

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6400155号
(P6400155)

(45) 発行日 平成30年10月3日(2018.10.3)

(24) 登録日 平成30年9月14日(2018.9.14)

(51) Int.Cl.	F I					
H O 1 L 21/60 (2006.01)	H O 1 L 21/60	3 O 1 F				
C 2 2 C 5/06 (2006.01)	C 2 2 C 5/06	Z				
C 2 2 F 1/14 (2006.01)	C 2 2 F 1/14					
C 2 2 F 1/00 (2006.01)	C 2 2 F 1/00	6 O 4				
C 2 2 F 1/02 (2006.01)	C 2 2 F 1/00	6 O 6				
			請求項の数 5 (全 19 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号	特願2017-137384 (P2017-137384)	(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 1 5 8 番地 1
(22) 出願日	平成29年7月13日(2017.7.13)		
(62) 分割の表示	特願2017-502733 (P2017-502733) の分割	(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 1 6 番 3 号
原出願日	平成28年9月23日(2016.9.23)	(74) 代理人	100099759 弁理士 青木 篤
(65) 公開番号	特開2017-212457 (P2017-212457A)	(74) 代理人	100077517 弁理士 石田 敬
(43) 公開日	平成29年11月30日(2017.11.30)	(74) 代理人	100087413 弁理士 古賀 哲次
審査請求日	平成29年9月6日(2017.9.6)	(74) 代理人	100113918 弁理士 亀松 宏
(31) 優先権主張番号	特願2016-90613 (P2016-90613)		
(32) 優先日	平成28年4月28日(2016.4.28)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

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】

P を 0 . 0 3 1 原子% 以上 0 . 0 4 5 原子% 以下、または B e , B , C a , Y , L a , C e の 1 種 以上 および P を 総 計 で 0 . 0 3 1 原子% 以上 0 . 0 4 5 原子% 以下 含 み、さ ら に I n , G a , C d の 1 種 以上 を 総 計 で 0 . 0 5 原子% 以上 5 . 0 0 原子% 以下 含 み、残 部 が A g および 不 可 避 不 純 物 か ら な 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】

さ ら に N i , C u , R h , P d , P t , A u の 1 種 以上 を 総 計 で 0 . 0 1 原子% 以上 5 . 0 0 原子% 以下 含 む こ と を 特 徴 と す る 請 求 項 1 に 記 載 の 半 導 体 装 置 用 ボ ン デ ィ ン グ ワ イ ヤ 。

【請求項 3】

ワ イ ヤ 軸 に 垂 直 な 断 面 に お け る 平 均 結 晶 粒 径 が 0 . 2 μ m 以上 3 . 5 μ m 以下 で あ る こ と を 特 徴 と す る 請 求 項 1 ま た は 2 に 記 載 の 半 導 体 装 置 用 ボ ン デ ィ ン グ ワ イ ヤ 。

【請求項 4】

前 記 ボ ン デ ィ ン グ ワ イ ヤ の ワ イ ヤ 軸 を 含 む ワ イ ヤ 軸 に 平 行 な 断 面 に お け る ワ イ ヤ 軸 方 向 の 結 晶 方 位 を 測 定 し た 結 果、前 記 ボ ン デ ィ ン グ ワ イ ヤ の ワ イ ヤ 軸 方 向 に 対 し て 角 度 差 が 1 5 度 以下 で あ る < 1 0 0 > 結 晶 方 位 の 存 在 比 率 が、測 定 領 域 の 面 積 に 対 し て、ボ ン デ ィ ン グ ワ イ ヤ の ワ イ ヤ 軸 方 向 に 対 し て 角 度 差 が 1 5 度 以下 で あ る < 1 0 0 > 結 晶 方 位 を 有 す る 領 域 が 占 め る 面 積 の 比 率 で 3 0 % 以上 1 0 0 % 以下 で あ る こ と を 特 徴 と す る 請 求 項 1 ~ 3

のいずれか 1 項に記載の半導体装置用ボンディングワイヤ。

【請求項 5】

In, Ga, Cd の 1 種以上を総計で 2.00 原子% 以下含むことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の半導体装置用ボンディングワイヤ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体素子上の電極と外部リード等の回路配線基板の配線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ものである。

【背景技術】

10

【0002】

現在、半導体素子上の電極と外部リード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、または単にワイヤという場合がある。）として、線径 15 ~ 50 μm 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す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、以下のとおりである。まず、ワイヤ先端をアーク加熱で加熱溶解し、表面張力によりボールを形成した後に、150 ~ 300 の範囲内で加熱した半導体素子の電極上にこのボール部を圧着接合（以下、ボール接合という）する。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 を主体とする合金膜を成膜した電極構造、外部リード側の電極には Ag めっき、Pd めっきなどを施した電極構造が用いられることが多い。

20

【0003】

ボンディングワイヤには、優れたボール形成性、ボール接合性、ウェッジ接合性、ループ形成性などが要求される。これらの要求性能を総合的に満足するボンディングワイヤの材料として Au が主に用いられてきた。しかし、Au は高価であるため、材料費が安価な他種金属が所望されている。Au に代わる低コストのワイヤ素材として、Cu（銅）が検討されている。Au と比べて Cu は酸化されやすいことから、特許文献 1 では、芯材と被覆層（外周部）の 2 層ボンディングワイヤとして、芯材に Cu を、被覆層に Pd（パラジウム）を使用する例が示されている。

30

【0004】

Cu ワイヤあるいは Pd 被覆 Cu ワイヤは、接合後の硬度が高いため、より硬度の低い材料が要請されている。Au と同等以上の電気伝導性を有し、Cu よりも硬度が低い元素であって、さらに耐酸化性を有している元素として Ag（銀）があげられる。

【0005】

しかしながら、Ag を用いたボンディングワイヤ（以下、Ag ボンディングワイヤという）は、高密度実装において接合信頼性やループの安定性が低いという課題があった。接合信頼性評価は、実際の半導体デバイスの使用環境における接合部寿命を評価する目的で行われる。一般的に接合信頼性評価には高温放置試験、高温高湿試験が用いられる。Ag ボンディングワイヤは、Au を用いたボンディングワイヤ（以下、Au ボンディングワイヤという）に比べて、高温高湿試験におけるボール接合部の寿命が劣ることが課題であった。高密度実装では、小ボール接合が行われることから接合に寄与する面積が小さくなるため接合部の寿命を確保することがより一層困難となる。

40

【0006】

特許文献 2 には、Ag を主体とする Ag - Au - Pd 三元合金系ボンディングワイヤが開示されている。当該ボンディングワイヤは連続ダイス伸線前に焼鈍熱処理がされ、連続ダイス伸線後に調質熱処理がされ、窒素雰囲気中でボールボンディングされる。これにより、高温、高湿および高圧下の過酷な使用環境下で使用されても、アルミパッドとの接続信頼性を維持することができるとしている。

50

【0007】

高温高湿試験は温度が121、相対湿度が100%の条件で行うPCT (Pressure Cooker Test) と呼ばれる試験が一般的に用いられる。近年では、さらに厳しい評価方法として温度が130、相対湿度が85%の条件で行うHAST (Highly Accelerated temperature and humidity Stress Test) と呼ばれる試験が用いられることが多い。高密度実装用の半導体デバイスは、動作環境を想定した場合、HASTにおいて300時間以上経過後も正常に動作することが求められる。Agボンディングワイヤは、HASTにおいてボール接合部の寿命が問題となっていた。Agボンディングワイヤは、高温高湿環境に曝されることで、ボール接合部において剥離が発生し、電氣的な接続が失われて半導体デバイスの故障の原因となる。

