

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第5912008号
(P5912008)

(45) 発行日 平成28年4月27日(2016.4.27)

(24) 登録日 平成28年4月8日(2016.4.8)

(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 8 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2015-552702 (P2015-552702)	(73) 特許権者	595179228 日鉄住金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) (22) 出願日	平成27年7月22日(2015.7.22)	(73) 特許権者	306032316 新日鉄住金マテリアルズ株式会社 東京都中央区銀座七丁目16番3号
(86) 国際出願番号	PCT/JP2015/070861	(74) 代理人	100089118 弁理士 酒井 宏明
審査請求日	平成27年10月23日(2015.10.23)	(72) 発明者	山田 隆 埼玉県入間市大字狭山ヶ原158-1 日 鉄住金マイクロメタル株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2015-120509 (P2015-120509)	(72) 発明者	小田 大造 埼玉県入間市大字狭山ヶ原158-1 日 鉄住金マイクロメタル株式会社内
(32) 優先日	平成27年6月15日(2015.6.15)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
早期審査対象出願			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置用ボンディングワイヤ

(57) 【特許請求の範囲】

【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質量%以上2質量%以下であり、

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、ワイヤ軸方向の結晶方位のうち、ワイヤ軸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、0.9μm以上1.3μm以下であることを特徴とする半導体装置用ボンディングワイヤ。

【請求項2】

下記(1)式で定義する耐力比が1.1以上1.6以下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。

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

【請求項3】

前記Pd被覆層の厚さが0.015μm以上0.150μm以下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】

10

20

前記 P d 被覆層上にさらに A u と P d 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 A u と P d を含む合金表皮層の厚さが $0.0005 \mu\text{m}$ 以上 $0.050 \mu\text{m}$ 以下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 G a、G e、A s、T e、S n、S b、B i、S e 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 質量 p p m 以上 100 質量 p p m 以下であり、S n 10 質量 p p m、S b 10 質量 p p m、B i 1 質量 p p 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。

10

【請求項 7】

前記ボンディングワイヤがさらに B、P、M g、C a、L a 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 質量 p p m 以上 100 質量 p p m 以下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 C u 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。

【発明の詳細な説明】

20

【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 $15 \sim 50 \mu\text{m}$ 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（F A B : Free Air Ball）を形成した後、 $150 \sim 300$ 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 S i 基板上に A l 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 A g めっきや P d めっきを施した電極構造等が用いられる。

30

【0003】

これまでボンディングワイヤの材料は A u が主流であったが、L S I 用途を中心に C u 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 A u から C u への代替に対するニーズが高まっている。

40

【0004】

C u ボンディングワイヤについては、高純度 C u（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）。C u は A u 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。C u ボンディングワイヤの表面酸化を防ぐ方法として、C u 芯材の表面を A u、A g、P t、P d、N i、C o、C r、T i 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、C u 芯材の表面に P d を被覆し、その表面を A u、A g、C u 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）。

50

【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。

10

【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（Cu₂S）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。

20

【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、ボール接合部のシェア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。

30

【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。

40

【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

50

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、Sn 10質量ppm、Sb 10質量ppm、Bi 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

10

20

30

40

50

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_2S ）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。

10

【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】

20

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。

30

【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 μm以上1.3 μm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

40

50

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 $\langle 100 \rangle$ 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】

$\langle 100 \rangle$ 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 μm 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 μm 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。

10

【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。

20

【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 μm 以上、より好ましくは0.02 μm 以上、さらに好ましくは0.025 μm 以上、0.03 μm 以上、0.035 μm 以上、0.04 μm 以上、0.045 μm 以上、又は0.05 μm 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 μm 以下、より好ましくは0.140 μm 以下、0.130 μm 以下、0.120 μm 以下、0.110 μm 以下、又は0.100 μm 以下である。

30

【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 μm 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。

40

【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。

50

【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。

10

【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 μ m以上、より好ましくは0.001 μ m以上、0.002 μ m以上、又は0.003 μ 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 μ m以下、より好ましくは0.045 μ m以下、0.040 μ m以下、0.035 μ m以下、又は0.030 μ 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。

20

【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、Sn 10質量ppm、Sb 10質量ppm、Bi 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 10質量ppm、Sb 10質量ppm、Bi 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。

30

40

【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

50

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Cu₉Al₄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Cu₉Al₄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。

10

【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。

20

【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。

30

【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。

40

【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O₂、H₂等のガスの混入を防ぐために、真空雰囲気あるいはArやN₂等の不活性雰囲気中で溶解を行うことが好ましい。

【0037】

50

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、溶融法等がある。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。

10

【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具体例として、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。

20

【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O₂の混入を防ぐために、真空雰囲気あるいはArやN₂等の不活性雰囲気中で熱処理を行うことが好ましい。

