージ温度を一般的な設定温度域よりも低い150℃に設定した。上記の評価において、不良が11個以上発生した場合には問題があると判断し×印、不良が6～10個であれば実用可能であるがやや問題有りとして△印、不良が1～5個の場合は問題ないと判断し○印、不良が発生しなかった場合には優れていると判断し◎印とし、表1の「ウェッジ接合性」の欄に表記した。

[0063] 高温高湿環境又は高温環境でのボール接合部の接合信頼性は、接合信頼性評価用のサンプルを作製し、HTS評価を行い、ボール接合部の接合寿命によって判定した。接合信頼性評価用のサンプルは、一般的な金属フレーム上

のS i 基板に厚さ0.8  $\mu$ mのA l - 1.0% S i - 0.5% C uの合金を成膜して形成した電極に、市販のワイヤーボンダーを用いてボール接合を行い、市販のエポキシ樹脂によって封止して作製した。ボールはN<sub>2</sub> + 5% H<sub>2</sub>ガスを流量0.4 ~ 0.6 L / m i nで流しながら形成させ、その大きさは $\phi$ 33 ~ 34  $\mu$ mの範囲とした。

[0064] H T S評価については、作製した接合信頼性評価用のサンプルを、高温恒温器を使用し、温度200℃の高温環境に暴露した。ボール接合部の接合寿命は500時間毎にボール接合部のシエア試験を実施し、シエア強度の値が初期に得られたシエア強度の1 / 2となる時間とした。高温高湿試験後のシエア試験は、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。

[0065] H T S評価のシエア試験機はD A G E社製の試験機を用いた。シエ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、接合寿命が500時間以上1000時間未満であれば実用可能であるが改善の要望ありと判断し△印、1000時間以上3000時間未満であれば実用上問題ないと判断し○印、3000時間以上であれば特に優れていると判断し◎印とした。

[0066] ボール形成性（F A B形状）の評価は、接合を行う前のボールを採取して観察し、ボール表面の気泡の有無、本来真球であるボールの変形の有無を判定した。上記のいずれかが発生した場合は不良と判断した。ボールの形成は溶融工程での酸化を抑制するために、N<sub>2</sub>ガスを流量0.5 L / m i nで吹き付けながら行った。ボールの大きさは34  $\mu$ mとした。1条件に対して50個のボールを観察した。観察にはS E Mを用いた。ボール形成性の評価において、不良が5個以上発生した場合には問題があると判断し×印、不良が3 ~ 4個であれば実用可能であるがやや問題有りとして△印、不良が1 ~ 2個の場合は問題ないと判断し○印、不良が発生しなかった場合には優れていると判断し◎印とし、表1の「F A B形状」の欄に表記した。

[0067] 温度が130℃、相対湿度が85%の高温高湿環境下でのボール接合部の

接合寿命については、以下のH A S T評価で評価することができる。H A S T評価については、作製した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、5Vのバイアスをかけた。ボール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。高温高湿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。

[0068] H A S T評価のシェア試験機はD A G E社製の試験機を用いた。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、接合寿命が144時間以上288時間未満であれば実用上問題ないと判断し○印、288時間以上384時間未満であれば優れていると判断し◎印、384時間以上であれば特に優れていると判断し◎◎印とし、表1の「H A S T」の欄に表記した。

[0069] ボール接合部のつぶれ形状の評価は、ボンディングを行ったボール接合部を直上から観察して、その真円性によって判定した。接合相手はS i基板上に厚さ1.0μmのAl-0.5%Cuの合金を成膜した電極を用いた。観察は光学顕微鏡を用い、1条件に対して200箇所を観察した。真円からのずれが大きい楕円状であるもの、変形に異方性を有するものはボール接合部のつぶれ形状が不良であると判断した。上記の評価において、不良が1~3個の場合は問題ないと判断し○印、全て良好な真円性が得られた場合は、特に優れていると判断し◎印とし、表1の「つぶれ形状」の欄に表記した。

[0070]