10

【0008】

特許文献3には、In, Ga, Cdの1種以上を総計で0.05~5原子%含み、残部がAgおよび不可避不純物からなる半導体装置用ボンディングワイヤが開示されている。これにより、高密度実装に要求される接合信頼性を改善することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】再公表WO2002-23618公報

【特許文献2】特開2012-169374号公報

【特許文献3】特許第5839763号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

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

【0011】

30

高密度実装では、狭ピッチ化に対応するため通常よりも小さなボールを形成して接合(小ボール接合)することが多い。ボンディングワイヤは、小ボール接合の場合でもボール接合部の十分で安定した接合強度が要求される。また、ボール接合のためにボンディングワイヤ先端に形成するFAB (Free Air Ball) 形状が良好であることも要求される。

【0012】

多ピン・狭ピッチ化により、一つの半導体装置内にワイヤ長、ループ高さが異なるワイヤ接続が混載することが行われている。ループ高さが低い低ループを形成すると、ボンディング部のネックダメージが発生しやすくなる。また、狭ピッチ化すると、ボール直立部のリーニング不良が発生することがある。リーニング不良とは、ボール接合近傍のワイヤ直立部が倒れて、隣接ワイヤとの間隔が接近する現象である。低ループ特性やリーニング特性を改善するワイヤ材料が求められる。

40

【0013】

本発明は、Agを主成分とする半導体装置用ボンディングワイヤにおいて、高密度実装に要求される接合信頼性を確保すると同時に、ボール接合部の十分で安定した接合強度を実現し、低ループにおいてもネックダメージを発生させず、リーニング特性が良好であり、FAB形状が良好であ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】

【0014】

即ち、本発明の要旨とするところは以下のとおりである。

50

(1)

Be, B, P, Ca, Y, La, Ceの1種以上を総計で0.031原子%~0.180原子%含み、さらにIn, Ga, Cdの1種以上を総計で0.05原子%~5.00原子%含み、残部がAgおよび不可避不純物からな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)

さらにNi, Cu, Rh, Pd, Pt, Auの1種以上を総計で0.01原子%~5.00原子%含むことを特徴とする上記(1)に記載の半導体装置用ボンディングワイヤ。
ここで、Ni, Cu, Rh, Pd, Pt, Auは、前記Agの一部に代えて含まれる。

(3)

金属元素の原子数の総計に対するIn, Ga, Cdの原子数の総計の比を第2元素原子比率とすると、ワイヤ表面から深さ方向に0nm~1nmの領域(ワイヤ表層部)における第2元素原子比率が、ワイヤ表面から深さ方向に1nm~10nmの領域(ワイヤ表層下部)における第2元素原子比率の1.1倍以上であることを特徴とする上記(1)又は(2)に記載の半導体装置用ボンディングワイヤ。

(4)

金属元素の原子数の総計に対するIn, Ga, Cdの原子数の総計の比を第2元素原子比率とすると、ワイヤ表面から深さ方向に0~10nmの領域(ワイヤ表面部)における第2元素原子比率が、ワイヤ表面から深さ方向に20nm~30nmの領域(ワイヤ内部)における第2元素原子比率の2倍以上であることを特徴とする上記(1)~(3)のいずれか1つに記載の半導体装置用ボンディングワイヤ。

(5)

ワイヤ軸に垂直な断面における平均結晶粒径が0.2 μ m~3.5 μ mであることを特徴とする上記(1)~(4)のいずれか1つに記載の半導体装置用ボンディングワイヤ。

(6)

前記ボンディングワイヤのワイヤ軸を含むワイヤ軸に平行な断面におけるワイヤ軸方向の結晶方位を測定した結果、前記ボンディングワイヤのワイヤ軸方向に対して角度差が15度以下である<100>結晶方位の存在比率が、面積率で30%以上100%以下であることを特徴とする上記(1)~(5)のいずれか1つに記載の半導体装置用ボンディングワイヤ。

(7)

In, Ga, Cdの1種以上を総計で2.00原子%以下含むことを特徴とする(1)~(6)のいずれか1項に記載の半導体装置用ボンディングワイヤ。

【発明の効果】

【0015】

本発明の半導体装置用のAgボンディングワイヤは、Be, B, P, Ca, Y, La, Ceの1種以上を総計で0.031原子%~0.180原子%含み、さらにIn, Ga, Cdの1種以上を総計で0.05原子%~5.00原子%含むことにより、ボール部接合界面における金属間化合物層を十分に形成してボール接合部の接合強度を確保することができる。さらに、低ループにおいてもネックダメージを発生させず、リーニング特性が良好であり、FAB形状が良好である半導体装置用ボンディングワイヤとすることができる。

【発明を実施するための形態】

【0016】

本発明は、Be, B, P, Ca, Y, La, Ceの1種以上(以下「第1元素群」ともいう。)を総計で0.031原子%~0.180原子%含み、さらにIn, Ga, Cdの1種以上(以下「第2元素群」ともいう。)を総計で0.05原子%~5.00原子%含み、残部がAgおよび不可避不純物からなることを特徴とする半導体装置用ボンディングワイヤである。なお、本明細書において、成分の含有量(%)は、特に断りのない限り原子%を示す。

10

20

30

40

50

【0017】

《第1元素群(B e, B, P, C a, Y, L a, C e)》

A gボンディングワイヤをA l電極にボール接合したとき、アルミ電極とボール部との接合界面(以下「ボール部接合界面」という。)にはA g - A l金属間化合物が生成される。本発明において、ボール接合部の十分に安定した接合強度を実現するためには、ボール部接合界面に安定した金属間化合物層が形成されていることが必要である。しかし、従来のA gボンディングワイヤを用いた場合、ボール部接合界面の金属間化合物層の生成が不十分であった。

【0018】

そこで、ボンディングワイヤ中にB e, B, P, C a, Y, L a, C eの1種以上(第1元素群)を総計で0.031原子%以上含有することにより、ボール部接合界面における金属間化合物のカバー率を90%超とすることができることが分かった。その結果、ボール接合部の十分に安定した接合強度が得られる。第1元素群を0.031原子%以上0.180原子%以下の範囲で含有することにより、A gボンディングワイヤをA l電極にボール接合するに際し、初期接合時のA gとA lの親和性が高まり、ボール部接合界面におけるA g - A l金属間化合物生成を促進しているものと推定される。

第1元素群の元素が0.031原子%未満の場合は、A g - A l金属間化合物が十分に生成されず、十分なボール接合強度が得られない。一方、第1元素群の元素が0.180原子%を超えて含有すると、F A B形状が悪化する。

第1元素群の元素含有量の下限は、好ましくは0.060原子%、さらに好ましくは0.090原子%であるとよい。第1元素群の元素含有量の上限は、好ましくは0.180原子%、さらに好ましくは0.170原子%であるとよい。

【0019】

半導体装置のワイヤ接合において、ループ高さの低い低ループ接合を行うと、ネック部に損傷が発生しやすい。その結果、プル強度が低下する場合があった。第1元素群の元素を0.031原子%以上0.180原子%以下の範囲で含有することにより、低ループ接合においてもネック部の損傷を防止することができ、低ループ接合を安定して行うことも可能となる。ボンディングワイヤにおけるボール部付近の熱影響部(H A Z部)の結晶が微細化し、それによって低ループ接合におけるネック部の損傷が低減したものと推定される。

