

(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
2006年12月21日 (21.12.2006)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2006/134823 A1

(51) 国際特許分類:

H01L 21/60 (2006.01) C22C 5/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2006/311523

(22) 国際出願日:

2006年6月8日 (08.06.2006)

(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2005-173724 2005年6月14日 (14.06.2005) JP

(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 三菱マテリアル株式会社 (MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008117 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 牧一誠 (MAKI, Kazunari) [JP/JP]; 〒6691339 兵庫県三田市テクノパーク12-6 三菱マテリアル株式会社 三田工場内 Hyogo (JP). 中田有治 (NAKATA, Yuji) [JP/JP]; 〒6691339 兵庫県三田市テクノパーク12-6 三菱マテリアル株式会社 三田工場内 Hyogo (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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 國際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイドスノート」を参照。

(54) Title: GOLD ALLOY WIRE FOR USE AS BONDING WIRE EXHIBITING HIGH BONDING RELIABILITY, HIGH CIRCULARITY OF PRESS BONDED BALL, HIGH STRAIGHT ADVANCING PROPERTY AND HIGH RESIN FLOW RESISTANCE

(54) 発明の名称: 高い接合信頼性、圧着ボールの高い真円性、高い直進性および高い耐樹脂流れ性を有するボンディングワイヤ用金合金線

(57) Abstract: A gold alloy wire for use as bonding wire exhibiting high bonding reliability, high circularity of press bonded ball, high straight advancing property and high resin flow resistance. The gold alloy wire for use as bonding wire comprises 5000 ppm to 2 mass% either Pt or Pd or the sum of both thereof, 1 to 200 ppm Ir, 20 to 200 ppm Ca and 10 to 200 ppm Eu further optionally together with 0.1 to 30 ppm Be, still further optionally together with 10 to 200 ppm La. The gold alloy wire for use as bonding wire may contain two or more members selected from among the above-mentioned Ca, Eu, Be and La so that the sum thereof is in the range of 50 to 250 ppm.

(57) 要約: 高い接合信頼性、圧着ボールの高い真円性、高い直進性、高い耐樹脂流れ性を有するボンディングワイヤ用金合金線を提供する。PtおよびPdの内の1種または2種を合計で5000 ppm～2質量%、Ir: 1～200 ppm、Ca: 20～200 ppm、Eu: 10～200 ppmを含有し、さらに必要に応じてBe: 0.1～30 ppmを含有し、さらに必要に応じてLa: 10～200 ppmを含有し、さらに前記Ca、Eu、BeおよびLaの内の2種以上を合計で50～250 ppmの範囲内にあるように含有するボンディングワイヤ用金合金線。

明細書

高い接合信頼性、圧着ボールの高い真円性、高い直進性および高い耐樹脂流れ性を有するボンディングワイヤ用金合金線

利用分野

[0001] この発明は、高温環境下、例えば、100～160°Cまで温度が上昇する自動車のエンジン近くの高温環境下で使用することのできるトランジスタ、LSI、ICなど半導体素子のチップ電極と外部リード部とを接続するための高い接合信頼性、圧着ボールの高い真円性、高い直進性および高い耐樹脂流れ性を有するボンディングワイヤ用金合金線、特に線径が20 μm未満の細い線径を有する高温環境下で使用することのできるボンディングワイヤ用金合金線に関するものである。

背景技術

[0002] 近年、トランジスタ、LSI、ICなど半導体素子はエンジン近くなどの高温環境下で使用されており、また高周波用ICは動作温度がますます高くなる傾向にあり、かかる高温環境下に曝されても高度の信頼性が要求されている。