30

【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を含む表皮合金層中を粒界拡散、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。

40

【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】

50

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 10質量ppm、Sb 10質量ppm、Bi 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

10

20

30

40

50

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 μm とするための製造方法について説明する。

10

【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 μm 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 μm 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。

20

【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 μm 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。

30

【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。

40

【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】

50

【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99.9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。

10

【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0.3~1.4mm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20~150m/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 μ 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 μ 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、更には途中で1乃至3回の熱処理を200~500で行うことによって直径20 μ 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、N₂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10~90m/分、熱処理温度は350~500で熱処理時間は1~10秒とした。

20

【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。

30

【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。

40

【0061】

50

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。

10

【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Si基板に厚さ0.8μmのAl-1.0%Si-0.5%Cu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N₂+5%H₂ガスを流量0.4~0.6L/minで流しながら形成させ、その大きさは33~34μmの範囲とした。

20

【0064】

HTS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】

HTS評価のシエア試験機はDAGE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。

30

【0066】

ボール形成性(FAB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、N₂ガスを流量0.5L/minで吹き付けながら行った。ボールの大きさは34μm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SEM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「FAB形状」の欄に表記した。

40

【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HAST評価で評価することができる。HAST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エア試験を実施し、シエア強度の値が初

50

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。

【0068】

HAST評価のシエア試験機はDAGE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「HAST」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Si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%)						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			ワイヤC断面の<100>比率(%)	平均結晶粒径(μm)	最大耐力①(mN/μm ²)	0.2%耐力②(mN/μm 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	0.7						0.7	0.015	-	92	1.1	0.19	0.16	1.19	◎	◎	◎	◎
2		1.2					1.2	0.050	-	72	0.9	0.22	0.17	1.29	◎	◎	◎	◎
3			1.0				1.0	0.100	-	71	1.0	0.24	0.16	1.50	○	◎	◎	◎
4				0.5			0.5	0.150	-	72	1.1	0.29	0.24	1.21	◎	◎	◎	◎
5					0.1		0.1	0.015	-	75	1.2	0.30	0.22	1.36	◎	◎	◎	◎
6						0.03	0.03	0.050	-	63	1.3	0.31	0.20	1.55	○	◎	◎	◎
7	1.1			0.3			1.4	0.100	-	75	1.0	0.33	0.28	1.18	◎	◎	◎	◎
8		1.2			0.8		2.0	0.150	-	65	0.9	0.34	0.27	1.26	◎	◎	◎	◎
9			0.7			0.1	0.8	0.015	-	51	1.2	0.35	0.22	1.59	○	◎	◎	◎
10	0.6		0.1	0.05			0.75	0.100	-	97	1.2	0.33	0.30	1.10	◎	◎	◎	◎
11		0.8		0.8	0.3		1.9	0.150	-	80	1.1	0.34	0.28	1.21	◎	◎	◎	◎
12	0.05		0.05			0.05	0.15	0.015	-	70	1.2	0.35	0.22	1.59	○	◎	◎	◎
13		1.0			0.1	0.3	1.4	0.015	-	54	1.0	0.35	0.23	1.52	◎	◎	◎	◎
14	0.5						0.5	0.015	0.0005	91	1.1	0.20	0.18	1.11	◎	◎	◎	◎
15		1.2					1.2	0.050	0.0010	70	0.9	0.21	0.17	1.24	◎	◎	◎	◎
16			0.7				0.7	0.100	0.0100	69	1.1	0.22	0.15	1.47	◎	◎	◎	◎
17				0.3			0.3	0.150	0.0500	70	1.2	0.28	0.24	1.17	◎	◎	◎	◎
18					0.1		0.1	0.015	0.0005	76	1.2	0.29	0.22	1.32	◎	◎	◎	◎
19						0.05	0.05	0.050	0.0010	64	1.3	0.30	0.19	1.58	◎	◎	◎	◎
20	0.5			0.3			0.8	0.100	0.0100	74	1.1	0.33	0.28	1.18	◎	◎	◎	◎
21		1.2			0.1		1.3	0.150	0.0500	64	1.2	0.34	0.26	1.31	◎	◎	◎	◎
22			0.7			0.01	0.71	0.015	0.0005	50	1.1	0.35	0.23	1.52	○	◎	◎	◎
23	0.6		0.1	0.05			0.75	0.050	0.0010	98	1.0	0.30	0.20	1.50	◎	◎	◎	◎
24		0.8		0.8	0.3		1.9	0.100	0.0100	85	0.9	0.33	0.29	1.14	◎	◎	◎	◎
25	0.05		0.05			0.05	0.15	0.150	0.0500	74	1.3	0.34	0.25	1.36	◎	◎	◎	◎
26		1.0			0.1	0.3	1.4	0.015	0.0100	51	0.9	0.35	0.25	1.40	◎	◎	◎	◎