【0020】

また、ワイヤ接合を狭ピッチ化すると、ボール直立部のリーニング不良が発生することがある。特にA gボンディングワイヤは硬度が低いため、リーニング不良が発生しやすい。第1元素群の元素を0.031原子%以上0.180原子%以下の範囲で含有することにより、狭ピッチ化した場合でもリーニング不良の発生を防止することも可能となる。A gボンディングワイヤに第1元素群を含有することにより、ワイヤの破断強度が増大し、それによってリーニング不良が低減したものと推定される。

【0021】

さらに、第1元素群の元素を0.031原子%以上0.180原子%以下の範囲で含有することにより、F A B形状を改善し、F A Bの偏芯や異形F A Bの発生比率を低減することもできる。

【0022】

《第2元素群(I n, G a, C d)》

A gボンディングワイヤをA l電極にボール接合し、温度が130、相対湿度が85%の条件で高温高湿試験(H A S T試験)を行ったときに、ボール接合部のシェア強度が初期シェア強度の1/3になるまでの時間をボール接合部寿命として評価している。従来のI n, G a, C dを含有しないA gボンディングワイヤでは150時間未満のボール接合部寿命しか得られない。これに対し、本発明者らは、I n, G a, C dの1種以上(第2元素群)を総計で0.05原子%以上含有することにより、同じH A S T試験において300時間以上のボール接合部寿命を得ることができることを見出した。

10

20

30

40

50

【0023】

一方、第2元素群の元素を総計で5.00原子%超含有すると、ボンディング工程中のボール接合の際に応力が集中してチップダメージが発生し易くなる。そのため、In, Ga, Cdの1種以上(第2元素群)を総計で5.00原子%以下にするとよい。

第2元素群の元素含有量の下限は、好ましくは0.10原子%、さらに好ましくは0.50原子%であるとよい。第2元素群の元素含有量の上限は、好ましくは3.00原子%、さらに好ましくは2.00原子%であるとよい。

【0024】

《第3元素群(Ni, Cu, Rh, Pd, Pt, Au)》

本発明者らは、さらにNi, Cu, Rh, Pd, Pt, Auの1種以上(以下「第3元素群」ともいう。)を総計で0.01原子%~5.00原子%含むことでボンディングワイヤの使用壽命をさらに改善できることを見出した。In, Ga, Cdの1種以上(第2元素群)の元素と結合力が強い元素である第3元素群を複合添加することは、経時劣化に対して有効である。

10

【0025】

従来のボンディングワイヤは、時間の経過にともなって表面に硫黄原子が吸着し、ボール形成性などの性能が低下することがあった。ボンディングワイヤ表面の硫黄原子の吸着を抑制する(すなわち、耐硫化性を向上させること。)ためには、ボンディングワイヤ表面の活性を低下させる手法が有効である。例えば、ボンディングワイヤ表面のAg原子をAgに比べて硫黄との吸着能が低い元素で置換すれば良い。本発明に係るAgボンディングワイヤの表面にはIn, Ga, Cd(第2元素群)が存在することから、これらの元素と結合力の強い元素を添加することでより効率的に耐硫化性を向上させることができる。

20

【0026】

すなわち、本発明のAgボンディングワイヤは、Ni, Cu, Rh, Pd, Pt, Auの1種以上(第3元素群)を含むことで耐硫化性が向上し、ボンディングワイヤの使用壽命を改善できる。第3元素群元素の含有量が0.01原子%未満の場合は上記の効果が期待できない。第3元素群元素の含有量が5.00原子%超の場合は、ワイヤ表面へのアーク放電による入熱が不安定になり、真球性の高いボールが得られなくなるため実用に適さない。好ましくは、第3元素群元素の含有量が0.5原子%~3.00原子%であればより高い効果が得られる。これは、アーク放電による入熱のばらつきを、より抑制できるためである。

30

【0027】

ボンディングワイヤに含まれる元素の含有量分析には、ICP発光分光分析装置等を利用することができる。ボンディングワイヤの表面に酸素や炭素などの元素が吸着している場合には、解析を行う前に表面から2nmの領域をスパッタ等で削ってから含有量を測定しても良い。若しくは、ワイヤ表面を酸洗してから含有量を測定してもよい。

【0028】

《ワイヤ表面合金濃度勾配によるウェッジ接合性改善》

本発明のAgボンディングワイヤは、ボンディングワイヤ表面部(ボンディングワイヤの表面から深さ方向に0~10nmの領域)のIn, Ga, Cd(第2元素群)の原子数の総計が、その領域での金属元素の原子数の総計に対する比である第2元素原子比率が、ボンディングワイヤ内部(ボンディングワイヤ表面から深さ方向に20nm~30nmの領域)の第2元素原子比率の2倍以上であると好ましい。これによってウェッジ接合性を改善できる。この第2元素原子比率についてのボンディングワイヤ表面部と内部の比率の上限は特に限定されるものではないが、4倍であっても問題はない。すなわち、第2元素原子比率は、ある領域の金属元素の原子数の総計に対する、In, Ga, Cd(第2元素群)の原子数の総計の比として定義する。

40

第2元素原子比率 = (In, Ga, Cdの原子数の総計) / (金属元素の原子数の総計)

【0029】

ボンディングワイヤ表面からワイヤの中心軸(ワイヤ軸)に向かう半径方向(以下、深

50

さ方向という。)の含有量分析は、オージェ電子分光分析装置を用いることができる。まず、ボンディングワイヤの表面からスパッタ等で削りながら含有量測定を行い、深さ方向の含有量プロファイルを取得する。含有量プロファイルを取得する対象の元素は、例えばAgと第1～3元素群で添加した元素とすればよい。ワイヤ表面から深さ方向に対して0～10nmの領域、20～30nmの領域(以下、深さ0～10nm、深さ20～30nmなどという。)に分けて、各領域におけるそれぞれの元素の平均濃度を求め、各領域におけるそれぞれの元素の濃度とする。

【0030】

ウェッジ接合では、ボンディングワイヤを変形させて接合面積を確保するため、ボンディングワイヤの表面部が軟質であるほど接合面積の確保が容易になり、高い接合強度が得られる。したがって、ボンディングワイヤの内部に対して、ボンディングワイヤの表面部にAgよりも軟質な元素を濃化させる技術が有効である。ここで、ボンディングワイヤの内部をワイヤ表面から深さ20nm～30nmの領域(ワイヤ内部)、ボンディングワイヤの表面部をワイヤ表面から深さ0～10nmの領域(ワイヤ表面部)として、以下説明する。

10

【0031】

ボンディングワイヤ表面部の第2元素原子比率が、ボンディングワイヤ内部の第2元素原子比率の2倍以上であれば、ウェッジ接合部において高い接合強度が得られる。すなわち、深さ0～10nmの第2元素原子比率を X_{0-10nm} 、深さ20～30nmの第2元素原子比率を $X_{20-30nm}$ とすれば、 $X_{0-10nm} / X_{20-30nm} > 2$ が成立すれば、ウェッジ接合部において高い接合強度が得られる。 $X_{0-10nm} / X_{20-30nm} < 2$ の場合は、上記効果が期待できない。

20

【0032】

ボンディングワイヤの製造方法

ボンディングワイヤの製造方法について説明する。ボンディングワイヤは、ダイスを用いて連続的に伸線加工等を行う。この際、200～500の中間熱処理と伸線加工を繰返し行い最終線径に至るまで加工を行う。ここで、200～500の中間熱処理の回数を3回以上行うことで、ワイヤ表面部の第2元素原子比率を、ワイヤ内部の第2元素原子比率に対して、2倍以上に高くすることができる。好ましくは中間熱処理温度が1回目は200～330、2回目は250～400、3回目以降は350～500の範囲で行うことがより効果的である。これは上記の熱処理によって、添加した元素がボンディングワイヤの表面に拡散するからである。