[0003] かかる高温環境下で使用されるICチップ上の電極と外部リード部を接続するボンディングワイヤ用金合金線として、Pd、Pt、Rh、Ir、Os、Ruの内の少なくとも1種を合計で1000ppm～5質量%、Ca、Be、Ge、Si、Fe、Y、希土類の内の少なくとも1種を合計で1～50ppm含有し、残部がAuおよび不可避不純物からなる成分組成を有するボンディングワイヤ用金合金線(特許文献1参照)が知られている。これらボンディングワイヤ用金合金線はいずれも白金族金属を多めに含有させて高温での圧着ボールとAlパッドの接合強度を向上させ、さらにCa、Beなどを含有させて硬さを高くしてループの安定性を向上させており、これらボンディングワイヤ用金合金線を使用してICチップ上の電極と外部リード部を接続するには、一般に金合金線を超音波併用熱圧着ボンディングする方法が主として用いられている。

特許文献1:特開平6-112251号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0004] 近年、半導体素子の集積化が進むことにより、半導体素子のAlパッド面積が小さくなり、高温の過酷な使用環境で高度の信頼性が要求される車載用ICや、動作温度が高くなる高周波用ICなどでは、ボールボンディングによる接合界面における接合強度の低下や電気抵抗の上昇による接合不良の発生が問題視されており、これらの接合不良は、上記の接合面積の縮小等のボンディング条件の悪化により、益々発生しやすくなる傾向があるところから、従来よりも高い接合信頼性(ある環境下でのボールボンディングによる接合界面における接合強度や電気抵抗の持続性)を確保することが求められている。
- [0005] さらに、また、ボールボンディングでの圧着ボールの真円性が低いと、圧着ボールの一部がAlパッドからはみ出し、隣の圧着ボールと接触することによるショート不良が発生し、このショート不良は、Alパッド面積の縮小ならびにボンディングパッドピッチの縮小により益々発生しやすくなることから、従来よりも圧着ボールの高い真円性が求められる。
- [0006] また、一方で、半導体素子のチップ電極と外部リード部とを接合したワイヤのループ部の長さ(以下、ループ長さという)が長くなるとともに平行してボンディングされた隣のループとの間隔が狭くなつており、かかる現状に対応すべく、ボンディングワイヤとして使用する金合金線の線径を益々細くする傾向にある。しかし、巻き取られた細い線径の金合金線をスプールから取り出したときに金合金線にカールや蛇行(屈曲や曲がり)が発生し易くなり、このカールや蛇行(屈曲や曲がり)が存在する金合金線を使用してボンディングを行うと、隣のボンディングワイヤが接触してショートするために半導体チップの不良品が発生し、歩留が低下する。特に金合金からなるボンディングワイヤの線径が $20\mu m$ 未満になると、スプールから繰り出された直後のワイヤにカールや蛇行(屈曲や曲がり)が発生し易くなる。スプールから繰り出された直後のワイヤにカールや蛇行(屈曲や曲がり)が発生せずかつボンディングして形成されたループが隣のループと接触しない性質をボンディングワイヤの直進性というが、この直進性が不足すると、隣のループと接触し、ショートするために半導体装置の不良品が发生し歩留が低下する。
- [0007] さらに、ワイヤをボンディングしてループを形成した後、樹脂でモールディングする

が、その際にボンディングワイヤが樹脂により流されると、隣のループと接触し、ショートするために半導体装置の不良品が発生し歩留が低下する。この樹脂流れについても従来のボンディングワイヤ用金合金線の線径が $25\text{ }\mu\text{m}$ や $30\text{ }\mu\text{m}$ の場合は問題となることが少なかったが、半導体素子の高集積化が進むにつれて、半導体素子のチップ電極の間隔が狭まくなり、それらに対応するためにワイヤの線径を細くしてボンディングを行うが、線径が $20\text{ }\mu\text{m}$ 未満になると樹脂のモールディング時にループが流れやすくなる。したがって、線径の細いワイヤであっても樹脂流れが発生し難い特性(以下、この特性を耐樹脂流れ性という)を有することが必要である。