[表1]

| No. | ワイヤ成分(質量%) |     |      |      |     |      | AuとPdを含む合金表皮層の膜厚(μm) | 結晶組織                |            | 機械的特性 |                       |                       |        | ワイヤ品質   |       |       |       |
|-----|------------|-----|------|------|-----|------|----------------------|---------------------|------------|-------|-----------------------|-----------------------|--------|---------|-------|-------|-------|
|     | Ni         | Zn  | Rh   | In   | Ir  | Pt   | Pd被覆層の膜厚(μm)         | ワイヤC断面の面積<100>比率(%) | 平均結晶粒径(μm) | 最大耐力① | 0.2%耐力②               |                       | 耐力比①/② | ウェッジ接合性 | HTS形状 | FAB形状 | つぶれ形状 |
|     |            |     |      |      |     |      |                      |                     |            |       | (mN/μm <sup>2</sup> ) | (mN/μm <sup>2</sup> ) |        |         |       |       |       |
| 1   | 0.7        |     |      |      |     |      | 0.015                | 92                  | 1.1        | 0.19  | 0.16                  | 1.19                  | —      | ◎       | ◎     | ◎     | ◎     |
| 2   |            | 1.2 |      |      |     |      | 0.050                | 72                  | 0.9        | 0.22  | 0.17                  | 1.29                  |        | ◎       | ◎     | ◎     | ◎     |
| 3   |            |     | 1.0  |      |     |      | 0.100                | 71                  | 1.0        | 0.24  | 0.16                  | 1.50                  |        | ◎       | ◎     | ◎     | ◎     |
| 4   |            |     |      | 0.5  |     |      | 0.150                | 72                  | 1.1        | 0.29  | 0.24                  | 1.21                  |        | ◎       | ◎     | ◎     | ◎     |
| 5   |            |     |      |      | 0.1 |      | 0.015                | 75                  | 1.2        | 0.30  | 0.22                  | 1.36                  |        | ◎       | ◎     | ◎     | ◎     |
| 6   |            |     |      |      |     | 0.03 | 0.050                | 63                  | 1.3        | 0.31  | 0.20                  | 1.55                  |        | ◎       | ◎     | ◎     | ◎     |
| 7   | 1.1        |     |      | 0.3  |     |      | 0.100                | 75                  | 1.0        | 0.33  | 0.28                  | 1.18                  |        | ◎       | ◎     | ◎     | ◎     |
| 8   |            | 1.2 |      |      | 0.8 |      | 0.150                | 65                  | 0.9        | 0.34  | 0.27                  | 1.26                  |        | ◎       | ◎     | ◎     | ◎     |
| 9   |            |     | 0.7  |      |     | 0.1  | 0.015                | 51                  | 1.2        | 0.35  | 0.22                  | 1.59                  |        | ◎       | ◎     | ◎     | ◎     |
| 10  | 0.6        |     | 0.1  | 0.05 |     |      | 0.100                | 97                  | 1.2        | 0.33  | 0.30                  | 1.10                  |        | ◎       | ◎     | ◎     | ◎     |
| 11  |            | 0.8 |      | 0.8  | 0.3 |      | 0.150                | 80                  | 1.1        | 0.34  | 0.28                  | 1.21                  |        | ◎       | ◎     | ◎     | ◎     |
| 12  | 0.05       |     | 0.05 |      |     | 0.05 | 0.015                | 70                  | 1.2        | 0.35  | 0.22                  | 1.59                  |        | ◎       | ◎     | ◎     | ◎     |
| 13  |            | 1.0 |      |      | 0.1 | 0.3  | 0.015                | 54                  | 1.0        | 0.35  | 0.23                  | 1.52                  |        | ◎       | ◎     | ◎     | ◎     |
| 14  | 0.5        |     |      |      |     |      | 0.015                | 91                  | 1.1        | 0.20  | 0.18                  | 1.11                  |        | ◎       | ◎     | ◎     | ◎     |
| 15  |            | 1.2 |      |      |     |      | 0.050                | 70                  | 0.9        | 0.21  | 0.17                  | 1.24                  |        | ◎       | ◎     | ◎     | ◎     |
| 16  |            |     | 0.7  |      |     |      | 0.100                | 69                  | 1.1        | 0.22  | 0.15                  | 1.47                  |        | ◎       | ◎     | ◎     | ◎     |
| 17  |            |     |      | 0.3  |     |      | 0.150                | 70                  | 1.2        | 0.28  | 0.24                  | 1.17                  |        | ◎       | ◎     | ◎     | ◎     |
| 18  |            |     |      |      | 0.1 |      | 0.015                | 76                  | 1.2        | 0.29  | 0.22                  | 1.32                  |        | ◎       | ◎     | ◎     | ◎     |
| 19  |            |     |      |      |     | 0.05 | 0.050                | 64                  | 1.3        | 0.30  | 0.19                  | 1.58                  |        | ◎       | ◎     | ◎     | ◎     |
| 20  | 0.5        |     |      | 0.3  |     |      | 0.100                | 74                  | 1.1        | 0.33  | 0.28                  | 1.18                  |        | ◎       | ◎     | ◎     | ◎     |
| 21  |            | 1.2 |      |      | 0.1 |      | 0.150                | 64                  | 1.2        | 0.34  | 0.26                  | 1.31                  |        | ◎       | ◎     | ◎     | ◎     |
| 22  |            |     | 0.7  |      |     | 0.01 | 0.015                | 50                  | 1.1        | 0.35  | 0.23                  | 1.52                  |        | ◎       | ◎     | ◎     | ◎     |
| 23  | 0.6        |     | 0.1  | 0.05 |     |      | 0.050                | 98                  | 1.0        | 0.30  | 0.20                  | 1.50                  |        | ◎       | ◎     | ◎     | ◎     |
| 24  |            | 0.8 |      | 0.8  | 0.3 |      | 0.100                | 85                  | 0.9        | 0.33  | 0.29                  | 1.14                  |        | ◎       | ◎     | ◎     | ◎     |
| 25  | 0.05       |     | 0.05 |      |     | 0.05 | 0.150                | 74                  | 1.3        | 0.34  | 0.25                  | 1.36                  |        | ◎       | ◎     | ◎     | ◎     |
| 26  |            | 1.0 |      |      | 0.1 | 0.3  | 0.015                | 51                  | 0.9        | 0.35  | 0.25                  | 1.40                  |        | ◎       | ◎     | ◎     | ◎     |