30

【0033】

ワイヤ結晶粒径改善によるワイヤの繰出し性改善

本発明のAgボンディングワイヤはさらに、ワイヤ軸に垂直な断面における平均結晶粒径が0.2 μ m～3.5 μ mであると好ましい。これによってワイヤの繰出し性が改善できる。ここでワイヤ軸とは、ボンディングワイヤの断面中心を通り、長手方向に平行な軸(ワイヤ中心軸ともいう。)である。

【0034】

ワイヤ断面を露出させる方法は、例えば、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。平均結晶粒径を求める方法は、例えば後方散乱電子線回折法(EBSD: Electron Backscattered Diffraction)を用いることができる。EBSD法は隣り合う測定点間の結晶方位差を求めることで、結晶粒界を判定することができる。結晶粒界は方位差が15度以上のものを大傾角粒界と定義し、大傾角粒界に囲まれた領域を1つの結晶粒とした。結晶粒径は、専用の解析ソフト(例えば、TSLソリューションズ社製OIM analysis等)によって結晶粒の面積を算出し、その面積を円と仮定したときの直径とした。

40

【0035】

ボンディングワイヤを接合する際には、ボンディングワイヤをスプールと呼ばれる円柱状の治具に巻取った状態から少量ずつ繰り出して使用する。繰り出しを行うときにはボン

50

ディングワイヤにはワイヤ軸方向に張力がかかるため、ボンディングワイヤが変形して線径が細くなってしまふ恐れがある。このような現象を防ぐためには、ワイヤ軸と垂直方向に働くせん断応力に対する強度を確保する必要がある。せん断応力に対する強度を確保する方法としては、ワイヤ軸に垂直な断面における結晶粒径を小さくすることが有効である。

【0036】

本発明において、ボンディングワイヤのワイヤ軸に垂直な断面における平均結晶粒径が $0.2\mu\text{m} \sim 3.5\mu\text{m}$ であることで高い繰り出し性能が得られる。平均結晶粒径が $3.5\mu\text{m}$ 超では、引張応力によりワイヤが局部的に変形してしまうため、上記の効果が得られない。前記平均結晶粒径が $0.2\mu\text{m}$ 未満では、ボンディングワイヤが必要以上に硬質化してしまうためキャピラリとの接触部における摩耗が激しくなるため実用に適さない。好ましくは、前記平均結晶粒径が $0.4\mu\text{m} \sim 3.0\mu\text{m}$ であればより高い効果が得られる。 $0.5\mu\text{m} \sim 2.5\mu\text{m}$ であればさらに好ましい。

【0037】

前述のように、ダイスを用いて連続的に伸線加工等を行うに際し、 $200 \sim 500$ の中間熱処理と伸線加工を繰返し行うことによって最終線径に至るまで加工を行う。ここにおいて、中間熱処理を実施する線径を $50\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ 以上とすることで、ワイヤ軸に垂直な方向の断面における平均結晶粒径を $0.2\mu\text{m} \sim 3.5\mu\text{m}$ に制御できる。これは、再結晶時の結晶粒成長を制御できる効果によるものである。

【0038】

ワイヤ軸方向結晶方位とウェッジ接合性改善

ボンディングワイヤのワイヤ軸を含むワイヤ軸に平行な断面(ワイヤ中心断面)の結晶方位を測定したときの測定結果において、ボンディングワイヤのワイヤ軸方向に対して角度差が 15 度以下である $\langle 100 \rangle$ 結晶方位の存在比率(以下、 $\langle 100 \rangle$ 存在比率という。)が面積率で、 30% 以上 100% 以下であると好ましい。これによりウェッジ接合性をさらに改善できる。

【0039】

ウェッジ接合性に関しては、ボンディングワイヤのワイヤ中心断面において、 $\langle 100 \rangle$ 存在比率を増加させることで接合部の変形が促進でき、高い接合強度が得られる。上記効果を得るためには、 $\langle 100 \rangle$ 存在比率が 30% 以上を占めればよい。 $\langle 100 \rangle$ 存在比率が 30% 未満では、接合部の変形が不十分となり、ウェッジ接合部において高い接合強度が得られない。

【0040】

ボンディングワイヤの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の断面の結晶方位はEBSD法を用いて決定することができる。 $\langle 100 \rangle$ 存在比率は、EBSD等を用いた結晶方位の測定領域の面積に対して、ボンディングワイヤのワイヤ軸方向に対して角度差が 15 度以下である $\langle 100 \rangle$ 結晶方位を有する領域が占める面積の比率を算出することによって求めることができる。前記測定領域は、ワイヤ中心断面であって、ワイヤ軸方向長さが $100\mu\text{m}$ あればよい。

【0041】

ダイスを用いて連続的に伸線加工等を行うに際し、中間熱処理と伸線加工を繰返し行うことによって最終線径に至るまで加工を行う。ここにおいて、伸線時のワイヤ送り速度を $200\text{m}/\text{分} \sim 300\text{m}/\text{分}$ とし、中間熱処理の温度を $200 \sim 300$ とすることで $\langle 100 \rangle$ 存在比率を 30% 以上に増加させることができる。なお、本技術は中間熱処理を複数回行う場合においても有効である。

【0042】

ワイヤ表面合金濃度勾配とキャピラリ使用寿命改善

ボンディングワイヤを繰り出す際の摩擦によって、キャピラリの内部が磨耗する。これに対し、ボンディングワイヤの表面の組成を制御し、ボンディングワイヤの表面の強度を

10

20

30

40

50

低減させることで、キャピラリとボンディングワイヤ間の摩擦力が低減でき、キャピラリの使用寿命を改善できる。ワイヤ表面強度を低減させるには、ワイヤ表面における In、Ga、Cd の少なくとも 1 つの元素の含有量を多くすればよい。

すなわち、ワイヤ表層部（ボンディングワイヤの表面から深さ 0 ~ 1 nm の領域）における第 2 元素原子比率が、ワイヤ表層下部（ボンディングワイヤの表面から深さ 1 nm ~ 10 nm の領域）における第 2 元素原子比率の 1.1 倍以上であるとよい。これにより、キャピラリの使用寿命が改善できる。この第 2 元素原子比率についてのボンディングワイヤ表層部と表層下部の比率の上限は特に限定されるものではないが、2 倍であっても問題はない。

【0043】

つまり、ワイヤ表層部の第 2 元素原子比率を X_{0-1nm} 、ワイヤ表層下部における第 2 元素原子比率を X_{1-10nm} とすれば、 $X_{0-1nm} / X_{1-10nm} > 1.1$ であれば、優れたキャピラリの使用寿命が得られる。 $X_{0-1nm} / X_{1-10nm} < 1.1$ の場合は、上記効果が期待できない。

【0044】

伸線加工後のワイヤは最終的に破断伸びが所定の値となるよう最終熱処理を行う。ここで、最終熱処理後に追加熱処理を 350 ~ 500 で 0.2 秒 ~ 0.5 秒間実施することで、ワイヤ表層下部の第 2 元素原子比率に対して、ワイヤ表層部の第 2 元素原子比率を 1.1 倍以上にすることが可能である。

【実施例】

【0045】

以下、実施例について詳細に説明する。原材料となる Ag は純度が 99.9 原子% 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。Be, B, P, Ca, Y, La, Ce, Ni, Cu, Rh, Pd, Pt, Au, In, Ga, Cd は、純度が 99.9 原子% 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。