[0008]かかる近年の厳しい要求に対して、特許文献1記載のボンディングワイヤ用金合金線は十分に対応できておらず、この発明は、かかる要求を満たすことのできる一層高い接合信頼性、圧着ボールの一層高い真円性、一層高い直進性および一層高い耐樹脂流れ性を有する優れたボンディングワイヤ用金合金線を提供することを目的とするものである。

課題を解決するための手段

[0009]本発明者らは、高い接合信頼性、圧着ボールの高い真円性、高い直進性および高い耐樹脂流れ性を有するボンディングワイヤ用金合金線を開発すべく研究を行った結果、

(イ)純度:99. 999質量%の高純度金に、PtおよびPdの内の1種または2種を合計で5000ppm~2質量%、Ir:1~200ppmを含有させ、さらにCa:20~200ppm、Eu:10~200ppmを含有させた組成を有する金合金線は、導電性は多少犠牲となつても自動車のエンジン近傍における高温環境下において高い接合信頼性、圧着ボールの高い真円性、高い直進性および高い耐樹脂流れ性を有する、

(ロ)前記(イ)記載の組成を有する金合金線に、さらにBe:0. 1~30ppmを含有させた金合金線は、BeがAuの結晶格子に歪みを与えて、ボンディングワイヤ用金合金線の機械的強度を高め、再結晶温度を下げる効果を有することから、ループ高さを上げることができ、そのため適切なループ高さを実現できるので、必要に応じて添加することができる、

(ハ)前記(イ)記載の組成を有する金合金線に、さらにLa:10~200ppmを含有させ

た金合金線は、ボンディングワイヤ用金合金線の機械的強度を高めるとともに、再結晶温度を上げ、金合金線のループ高さを低くすることができるので、必要に応じて添加することができる。

(二)前記Ca, Eu, BeおよびLaはその合計が50～250ppmの範囲内にあることが一層好ましい。

(ホ)前記高い接合信頼性、圧着ボールの高い真円性、高い直進性および高い耐樹脂流れ性を有する(イ)～(ニ)記載の金合金線に、さらにAg:1～20ppmを含有せしめても、その特性にほとんど影響を与えない、などの研究結果が得られたのである。

[0010] この発明は、かかる研究結果に基づいて成されたものであって、

(1) PtおよびPdの内の1種または2種を合計で5000ppm～2質量%、

Ir:1～200ppm、

Ca:20～200ppm、

Eu:10～200ppm、

を含有し、残りがAuおよび不可避不純物からなる成分組成を有する高い接合信頼性、圧着ボールの高い真円性、高い直進性および高い耐樹脂流れ性を有するボンディングワイヤ用金合金線、

(2) PtおよびPdの内の1種または2種を合計で5000ppm～2質量%、

Ir:1～200ppm、

Ca:20～200ppm、

Eu:10～200ppmを含有し、さらに、

Be:0. 1～30ppmを含有し、残りがAuおよび不可避不純物からなる成分組成を有する高い接合信頼性、圧着ボールの高い真円性、高い直進性および高い耐樹脂流れ性を有するボンディングワイヤ用金合金線、

(3) PtおよびPdの内の1種または2種を合計で5000ppm～2質量%、

Ir:1～200ppm、

Ca:20～200ppm、

Eu:10～200ppmを含有し、さらに、

La:10～200ppm、

を含有し、残りがAuおよび不可避不純物からなる成分組成を有する高い接合信頼性、圧着ボールの高い真円性、高い直進性および高い耐樹脂流れ性を有するボンディングワイヤ用金合金線、

(4) PtおよびPdの内の1種または2種を合計で5000ppm～2質量%、

Ir:1～200ppm、

Ca:20～200ppm、

Eu:10～200ppmを含有し、さらに、

Be:0. 1～30ppmを含有し、さらに、

La:10～200ppm、

を含有し、残りがAuおよび不可避不純物からなる成分組成を有する高い接合信頼性、圧着ボールの高い真円性、高い直進性および高い耐樹脂流れ性を有するボンディングワイヤ用金合金線、