本発明例

[表2]

| No. | ワイヤ成分(質量%) |     |      |      |     |      | Pd被覆層の膜厚(μm) | AuとPdを含む合金表皮層の膜厚(μm) | 結晶組織 |                   | 機械的特性      |       |         | ワイヤ品質 |        |         |       |       |      |       |
|-----|------------|-----|------|------|-----|------|--------------|----------------------|------|-------------------|------------|-------|---------|-------|--------|---------|-------|-------|------|-------|
|     | Ni         | Zn  | Rh   | In   | Ir  | Pt   |              |                      | 総計   | ワイヤ切断面の<100>比率(%) | 平均結晶粒径(μm) | 最大耐力① | 0.2%耐力② |       | 耐力比①/② | ウェッジ接合性 | HTS形状 | FAB形状 | HAST | つぶれ形状 |
|     |            |     |      |      |     |      |              |                      |      |                   |            |       | ①       | ②     |        |         |       |       |      |       |
| 1   | 0.7        |     |      |      |     |      | 0.7          | 0.015                | -    | 50                | 0.8        | 0.20  | 0.12    | 1.09  | ×      | ◎       | ○     | ○     | ○    |       |
| 2   |            | 1.2 |      |      | 0.8 |      | 2.0          | 0.150                | -    | 49                | 1.5        | 0.29  | 0.16    | 1.81  | ×      | ◎       | ○     | ○     | ○    |       |
| 3   | 0.6        |     | 0.1  | 0.05 |     |      | 0.75         | 0.100                | -    | 51                | 0.7        | 0.34  | 0.19    | 1.08  | ×      | ◎       | ◎     | ○     | ○    |       |
| 4   |            |     |      |      |     | 0.03 | 0.03         | 0.050                | -    | 45                | 0.9        | 0.21  | 0.12    | 1.75  | ×      | ◎       | ◎     | ○     | ○    |       |
| 5   |            |     | 0.7  |      |     | 0.1  | 0.8          | 0.015                | -    | 40                | 1.1        | 0.30  | 0.17    | 1.76  | ×      | ◎       | ○     | ○     | ○    |       |
| 6   |            | 0.8 |      | 0.8  | 0.3 |      | 1.9          | 0.150                | -    | 30                | 1.3        | 0.35  | 0.19    | 1.84  | ×      | ◎       | ○     | ○     | ○    |       |
| 7   |            | 1.2 |      |      |     |      | 1.2          | 0.050                | -    | 41                | 1.0        | 0.21  | 0.12    | 1.75  | ×      | ◎       | ◎     | ○     | ○    |       |
| 8   | 1.1        |     |      | 0.3  |     |      | 1.4          | 0.100                |      | 45                | 1.4        | 0.30  | 0.18    | 1.67  | △      | ◎       | ◎     | ○     | ○    |       |
| 9   | 0.05       |     | 0.05 |      |     |      | 0.05         | 0.015                | -    | 48                | 1.6        | 0.34  | 0.20    | 1.70  | △      | ◎       | ○     | ○     | ○    |       |
| 比較例 |            |     |      |      |     |      |              |                      |      |                   |            |       |         |       |        |         |       |       |      |       |