【0046】

表 1 - 1、表 1 - 2 に示す成分組成を有する Ag ボンディングワイヤを製造した。ボンディングワイヤに用いる Ag 合金は、直径が 3 mm ~ 6 mm の円柱型に加工したカーボン管に原料を装填し、高周波炉を用いて、真空中もしくは N_2 、Ar ガス等の不活性雰囲気中で 1080 ~ 1600 まで加熱して溶解させた。その後、炉冷もしくは空冷を行った。

【0047】

得られた Ag 合金に対して、引抜加工を行って 0.9 mm ~ 1.2 mm まで加工した後、ダイスを用いて連続的に伸線加工等を行うことによって、300 μ m ~ 600 μ m のワイヤを作製した。このとき、ワイヤ表面に酸素や硫黄が吸着している場合には、塩酸等による酸洗処理を行った。その後、200 ~ 500 の中間熱処理と伸線加工を繰返し行うことによって最終線径が 15 μ m ~ 25 μ m になるまで加工した。伸線には市販の潤滑液を用い、伸線時のワイヤ送り速度は 20 m / 分 ~ 300 m / 分とした。中間熱処理は Ar ガス雰囲気中にワイヤを連続的に通した。中間熱処理時のワイヤの送り速度は 20 m / 分 ~ 200 m / 分とした。

【0048】

ここで、200 ~ 500 の中間熱処理の回数を変更することで、ワイヤ表面から深さ 20 ~ 30 nm の第 2 元素原子比率に対して、0 ~ 10 nm の領域における第 2 元素原子比率の比 ($X_{0-10nm} / X_{20-30nm}$) を調整した。中間熱処理の回数を増やすほど、 $X_{0-10nm} / X_{20-30nm}$ を高くすることが可能である。好ましい条件として中間熱処理温度が 1 回目は 200 ~ 330、2 回目は 250 ~ 400、3 回目以降は 350 ~ 500 の範囲で行った。これらの熱処理によって添加した元素がボンディングワイヤの表面に拡散するものである。

【0049】

また、中間熱処理を実施する線径を振ることで、ワイヤの平均結晶粒径を調整した。好

10

20

30

40

50

ましい条件として、中間熱処理を実施する線径を $50 \mu\text{m} \sim 100 \mu\text{m}$ 以上とすることで、ワイヤ軸に垂直な方向の断面における平均結晶粒径を $0.2 \mu\text{m} \sim 3.5 \mu\text{m}$ にした。再結晶時の結晶粒成長を制御できる効果によるものである。

【0050】

さらに、伸線時のワイヤ送り速度と中間熱処理の温度を調整することにより、 $\langle 100 \rangle$ 存在比率を調整した。好ましい条件として、伸線時のワイヤ送り速度を $200 \sim 300 \text{ m/分}$ とし、中間熱処理の温度を $200 \sim 300$ とすることで $\langle 100 \rangle$ 存在比率を 30% 以上に増加させた。なお、本技術は中間熱処理を複数回行う場合においても有効である。

【0051】

伸線加工後のワイヤは最終的に破断伸びが約 $9 \sim 15\%$ になるよう最終熱処理を実施した。最終熱処理は中間熱処理と同様の方法で行った。最終熱処理時のワイヤの送り速度は中間熱処理と同様に $20 \text{ m/分} \sim 200 \text{ m/分}$ とした。最終熱処理温度は $200 \sim 600$ で熱処理時間は $0.2 \text{ 秒} \sim 1.0 \text{ 秒}$ とした。ここで、実施例の一部について、最終熱処理後に追加熱処理を $350 \sim 500$ で $0.2 \text{ 秒} \sim 0.5 \text{ 秒}$ 間実施することで、ワイヤ表面から深さ $1 \sim 10 \text{ nm}$ (ワイヤ表層下部) の第2元素原子比率に対して、深さ $0 \sim 1 \text{ nm}$ (ワイヤ表層部) の第2元素原子比率を $(X_{0-1\text{nm}} / X_{1-10\text{nm}})$ を 1.1 倍以上に制御した。

【0052】

ボンディングワイヤに含まれる元素の濃度分析は、ICP発光分光分析装置によって行った。ボンディングワイヤの表面に酸素や炭素などの元素が吸着している場合には、解析を行う前に表面から 2 nm の領域をスパッタ等で削ってから濃度測定を行った。

【0053】

ボンディングワイヤ表面から深さ方向の濃度分析は、オージェ電子分光分析装置によって行った。まず、ボンディングワイヤの表面からスパッタ等で削りながら濃度測定を行い、深さ方向の濃度プロファイルを取得した。例えば、濃度プロファイルを取得する対象の元素は Ag と第1～3元素群で添加した元素とすればよい。ワイヤ表面から深さ $0 \sim 1 \text{ nm}$ の領域 (ワイヤ表層部)、 $1 \text{ nm} \sim 10 \text{ nm}$ の領域 (ワイヤ表層下部)、 $0 \sim 10 \text{ nm}$ の領域 (ワイヤ表面部)、 $20 \text{ nm} \sim 30 \text{ nm}$ (ワイヤ内部) の領域に分けて、各領域におけるそれぞれの元素の含有量を決定した。ワイヤ表面を含む領域 (この場合ではワイヤ表面から深さ $0 \sim 10 \text{ nm}$ の領域及びワイヤ表面から深さ $20 \sim 30 \text{ nm}$ の領域) をオージェ電子分光分析装置で評価するとき、ワイヤ表面に付着した炭素などの非金属元素も分析される。そのため、分析された全元素を分母として合金元素含有量を算出すると、実際にワイヤの表面付近では、ワイヤ中に含有する合金元素含有量よりも少ない値として評価される。ここでは、ワイヤ表面を含む表面付近 (以下、表面付近という。) の合金元素含有量を評価するにあたっては、分母として分析された金属元素のみの総計を用いることとし、非金属元素は分母から排除した。これによって、ワイヤ表面付近の合金元素含有量を誤差なく評価することができる。

【0054】

そして、ワイヤ表面部における金属元素の総計原子数に対する In 、 Ga 、 Cd の第2元素原子比率を $X_{0-10\text{nm}}$ 、ワイヤ内部における第2元素原子比率を $X_{20-30\text{nm}}$ とし、その比である $X_{0-10\text{nm}} / X_{20-30\text{nm}}$ を「表層組成比1」として表2-1、表2-2に示した。また、ワイヤ表層部における金属元素の総計原子数に対する In 、 Ga 、 Cd の中から選ばれた少なくとも1つ以上の元素の第2元素原子比率を $X_{0-1\text{nm}}$ 、ワイヤ表層下部における第2元素原子比率を $X_{1-10\text{nm}}$ とし、その比である $X_{0-1\text{nm}} / X_{1-10\text{nm}}$ を「表層組成比2」として表2-1、表2-2に示した。

【0055】

ワイヤ軸に垂直方向の断面における平均結晶粒径の評価において、ワイヤ断面を露出させる方法は機械研磨によって行った。EBSDを用い、隣り合う測定点間の結晶方位差を求め、方位差が 15 度以上のものを大傾角粒界と定義し、大傾角粒界に囲まれた領域を1