(5) 前記Ca, Eu, BeおよびLaの内の1種または2種以上を合計で50～250ppmの範囲内で含有する前記(1)、(2)、(3)または(4)記載の高い接合信頼性、圧着ボールの高い真円性、高い直進性および高い耐樹脂流れ性を有するボンディングワイヤ用金合金線、

(6) 前記(1)、(2)、(3)、(4)または(5)記載のボンディングワイヤ用金合金線に、さらにAg:1～20ppmを含有させた成分組成を有する高い接合信頼性、圧着ボールの高い真円性、高い直進性および高い耐樹脂流れ性を有するボンディングワイヤ用金合金線、に特徴を有するものである。

前記(1)～(6)記載の成分組成を有する金合金線素材を所定の径になるまで伸線加工し、得られた金合金線素材を焼鈍するボンディングワイヤ用金合金線の製造工程において、焼鈍温度を従来の焼鈍温度よりも低い温度の550°C以下で行うことにより0. 2%耐力(Pa)を $\sigma_{0.2}$ 、ヤング率(Pa)をE、破断伸び率を E_L とすると、 $E \geq 75GPa$ 、 $(\sigma_{0.2}/E) \geq 2. 2 \times 10^{-3}$ 、 $2\% \leq E_L \leq 10\%$ の条件を満たすボンディングワイヤ用金合金線が得られる。前記金合金線素材の伸線加工時の1ダイスによる減面率は従来の減面率よりも低い5%以下とすることが一層好ましい。かかる条件を満たすボンディングワイヤ用金合金線は、一層高い直進性および一層高い耐樹脂流れ性を有

するようになる。

したがって、この発明は、

(7)ボンディングワイヤ用金合金線の0.2%耐力(Pa)を $\sigma_{0.2}$ 、ヤング率(Pa)をE、
破断伸び率を E_L とすると、

$E \geq 75 \text{ GPa}$ 、

$(\sigma_{0.2}/E) \geq 2.2 \times 10^{-3}$ 、

$2\% \leq E_L \leq 10\%$ 、

の条件を満たす前記(1)、(2)、(3)、(4)、(5)または(6)記載の高い接合信頼性、
圧着ボールの高い真円性、高い直進性および高い耐樹脂流れ性を有するボンディ
ングワイヤ用金合金線、に特徴を有するものである。

[0011] 次に、この発明の高い接合信頼性、圧着ボールの高い真円性、高い直進性および
高い耐樹脂流れ性を有するボンディングワイヤ用金合金線において、成分組成およ
び機械的特性を前述のように限定した理由を説明する。

[I]成分組成

(a) Pt、Pd:

PtおよびPdは、共にAuと全率固溶する元素であり、圧着ボールとAlパッドとの接合
強度の劣化を抑えることができるという接合信頼性を向上させる効果を有する。接合
界面近傍でPtやPdを含む相が層状に生成し、その相がAuの拡散速度を低下させ
る層(いわゆるAu拡散に対するバリア層)として作用するために、Auの拡散に伴い接
合部に発生するボイドの生成速度を抑制し、その結果として、圧着ボールとAlパッド
との接合強度の劣化を抑えて接合信頼性を向上しているものと考えられる。この接合
強度の劣化の抑制(接合信頼性を向上する)効果はPtやPdの量が多いほど高くなる
。しかし、PtおよびPdの内の1種または2種の合計が5000ppm未満では接合強度
劣化の抑制効果が限定されるので好ましくなく、一方、PtおよびPdの内の1種または
2種の合計が2質量%を越えて含まれると、ボールの硬度が高くなりすぎてボンディング
時にICチップの割れや損傷を与えるようになるので好ましくない。したがって、Ptお
よびPdの内の1種または2種の合計を5000ppm～2質量%に定めた。

(b) Ir:

Irは、金合金の高温における粒成長(結晶粒の粗大化)を抑制する作用を有し、そのため、フリーエアボールを形成する際に、ボール部からの熱の影響により、ボール直上のワイヤ部(熱影響部)の結晶粒が粗大化することを防ぐと共に、凝固したフリーエアボール部は多数の微細な結晶粒から形成され、接合時に圧着ボールが放射状に均等に広がり、圧着ボールの真円性が向上する効果を有するが、Irの含有量が1ppm未満では所定の効果が得られず、一方、PtおよびPdのうちの1種または2種を合計で5000ppm～2質量%を含有するボンディングワイヤ用金合金線においてIrが200ppmを超えると上記効果は飽和し、添加による効果の明確な向上が認められない上に、ボールの硬度が高くなり、ICチップの破壊あるいは損傷が生じるようになるので好ましくない。したがって、Irの含有量を1～200ppmに定めた。

(c) Ca:

アルカリ土類金属であるCaは、金属結合半径がAuの金属結合半径より大きく、Auの結晶格子に歪みを与えて、ボンディングワイヤ用金合金線の機械的強度ならびにフリーエアボールの加工硬化性を高め、さらに再結晶温度を上げ、金合金線のループ高さを低くする効果があるが、Caの含有量が20ppm未満では強度が低いため、 $E \geq 75\text{GPa}$ 、 $(\sigma_{0.2} / E) \geq 2.2 \times 10^{-3}$ 、 $2\% \leq E_L \leq 10\%$ の条件を満たすことが困難になって直進性と耐樹脂流れ性が低くなるので好ましくなく、一方、Caの含有量が200ppmを越えると、PtおよびPdのうちの1種または2種を合計で5000ppm～2質量%を含有するボンディングワイヤ用金合金線のボールの硬度が高くなり、ボンディングの際にICチップの割れや損傷を与え、さらにボールボンディングの際にフリーエアボールの表面に多量の酸化物が生成し、さらにフリーエアボールの底部中央に接合に寄与できない大きな引け巣が形成されるようになるので好ましくない。したがって、Caの含有量を20～200ppmに定めた。

(d) Eu:

希土類元素であるEuは、金属結合半径がAuの金属結合半径より大きく、Auの結晶格子に歪みを与えて、ボンディングワイヤ用金合金線の機械的強度ならびにフリーエアボールの加工硬化性を高めるとともに、再結晶温度を上げ、金合金線のループ高さを低くする効果があり、Euの金属結合半径は他の希土類元素と比較して特に

大きいため、上記効果が非常に高いが、Euの含有量が10ppm未満では機械的強度が低いため $E \geq 75\text{GPa}$ 、($\sigma_{0.2}/E$) $\geq 2.2 \times 10^{-3}$ 、 $2\% \leq E_L \leq 10\%$ の条件を満たすことが困難になって直進性と耐樹脂流れ性が低くなるので好ましくなく、一方、Euの含有量が200ppmを越えると、PtおよびPdのうちの1種または2種を合計で5000ppm～2質量%を含有するボンディングワイヤ用金合金線のボールの硬度が高くなり、ICチップの割れや損傷が発生したり、ボールボンディングの際に形成するフリー エアボールの表面に多量の酸化物が生成し、さらにフリー エアボールの底部中央に接合に寄与できない大きな引け巣が形成されるので好ましくない。したがって、Euの含有量を10～200ppmに定めた。

(e) Be:

Beは金属結合半径がAuの金属結合半径より小さく、やはりAuの結晶格子に歪みを与えて、ボンディングワイヤ用金合金線の機械的強度ならびにフリー エアボールの加工硬化性を高め、上記のCaおよびEuとともに、Beを含有する場合、再結晶温度を下げる効果を有することから、ループ高さを上げることができ、そのため適切なループ高さを実現できるので、必要に応じて添加するが、Beを0.1ppm未満添加しても所定の効果が得られず、一方、Beを30ppmを越えて含有させると、PtおよびPdのうちの1種または2種を合計で5000ppm～2質量%を含有するボンディングワイヤ用金合金線のボール硬度が高くなり、ボンディングの際にICチップの割れや損傷が発生したり、さらに、フリー エアボールの表面に多量の酸化物が生成し、さらにフリー エアボールの底部中央に接合に寄与できない大きな引け巣が形成され、さらに、ボール直上部及びボール部の結晶粒径の増大が生じて圧着ボール部の真円性が低下するので好ましくない。したがって、Beの含有量を0.1～30ppmに定めた。