本 発 明 例

【 0 0 7 1 】

【表 2】

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

【 0 0 7 2 】

10

20

30

40

【表 3】

No.	ワイヤ成分(質量%)							Pd被覆層の厚さ(μm)	AuとPdを合金化した層の厚さ(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	ワイヤC断面の<100>比率(%)	平均結晶粒径(μm)	最大耐力①(mN/μm ²)	0.2%耐力②(mN/μm ²)	耐力比①/②	ウェッジ接合性	HTS形状	FAB形状	HAST
27	0.7						0.7	Ga:0.007	0.100		88	0.9	0.22	0.18	1.22	◎	◎	◎	◎
28		1.1					1.1	Ge:0.008	0.050		75	1.0	0.25	0.17	1.47	◎	◎	◎	◎
29			0.7				0.7	As:0.003	0.050		72	1.0	0.30	0.21	1.43	◎	◎	◎	◎
30				1.2			1.2	Te:0.001	0.150		67	1.2	0.31	0.24	1.29	◎	◎	◎	◎
31					0.5		0.5	Sn:0.0007	0.015		66	1.0	0.29	0.22	1.32	◎	◎	◎	◎
32						0.05	0.05	Sb:0.0008	0.050		74	1.1	0.35	0.29	1.21	◎	◎	◎	◎
33	1.0						1.0	Bi:0.0008	0.100		80	1.1	0.31	0.22	1.41	◎	◎	◎	◎
34		0.8					0.8	Se:0.0001	0.100		92	0.9	0.27	0.19	1.42	◎	◎	◎	◎
35							0.05	Ga:0.003 Te:0.0008	0.100		72	1.2	0.30	0.19	1.58	○	◎	◎	◎
36							0.08	Ge:0.003 Sb:0.0007	0.150	0.0050	55	1.3	0.33	0.25	1.32	◎	◎	◎	◎
37							0.1	As:0.001 Se:0.001	0.150	0.0100	82	1.1	0.32	0.25	1.28	◎	◎	◎	◎
38	0.08						0.08	B:0.0008	0.050		74	1.1	0.34	0.23	1.48	◎	◎	◎	◎
39		1.2					1.2	P:0.004	0.050		77	1.2	0.29	0.20	1.45	◎	◎	◎	◎
40							0.05	Mg:0.005	0.100		91	1.0	0.33	0.28	1.18	◎	◎	◎	◎
41							0.5	Ca:0.003	0.015		68	1.0	0.23	0.19	1.21	◎	◎	◎	◎
42							0.1	La:0.003	0.100	0.0100	91	0.9	0.26	0.21	1.24	◎	◎	◎	◎
43							0.05	P:0.006 B:0.0008	0.050	0.0050	68	1.1	0.29	0.19	1.53	○	◎	◎	◎
45	0.6						0.6	P:0.003 Ca:0.001	0.015	0.0100	57	1.3	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。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 4 】

また、本発明例 1 ~ 2 6 については、伸線時の減面率を 1 0 % 以上とし、伸線後の熱処理における熱処理温度を 5 0 0 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 1 5 度以下である結晶方位 < 1 0 0 > の方位比率を 5 0 % 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。

10

【 0 0 7 5 】

一方、表 2 の比較例 4 ~ 6 は、熱処理温度を 6 0 0 以上と高い温度としたことから、ワイヤ長手方向の < 1 0 0 > 方位比率が 5 0 % 未満となった。また比較例 2、7 ~ 9 は、熱処理温度を 6 2 0 以上と高い温度としたことから、ワイヤ長手方向の < 1 0 0 > 方位比率が 5 0 % 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 . 3 μm 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。

【 0 0 7 6 】

また比較例 1、3 は、ダイスの減面率を 1 0 % 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 . 9 μm 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。

20

【 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、1 7 5 ~ 2 0 0 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 . 0 3 ~ 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 1 5 度以下である結晶方位 < 1 0 0 > の方位比率を 5 0 % 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。

30

フロントページの続き

- (72)発明者 榛原 照男
埼玉県入間市大字狭山ヶ原158-1 日鉄住金マイクロメタル株式会社内
- (72)発明者 大石 良
埼玉県入間市大字狭山ヶ原158-1 日鉄住金マイクロメタル株式会社内
- (72)発明者 齋藤 和之
埼玉県入間市大字狭山ヶ原158-1 日鉄住金マイクロメタル株式会社内
- (72)発明者 宇野 智裕
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内

審査官 工藤 一光

- (56)参考文献 特開2009-140942(JP,A)
特開2012-36490(JP,A)
特開2012-89685(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L21/60-21/607