10

20

30

40

50

つの結晶粒とした。結晶粒径は、専用の解析ソフトによって面積を算出し、その面積を円と仮定したときの直径として、表2-1、表2-2の「平均結晶粒径」の欄に示した。

【0056】

ワイヤ軸に平行な断面の結晶方位の評価において、ボンディングワイヤの断面を露出させる方法としては、機械研磨を用いた。ボンディングワイヤの断面の結晶方位はEBSD法を用いて評価した。〈100〉存在比率は、EBSDを用いた結晶方位の測定領域の面積に対して、ボンディングワイヤのワイヤ軸方向に対して角度差が15度以下である〈100〉結晶方位を有する領域が占める面積の比率を算出することによって求め、表2-1、表2-2の「結晶方位比」の欄に示した。前記測定領域は、ワイヤ軸を含むワイヤ軸に平行な断面であって、長手方向をワイヤ軸方向で100 μ m以下、短手方向をワイヤ全体

10

【0057】

ボールボンディング部の各種評価を行うためのサンプルは、一般的な金属フレーム上のSi基板に厚さ1.0 μ mのAl膜を成膜した電極に、市販のワイヤボンダーを用いてボール接合を行うことによって作製した。ボールはN₂+5% H₂ガスを流量0.4 L/min~0.6 L/minで流しながら形成し、ボール径はワイヤ線径に対して1.5倍~1.6倍の範囲とした。

【0058】

ボールボンディングを行ったときのボール部接合界面(Al電極とボール部との接合界面)におけるAg-Al金属間化合物層の評価方法について説明する。ボール部接合界面に形成される金属間化合物層は、層の厚さが非常に薄いため、そのままでは顕微鏡でも観察が難しい。そこで本発明が採用する評価では、ボールボンディングを行ったサンプルについて180 \times 4時間の熱処理を行った。この熱処理によって、ボール部接合界面のうち、金属間化合物層が形成されている部分については当該金属間化合物がさらに成長して光学顕微鏡での評価が可能になる。一方でボール部接合界面のうちでボンディング時に金属間化合物層が形成されていない部分については、熱処理を行っても金属間化合物が新たに形成されることはない。従って、180 \times 4時間の熱処理を行っても金属間化合物層の範囲は変化せず、より観察しやすくなるために確実に評価が可能となる。評価については、熱処理を行った後にボンディングワイヤとボール部を酸溶解してボール部接合界面を露出させ、露出したボール部接合界面におけるAg-Al金属間化合物を光学顕微鏡で観察し、画像解析によって金属間化合物形成面積率を求める。ここで金属間化合物形成面積率とは、ボール部接合界面の全面積に対する金属間化合物層の面積が占める比率(%)である。金属間化合物形成面積率が80%以下であれば \times (不可)、80%超90%以下であれば(可)、90%超95%以下であれば(良)、95%超であれば(優)とした。とが合格である。結果を表2-1、表2-2の「金属間化合物層形成性」の欄に示した。

20

30

【0059】

低ループ特性については、評価用のリードフレームに、ループ長1mm、ループ高さ60 μ mで100本ボンディングした。次いで、ボール接合部のネック損傷の有無をSEM(走査型電子顕微鏡)にて評価した。ボール接合部のネック部分に亀裂が生じたり、ネック部分に変形してワイヤが細くなっていたりしている場合、ネック損傷有りとした。100本のうち、ネック損傷有りが3本以上であれば \times (不可)、2本は(可)、1本は(良)、0本は(優)とした。とが合格である。結果を表2-1、表2-2の「低ループ特性」の欄に示した。

40

【0060】

リーニング評価については、評価用のリードフレームに、ループ長5mm、ループ高さ0.5mmで100本ボンディングした。評価方法として、チップ水平方向からワイヤ直立部を観察し、ボール接合部の中心を通る垂線とワイヤ直立部との間隔が最大であるときの間隔(リーニング間隔)で評価した。リーニング間隔がワイヤ径よりも小さい場合にはリーニングは良好、大きい場合には直立部が傾斜しているためリーニングは不良であると

50

判断した。100本のボンディングしたワイヤを光学顕微鏡で観察し、リーニング不良の本数を数えた。不良が0本を（優）、1～3本を（良）、4～5本を（可）、6本以上を×（不可）とした。とが合格である。結果を表2-1、表2-2の「リーニング特性」の欄に示した。

【0061】

FAB形状については、市販のワイヤボンダーでボンディングワイヤにボール接合用のボール(FAB)を形成し、その状態でSEMを用いてFAB形状を観察した。合計100個のFABを形成して評価を行った。真球状のものを良好、偏芯、異形のものを不良とした。不良が0個を（優）、1～5個を（良）、6～10個を（可）、11個以上を×（不可）とした。とが合格である。結果を表2-1、表2-2の「FAB形状」の欄に示した。

10

【0062】

接合信頼性評価用のサンプルは、前記ボールボンディングを行った後、市販のエポキシ樹脂によって封止して作製した。高温高湿環境における接合信頼性は、不飽和型プレッシャークーラー試験機を使用し、温度130、相対湿度85%の高温高湿環境に暴露した時のボール接合部の接合寿命によって判定した。ボール接合部の接合寿命は100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1/3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。シエア試験機はDAGE社製の微小強度試験機を用いた。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300時間未満であれば実用上問題があると判断し×（不可）、300以上500時間未満であれば、実用上問題ないと判断し（可）、500時間以上であれば特に優れていると判断し（良）、1000時間以上であれば（優）と表記した。結果を表2-1、表2-2の「HAST」の欄に示した。

20

【0063】

チップダメージ性能の評価は、前記ボールボンディングを行ったサンプルについて、ボール接合部直下のSi基板を光学顕微鏡で観察することによって行った。Si基板に、き裂が見られた場合は不良と判定した。100箇所観察し、不良が1箇所以上あれば実用上問題があると判断し×（不可）、不良が全く発生しなければ特に優れていると判断し（良）と表記した。結果を表2-1、表2-2の「チップダメージ」の欄に示した。

30

【0064】

ボンディングワイヤの使用寿命の評価は、ボンディングワイヤを大気雰囲気にて一定期間放置した後、接合を行い、良好なボール形成ができているか、ボール接合部およびウェッジ接合部において良好な接合状態が得られているかどうかを評価した。ボール形成の判定は、100個のボールを光学顕微鏡で観察し、真球性の低いボールや表面に凹凸のあるボールが5個以上あれば不良と判定した。ボールの形成条件は、N₂+5% H₂ガスを使用してガス流量0.4～0.6 L/min、ボールの直径はワイヤ線径の1.5～1.6倍の範囲とした。ボール接合部およびウェッジ接合部において良好な接合状態が得られているかの判定は、市販のワイヤボンダーを用いて1000回の接合を連続的に行って判定した。ボール接合部やウェッジ接合部を光学顕微鏡で観察し、剥離などの不良が3本以上発生した場合は不良と判定した。放置期間が12か月未満で上記のいずれかの不良が発生した場合は実用上問題があると判断し×（不可）、放置期間が12か月経過後18か月未満の間に不良が発生した場合は実用上問題がないと判断し（可）、放置期間が18か月経過後24か月未満の間に不良が発生した場合は優れていると判断し（良）、放置期間が24か月経過後も不良が全く発生しなければ特に優れていると判断し（優）と表記した。結果を表2-1、表2-2の「使用壽命」の欄に示した。

40

【0065】

ウェッジ接合性の評価は、Agめっきを施した一般的な金属フレームを用い、市販のワイヤボンダーを用いてウェッジ接合を行い、ウェッジ接合部を観察することで行った。接合条件は一般的に用いられる接合条件を用いた。50本のウェッジ接合部を光学顕微鏡で