[0072]

[表3]

| No. | ワイヤ成分(質量%) |     |      |      |     |      |      | AuとPdを含む合金表皮層の膜厚(μm)  | 結晶組織  |    | 機械的特性                 |                       |        | ワイヤ品質   |       |       |       |
|-----|------------|-----|------|------|-----|------|------|-----------------------|-------|----|-----------------------|-----------------------|--------|---------|-------|-------|-------|
|     | Ni         | Zn  | Rh   | In   | Ir  | Pt   | 総計   | その他                   |       |    | 最大耐力①                 | 0.2%耐力②               | 耐力比①/② | ウェッジ接合性 | FAB形状 | IIAST | つぶれ形状 |
|     |            |     |      |      |     |      |      |                       |       |    | (mN/μm <sup>2</sup> ) | (mN/μm <sup>2</sup> ) |        |         |       |       |       |
| 27  | 0.7        |     |      |      |     |      | 0.7  | Ga:0.007              | 0.100 | 88 | 0.22                  | 0.18                  | 1.22   | ◎       | ◎     | ◎     | ○     |
| 28  |            | 1.1 |      |      |     |      | 1.1  | Ge:0.008              | 0.050 | 75 | 0.25                  | 0.17                  | 1.47   | ◎       | ◎     | ◎     | ○     |
| 29  |            |     | 0.7  |      |     |      | 0.7  | As:0.003              | 0.050 | 72 | 0.30                  | 0.21                  | 1.43   | ◎       | ◎     | ◎     | ○     |
| 30  |            |     |      | 1.2  |     |      | 1.2  | Te:0.001              | 0.150 | 67 | 0.31                  | 0.24                  | 1.29   | ◎       | ○     | ◎     | ○     |
| 31  |            |     |      |      | 0.5 |      | 0.5  | Sn:0.0007             | 0.015 | 66 | 0.29                  | 0.22                  | 1.32   | ◎       | ○     | ◎     | ○     |
| 32  |            |     |      |      |     | 0.05 | 0.05 | Sb:0.0008             | 0.050 | 74 | 0.35                  | 0.29                  | 1.21   | ◎       | ◎     | ◎     | ○     |
| 33  | 1.0        |     |      |      |     |      | 1.0  | Bi:0.00008            | 0.100 | 80 | 0.31                  | 0.22                  | 1.41   | ◎       | ◎     | ◎     | ○     |
| 34  |            | 0.8 |      |      |     |      | 0.8  | Se:0.0001             | 0.100 | 92 | 0.27                  | 0.19                  | 1.42   | ◎       | ◎     | ◎     | ○     |
| 35  |            |     | 0.05 |      |     |      | 0.05 | Ga:0.003<br>Te:0.0008 | 0.100 | 72 | 0.30                  | 0.19                  | 1.58   | ○       | ◎     | ◎     | ○     |
| 36  |            |     |      | 0.08 |     |      | 0.08 | Ge:0.003<br>Sb:0.0007 | 0.150 | 55 | 0.33                  | 0.25                  | 1.32   | ◎       | ○     | ◎     | ○     |
| 37  |            |     |      |      | 0.1 |      | 0.1  | As:0.001<br>Se:0.001  | 0.150 | 82 | 0.32                  | 0.25                  | 1.28   | ◎       | ○     | ◎     | ○     |
| 38  | 0.08       |     |      |      |     |      | 0.08 | B:0.0008              | 0.050 | 74 | 0.34                  | 0.23                  | 1.48   | ◎       | ◎     | ○     | ◎     |
| 39  |            | 1.2 |      |      |     |      | 1.2  | P:0.004               | 0.050 | 77 | 0.29                  | 0.20                  | 1.45   | ◎       | ◎     | ○     | ◎     |
| 40  |            |     | 0.05 |      |     |      | 0.05 | Mg:0.005              | 0.100 | 91 | 0.33                  | 0.28                  | 1.18   | ◎       | ◎     | ○     | ◎     |
| 41  |            |     |      | 0.5  |     |      | 0.5  | Ca:0.003              | 0.015 | 68 | 0.23                  | 0.19                  | 1.21   | ◎       | ○     | ○     | ◎     |
| 42  |            |     |      |      | 0.1 |      | 0.1  | La:0.003              | 0.100 | 91 | 0.26                  | 0.21                  | 1.24   | ◎       | ◎     | ○     | ◎     |
| 43  |            |     |      |      |     | 0.05 | 0.05 | P:0.006<br>B:0.0008   | 0.050 | 68 | 0.29                  | 0.19                  | 1.53   | ○       | ◎     | ○     | ◎     |
| 45  | 0.6        |     |      |      |     |      | 0.6  | P:0.003<br>Ca:0.001   | 0.015 | 57 | 0.33                  | 0.24                  | 1.38   | ◎       | ○     | ○     | ◎     |