(f) La:

Laは、ボンディングワイヤ用金合金線の機械的強度ならびにフリー エアボールの加工硬化性を高めるとともに、再結晶温度を上げ、金合金線のループ高さを低くする効果があるため、必要に応じ添加するが、Laを10ppm未満含有させても所定の効果が得られず、一方、Laを200ppmを越えて含有させると、PtおよびPdのうちの1種または2種を合計で5000ppm～2質量%を含有するボンディングワイヤ用金合金線のボ

ール硬度が高くなり、ボンディングの際にICチップの割れや損傷が発生したり、さらに、ボールボンディングの際に形成するフリーエアボールの表面に多量の酸化物が生成し、さらにフリーエアボールの底部中央に接合に寄与できない大きな引け巣が形成されるので好ましくない。したがって、Laの含有量を10～200ppmに定めた。

(g) $50 \leq \text{Ca} + \text{Eu} + \text{Be} + \text{La} \leq 250$

PtおよびPdのうちの1種または2種を合計で5000ppm～2質量%を含有するボンディングワイヤ用金合金線において、Ca、Eu、BeおよびLaの合計が50～250ppmの範囲内にあることが一層好ましい。その理由は、Ca、Eu、BeおよびLaの合計が50ppm未満では強度が低いため、 $E \geq 75 \text{ GPa}$ 、 $(\sigma_{0.2} / E) \geq 2.2 \times 10^{-3}$ 、 $2\% \leq E_L \leq 10\%$ の実現が難しく、結果として直進性と耐樹脂流れ性が低くなるので好ましくないからであり、一方、Ca、Eu、BeおよびLaの合計が250ppmを越えるようになると、PtおよびPdのうちの1種または2種を合計で5000ppm～2質量%を含有するボンディングワイヤ用金合金線のボール硬度が高くなり、ボンディングの際にICチップの割れや損傷が発生したり、さらに、ボールボンディングの際に形成するフリーエアボールの表面に多量の酸化物が生成し、さらにフリーエアボールの底部中央に接合に寄与できない大きな引け巣が形成されるので好ましくないからである。

Ag:

Agが1～20ppm含有されても上記特性にほとんど影響を与えないでの必要に応じて添加するが、しかし20ppmを越えると低い超音波出力でのステッチングボンドの接合性が低くなり、ステッチボンドの剥がれが発生しなくなるので好ましくない。

[II]機械的特性

前述の成分組成を有するボンディングワイヤ用金合金線はいずれも高い接合信頼性、圧着ボールの高い真円性、高い直進性および高い耐樹脂流れ性を有するが、金合金線の0.2%耐力(Pa)を $\sigma_{0.2}$ 、ヤング率(Pa)をE、破断伸び率を E_L とすると、 $E \geq 75 \text{ GPa}$ 、 $(\sigma_{0.2} / E) \geq 2.2 \times 10^{-3}$ 、 $2\% \leq E_L \leq 10\%$ の条件を満たすようにボンディングワイヤ用金合金線を製造することにより、一層高い直進性および一層高い耐樹脂流れ性を有するようになる。