50

観察し、接合部においてボンディングワイヤの剥離が5個以上あれば実用上問題があると判断し×（不可）、剥離が3～4個であれば実用上問題がないと判断し（可）、剥離が1～2個であれば優れていると判断し（良）、不良が全く発生しなければ特に優れていると判断し（優）と表記した。結果を表2-1、表2-2の「ウェッジ接合性」の欄に示した。

【0066】

ボンディングワイヤの繰り出し性能の評価は、一般的な接合条件で接合を行った後、ループ部分のボンディングワイヤを走査型顕微鏡で観察し、直径を測定して、接合前のボンディングワイヤに対する直径の減少率を求めることで行った。減少率が80%以下であれば不良と判定した。30本のボンディングワイヤを観察し、不良が5本以上あれば実用上問題があると判断し×（不可）、不良が3～4本であれば実用上問題がないと判断し（可）、不良が1～2本であれば優れていると判断し（良）、不良が全く発生しなければ特に優れていると判断し（優）と表記した。結果を表2-1、表2-2の「ワイヤ繰出し性能」の欄に示した。

10

【0067】

キャピラリの使用寿命は、使用前後でキャピラリの先端の孔を観察し、キャピラリの先端の孔の磨耗量によって評価した。接合条件は一般的な条件とし、ボンディングワイヤを3000回接合後のキャピラリを観察して、実用上問題がなくても摩耗が確認された場合は（可）、磨耗がなければ（良）、さらに10000回接合後のキャピラリを観察して、磨耗がなければ優れていると判断し（優）と表記した。結果を表2-1、表2-2

20

【0068】

【表 1 - 1】

No.	成分含有量 (原子%)																		
	第 1 合金群									第 2 合金群					第 3 合金群				
	Be	B	P	Ca	Y	La	Ce	合計	In	Ga	Cd	合計	Ni	Cu	Rh	Pd	Pt	Au	合計
1	0.031							0.031	0.05				0.05						0.00
2		0.060						0.060	0.10				0.10						0.00
3			0.090					0.090	0.50				0.50						0.00
4				0.120				0.120	1.00				1.00						0.00
5					0.150			0.150	2.00				2.00						0.00
6						0.180		0.180	5.00				5.00						0.00
7							0.031	0.031		0.05			0.05						0.00
8	0.060							0.060		0.10			0.10						0.00
9		0.090						0.090		0.50			0.50						0.00
10			0.120					0.120		1.00			1.00						0.00
11				0.150				0.150		2.00			2.00						0.00
12					0.180			0.180		5.00			5.00						0.00
13						0.031		0.031			0.05		0.05						0.00
14							0.060	0.060			0.10		0.10						0.00
15	0.090							0.090			0.50		0.50						0.00
16		0.120						0.120			1.00		1.00						0.00
17			0.150					0.150			2.00		2.00						0.00
18				0.180				0.180			5.00		5.00						0.00
19					0.031			0.031	0.03				0.05						0.00
20						0.060		0.060	0.05				0.10						0.00
21							0.090	0.090		0.25			0.50						0.00
22	0.120						0.120	0.120	0.50				1.00						0.00
23		0.150						0.150	1.00				2.00						0.00
24			0.180					0.180		2.50			5.00						0.00
25				0.031				0.031	0.05				0.15						0.00
26					0.060			0.060	0.10				0.30						0.00
27						0.090		0.090	0.50				1.50						0.00
28							0.120	0.120	1.00				3.00						0.00
29	0.030	0.030						0.060	0.10				0.10						0.00
30			0.030	0.030				0.060	1.00				1.00						0.00
31				0.045	0.030	0.030	0.030	0.090	5.00				5.00						0.00
32				0.045	0.045			0.090		0.10			0.10						0.00

【 0 0 6 9 】

10

20

30

40

【表 1 - 2】

No.	成分含有量 (原子%)																		
	第 1 合金群							第 2 合金群							第 3 合金群				
	Be	B	P	Ca	Y	La	Ce	合計	In	Ga	Cd	合計	Ni	Cu	Rh	Pd	Pt	Au	合計
33						0.045	0.045	0.090		1.00		1.00							0.00
34	0.045	0.045	0.045					0.135		5.00		5.00							0.00
35						0.060	0.060	0.120			0.10	0.10							0.00
36	0.060	0.060						0.120			1.00	1.00							0.00
37			0.060	0.060				0.180			5.00	5.00							0.00
38	0.060							0.060	0.10			0.10	0.01						0.01
39		0.060						0.060	1.00			1.00		0.05					0.05
40			0.060					0.060	5.00			5.00			0.10				0.10
41				0.060				0.060		0.10		0.10				0.50			0.50
42					0.060			0.060		1.00		1.00				1.00			1.00
43						0.060		0.060		5.00		5.00					5.00		5.00
44							0.060	0.060			0.10	0.10	0.50	0.50					1.00
45	0.060							0.060			1.00	1.00			0.50	0.50			1.00
46		0.060						0.060			5.00	5.00					0.50	0.50	1.00
101								0.000	1.00			1.00							0.00
102								0.000		1.00		1.00							0.00
103								0.000			1.00	1.00							0.00
104	0.060							0.060				0.00							0.00
105		0.060						0.060	0.01			0.01							0.00
106			0.060					0.060		0.02		0.02							0.00
107				0.060				0.060			0.04	0.04							0.00
108					0.060			0.060	6.00			6.00							0.00
109						0.060		0.060		6.00		6.00							0.00
110							0.060	0.060			6.00	6.00							0.00
111	0.010							0.010	1.00			1.00							0.00
112		0.020						0.020		1.00		1.00							0.00
113			0.030					0.030			1.00	1.00							0.00
114				0.190				0.190	1.00			1.00							0.00
115					0.200			0.200		1.00		1.00							0.00
116						0.210		0.210			1.00	1.00							0.00
117							0.220	0.220	1.00			1.00							0.00

10

20

30

40

【表 2 - 1】

No.	ワイヤ評価			品質評価結果										
	表層組成比1	平均結晶粒径 (μm)	<100>存在比率 (%)	表層組成比2	金属間化合物層形成性	低ループ特性	リーニング特性	FAB形状	HAST	チップダメージ	使用寿命	ウェッジ接合性	ワイヤ繰出し性能	キャピラリ使用寿命
1	2.2	0.5	45	1.6	○	○	○	○	△	○	○	◎	◎	◎
2	2.0	3.2	56	1.4	◎	◎	◎	◎	○	○	○	◎	◎	◎
3	1.8	1.1	54	1.4	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	◎	◎	◎
4	2.1	2.1	26	1.5	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	◎	◎	◎
5	2.2	0.4	78	1.2	◎	◎	◎	◎	○	○	○	◎	◎	◎
6	2.2	3.8	100	1.2	◎	◎	◎	◎	△	○	○	◎	◎	◎
7	2.0	3.5	30	1.1	○	○	○	○	△	○	○	◎	◎	○
8	2.0	0.8	35	1.2	◎	◎	◎	◎	○	○	○	◎	◎	◎
9	1.6	0.2	67	1.3	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	◎	◎	◎
10	2.2	3.3	54	1.4	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	◎	◎	◎
11	3.8	2.2	89	3.5	◎	◎	◎	◎	○	○	○	◎	◎	◎
12	2.4	2.4	87	1.5	◎	◎	◎	◎	△	○	○	◎	◎	◎
13	2.1	0.3	28	1.2	○	○	○	○	△	○	○	◎	◎	◎
14	2.2	0.1	32	1.7	◎	◎	◎	◎	○	○	○	◎	◎	◎
15	1.9	1.1	98	1.4	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	◎	◎	◎
16	2.5	1.5	65	1.2	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	◎	◎	◎
17	2.2	2.4	54	2.0	◎	◎	◎	◎	○	○	○	◎	◎	◎
18	2.2	2.8	50	1.5	◎	◎	◎	◎	△	○	○	◎	◎	◎
19	2.3	3.3	32	1.4	○	○	○	○	△	○	○	◎	◎	◎
20	2.2	0.8	65	1.0	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	◎	◎	△
21	1.5	1.8	90	1.2	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	◎	◎	◎
22	2.0	2.7	78	1.3	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	◎	◎	◎
23	2.0	3.6	73	1.5	◎	◎	◎	◎	○	○	○	◎	◎	◎
24	2.1	0.6	54	1.5	◎	◎	◎	◎	△	○	○	◎	◎	◎
25	1.5	0.9	62	1.6	○	○	○	○	○	○	○	◎	◎	◎
26	4.0	1.7	43	4.0	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	◎	◎	◎
27	2.5	2.4	22	1.4	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	◎	◎	◎
28	2.3	2.9	78	1.4	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	◎	◎	◎
29	2.1	2.1	46	1.3	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	◎	◎	◎
30	2.2	3.5	79	1.5	◎	◎	◎	◎	◎	○	○	◎	◎	◎
31	2.2	1.4	26	1.2	◎	◎	◎	◎	△	○	○	◎	◎	◎
32	2.0	3.2	31	1.9	◎	◎	◎	◎	○	○	○	◎	◎	◎