本発明例

[0073] (評価結果)

表1の本発明例1～26に係るボンディングワイヤは、Cu合金芯材と、Cu合金芯材の表面に形成されたPd被覆層とを有し、Pd被覆層の厚さが好適範囲である0.015～0.150μmの範囲にあり、FAB形状がい

ずれも良好であった。また、ボンディングワイヤがNi、Zn、Rh、In、Ir、Ptから選ばれる少なくとも1種以上の元素を含み、ワイヤ全体に対する前記元素の濃度が合計で0.03～2質量%であることから、HTS評価によるボール接合部高温信頼性が良好であることを確認した。

[0074] また、本発明例1～26については、伸線時の減面率を10%以上とし、伸線後の熱処理における熱処理温度を500℃以下と低い温度としているので、ボンディングワイヤのワイヤ軸に垂直方向の芯材断面に対して結晶方位を測定した結果において、ワイヤ長手方向の結晶方位のうち、ワイヤ長手方向に対して角度差が15度以下である結晶方位<100>の方位比率を50%以上とし、ボンディングワイヤのワイヤ軸に垂直方向の芯材断面における平均結晶粒径を0.9～1.3μmとすることができた。その結果、ワイヤ中にNi、Zn、Rh、In、Ir、Ptを含有しているにもかかわらず、耐力比(=最大耐力/0.2%耐力)はいずれも1.1～1.6の範囲内に入っている。そのため、ウェッジ接合性はいずれも良好な結果となった。

[0075] 一方、表2の比較例4～6は、熱処理温度を600℃以上と高い温度としたことから、ワイヤ長手方向の<100>方位比率が50%未満となった。また比較例2、7～9は、熱処理温度を620℃以上と高い温度としたことから、ワイヤ長手方向の<100>方位比率が50%未満となるとともに、芯材断面における平均結晶粒径が1.3μm超となった。そのため、比較例2、4～9のいずれも、耐力比が1.6を超え、ウェッジ接合性がいずれも不良であった。

[0076] また比較例1、3は、ダイスの減面率を10%未満としたことから、芯材断面における平均結晶粒径が0.9μm未満となり、耐力比が1.1未満となり、ウェッジ接合性がいずれも不良であった。