10

20

30

40

【 0 0 7 1 】

【表 2 - 2】

No.	ワイヤ評価			品質評価結果										
	表層組成比 1	平均結晶粒径 (μm)	結晶方位比 (%)	表層組成比 2	金属間化合物形成性	低ループ特性	リーニンング特性	FAB形状	HAST	チップダメージ	使用寿命	ウェッジ接合性	ワイヤ繰出し性能	キャピラリ使用寿命
33	1.8	0.2	55	1.6	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
34	2.1	0.1	61	1.3	◎	◎	◎	◎	△	◎	◎	◎	◎	◎
35	2.1	3.4	43	1.4	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
36	2.4	1.5	78	1.1	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
37	2.3	0.5	70	1.3	◎	◎	◎	◎	△	◎	◎	◎	◎	◎
38	2.0	0.2	71	1.2	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
39	2.4	0.8	58	1.4	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
40	2.4	1.7	52	1.4	◎	◎	◎	◎	△	◎	◎	◎	◎	◎
41	2.0	2.7	54	1.3	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
42	2.0	2.1	65	1.5	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
43	2.4	3.2	34	1.4	◎	◎	◎	◎	△	◎	◎	◎	◎	◎
44	2.1	3.4	60	1.4	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
45	2.1	1.4	78	1.3	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
46	2.2	2.4	98	1.4	◎	◎	◎	◎	△	◎	◎	◎	◎	◎
101	1.5	0.2	55	1.1	△	△	△	△	◎	◎	◎	◎	◎	◎
102	2.0	3.4	22	1.5	△	△	△	△	◎	◎	◎	◎	◎	◎
103	2.1	1.5	60	1.2	△	△	△	△	◎	◎	◎	◎	◎	◎
104	—	3.8	42	—	◎	◎	◎	◎	×	◎	◎	◎	◎	△
105	1.1	3.9	77	1.0	◎	◎	◎	◎	×	◎	◎	◎	△	△
106	1.2	3.7	71	1.1	◎	◎	◎	◎	×	◎	◎	◎	◎	◎
107	1.3	4.0	59	1.1	◎	◎	◎	◎	×	◎	◎	◎	△	◎
108	3.4	0.1	51	1.3	◎	◎	◎	◎	◎	×	◎	◎	◎	◎
109	3.0	0.1	51	1.4	◎	◎	◎	◎	◎	×	◎	◎	◎	◎
110	2.8	0.1	66	1.4	◎	◎	◎	◎	◎	×	◎	◎	◎	◎
111	3.2	0.5	25	1.5	△	△	△	△	◎	◎	◎	◎	◎	◎
112	1.7	2.7	33	1.1	△	△	△	△	◎	◎	◎	◎	◎	◎
113	2.5	2.1	59	1.4	△	△	△	△	◎	◎	◎	◎	◎	◎
114	2.4	0.1	77	1.3	△	△	△	△	◎	◎	◎	◎	◎	◎
115	1.4	3.2	99	1.1	△	△	△	△	◎	◎	◎	◎	◎	◎
116	2.0	2.4	27	1.6	△	△	△	△	◎	◎	◎	◎	◎	◎
117	2.6	3.6	65	1.4	△	△	△	△	◎	◎	◎	◎	◎	◎

10

20

30

40

【0072】

表1-1、表1-2、表2-1、表2-2に実施例を示す。本発明に係るものは、いずれの品質指標においても良好な結果を得ることができた。

【0073】

表1-2、表2-2の比較例No. 101~117が比較例である。また、比較例において評価欄が空欄であるものについては、評価を行っていない。比較例No. 101~1

50

03は第1元素群を含有せず、比較例No. 111～113は第1元素群の含有量が本発明の下限を外れ、比較例No. 114～117は第1元素群の含有量が本発明の上限を外れ、いずれも、金属間化合物層形成性、低ループ特性、リーニング特性、FAB形状が不良であった。

【0074】

比較例No. 104～107は第2元素群の含有量が本発明の下限を外れ、HAST成績が不良であった。比較例No. 108～110は第2元素群の含有量が本発明の上限を外れ、チップダメージが不良であった。

【産業上の利用可能性】

【0075】

本発明は、半導体装置に利用することができる。すなわち、本発明に係るボンディングワイヤは、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を接続するために利用することができる。

フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I		
	C 2 2 F	1/00	6 2 5
	C 2 2 F	1/00	6 3 0 M
	C 2 2 F	1/00	6 4 0 B
	C 2 2 F	1/00	6 6 1 A
	C 2 2 F	1/00	6 8 5 Z
	C 2 2 F	1/00	6 9 1 B
	C 2 2 F	1/00	6 9 1 Z
	C 2 2 F	1/00	6 9 1 C
	C 2 2 F	1/00	6 9 4 Z
	C 2 2 F	1/00	6 9 4 A
	C 2 2 F	1/02	

(74)代理人 100187702

弁理士 福地 律生

(74)代理人 100140121

弁理士 中村 朝幸

(72)発明者 小田 大造

埼玉県入間市大字狭山ヶ原 1 5 8 番地 1 日鉄住金マイクロメタル株式会社内

(72)発明者 大壁 巧

埼玉県入間市大字狭山ヶ原 1 5 8 番地 1 日鉄住金マイクロメタル株式会社内

(72)発明者 榛原 照男

埼玉県入間市大字狭山ヶ原 1 5 8 番地 1 日鉄住金マイクロメタル株式会社内

(72)発明者 山田 隆

埼玉県入間市大字狭山ヶ原 1 5 8 番地 1 日鉄住金マイクロメタル株式会社内

(72)発明者 小山田 哲哉

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

(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 小池 英敏

(56)参考文献 特許第 5 8 3 9 7 6 3 (J P , B 1)

特開平 0 4 - 0 7 9 2 4 5 (J P , A)

特開平 0 4 - 0 7 9 2 4 3 (J P , A)

特開平 0 4 - 0 7 9 2 4 1 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 L 2 1 / 6 0

C 2 2 C 5 / 0 6

C 2 2 F 1 / 0 0

C 2 2 F 1 / 0 2

C 2 2 F 1 / 1 4