## 請求の範囲

- [請求項1] Cu合金芯材と、前記Cu合金芯材の表面に形成されたPd被覆層とを有する半導体装置用ボンディングワイヤにおいて、  
前記ボンディングワイヤがNi、Zn、Rh、In、Ir、Ptから選ばれる少なくとも1種以上の元素を含み、ワイヤ全体に対する前記元素の濃度が総計で0.03～2質量%であり、  
前記ボンディングワイヤのワイヤ軸に垂直方向の芯材断面に対して結晶方位を測定した結果において、ワイヤ長手方向の結晶方位のうち、ワイヤ長手方向に対して角度差が15度以下である結晶方位<100>の方位比率が50%以上であり、  
前記ボンディングワイヤのワイヤ軸に垂直方向の芯材断面における平均結晶粒径が、0.9～1.3μm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] 下記(1)式で定義する耐力比が1.1～1.6であることを特徴とする請求項1記載の半導体装置用ボンディングワイヤ。  
$$\text{耐力比} = \text{最大耐力} / 0.2\% \text{耐力} \quad (1)$$
- [請求項3] 前記Pd被覆層の厚さが0.015～0.150μmであることを特徴とする請求項1又は2記載の半導体装置用ボンディングワイヤ。
- [請求項4] 前記Pd被覆層上にさらにAuとPdを含む合金表皮層を有することを特徴とする請求項1～3のいずれか1項記載の半導体装置用ボンディングワイヤ。
- [請求項5] 前記AuとPdを含む合金表皮層の厚さが0.0005～0.050μmであることを特徴とする請求項4記載の半導体装置用ボンディングワイヤ。
- [請求項6] 前記ボンディングワイヤがGa、Ge、As、Te、Sn、Sb、Bi、Seから選ばれる少なくとも1種以上の元素を含み、ワイヤ全体に対する前記元素の濃度が合計で0.1～100質量ppmであり、  
Sn ≤ 10質量ppm、Sb ≤ 10質量ppm、Bi ≤ 1質量ppm

mであることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項記載の半導体装置用ボンディングワイヤ。

[請求項7] 前記ボンディングワイヤがさらにB、P、Mg、Ca、Laから選ばれる少なくとも1種以上の元素を含み、ワイヤ全体に対する前記元素の濃度がそれぞれ1～100質量ppmであることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項記載の半導体装置用ボンディングワイヤ。

[請求項8] 前記ボンディングワイヤの最表面にCuが存在することを特徴とする請求項1～7のいずれか1項記載の半導体装置用ボンディングワイヤ。

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/070861

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/60(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

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 2009-140942 A (Nippon Steel Materials Co., Ltd.),<br>25 June 2009 (25.06.2009),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none)        | 1-8                   |
| A         | JP 2012-36490 A (Tanaka Denshi Kogyo Kabushiki Kaisha),<br>23 February 2012 (23.02.2012),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none) | 1-8                   |
| A         | JP 2012-89685 A (Hitachi Cable, Ltd.),<br>10 May 2012 (10.05.2012),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none)                       | 1-8                   |

☐ 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  
05 October 2015 (05.10.15)

Date of mailing of the international search report  
13 October 2015 (13.10.15)

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（I P C））

Int.Cl. H01L21/60(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（I P C））

Int.Cl. 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   | 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1 9 7 1 - 2 0 1 5 年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1 9 9 6 - 2 0 1 5 年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1 9 9 4 - 2 0 1 5 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<br>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<br>請求項の番号 |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| A               | J P 2 0 0 9 - 1 4 0 9 4 2 A （新日鉄マテリアルズ株式会社）2 0 0 9 . 0 6 . 2 5、全文全図（ファミリーなし） | 1 - 8          |
| A               | J P 2 0 1 2 - 3 6 4 9 0 A （田中電子工業株式会社）2 0 1 2 . 0 2 . 2 3、全文全図（ファミリーなし）      | 1 - 8          |
| A               | J P 2 0 1 2 - 8 9 6 8 5 A （日立電線株式会社）2 0 1 2 . 0 5 . 1 0、全文全図（ファミリーなし）        | 1 - 8          |

☐ 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  
「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

0 5 . 1 0 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

1 3 . 1 0 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）  
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5  
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

5 O

9 2 7 4

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 5 9