[0012] その理由は、 $E < 75 \text{ GPa}$ の場合、すなわちワイヤのヤング率(Pa)が低い場合、ワ

イヤボンディング後のモールディングの際に、ボンディングされた金合金線が樹脂により大きく流され(すなわち樹脂流れが大きい)、その結果、隣接する金合金線が接触し、ショートする頻度が高くなり、半導体チップの歩留りが低下するからであり、 $\sigma_{0.2}/E$ が 2.2×10^{-3} 以上になると急激に直進性が向上するからであり、さらに破断伸び率が2%未満の場合、伸線後の金合金線が有する残留歪みが焼鈍後にも残るため直進性が低くなるからであり、一方、破断伸び率が10%より高い場合、 $E < 75\text{GPa}$ 、 $(\sigma_{0.2}/E) < 2.2 \times 10^{-3}$ となることが多く、直進性が低下あるいは樹脂流れが増大するからである。

[0013] この発明において、ボンディングワイヤ用金合金線の破断伸び率 E_L (%)、0.2%耐力 $\sigma_{0.2}$ (Pa)およびヤング率E(Pa)の測定は、室温において、ボンディングワイヤ用金合金線を標点間距離:100mm、引張り速度:10mm／分の条件で引張り試験機により破断するまで引っ張ることにより行われる。

[0014] ここでひずみと引張り応力を以下のように定義する。

ひずみ=ボンディングワイヤ用金合金線の伸び(mm)/100mm、
引張り応力(Pa)=引張り荷重(N)/ボンディングワイヤ用金合金線の初期断面積(m^2)

破断伸び率を E_L (%)、0.2%耐力 $\sigma_{0.2}$ (Pa)およびヤング率E(Pa)を以下のように定義する。

破断伸び率 E_L (%)=破断したときのひずみ×100=[破断したときの伸び(mm)/100(mm)]×100

0.2%耐力 $\sigma_{0.2}$ (Pa):ボンディングワイヤ用金合金線に0.2%の永久ひずみを与えた際の引張り応力(Pa)

ヤング率E(Pa):引張り応力とひずみが正比例する範囲における、引張り応力とひずみの比、すなわち引張り応力(Pa)/ひずみ

発明の効果

[0015] 上述のように、この発明のボンディングワイヤ用金合金線は、接合信頼性、圧着ボールの真円性、直進性、耐樹脂流れ性が優れ、この金合金線を使用してボンディングを行うと、半導体装置の歩留を向上させることができるなど産業上すぐれた効果を

もたらすものである。

発明を実施するための最良の形態

- [0016] 線径:50 μ mを有し、表1～3に示される成分組成を有する金合金線素材を1ダイスによる減面率が4. 8%で伸線加工することにより線径:19 μ mを有する金合金線を作製し、この金合金線を表4～6に示される温度で焼鈍することにより本発明ボンディングワイヤ用金合金線(以下、本発明ワイヤといふ)1～27、比較ボンディングワイヤ用金合金線(以下、比較ワイヤといふ)1～19および従来ボンディングワイヤ用金合金線(以下、従来ワイヤといふ)1を製造し、半径:50mmの中間スプールに巻き取った。ここで、焼鈍および巻取り工程において、ワイヤの進路を変更させるために用いるシープ(滑車)は全て半径:9mmとした。中間スプールに巻き取られたワイヤを半径:25mのスプールに2000m巻取り、ワイヤの先端15mを捨て、ワイヤの破断伸び率E_L、ヤング率(Pa)E、0. 2%耐力(Pa) $\sigma_{0.2}$ を測定し、さらに $\sigma_{0.2}/E$ を算出し、その結果を表4～6に示した。これらの各測定に際してサンプル数は5本とし、その平均値を求めた。
- これら表1～3に示される成分組成および表4～6に示される機械的特性を有する本発明ワイヤ1～27、比較ワイヤ1～20および従来ワイヤ1をKulicke & Soffa製のワイヤボンダー(マクサムプラス)にセットし、半導体ICチップが搭載された基板に、加熱温度:150°C、
- ループ長さ:5mm、
- ループ高さ:220 μ m、
- 圧着ボール径:34 μ m、
- 圧着ボール高さ:8 μ m、
- の条件でボンディングを行って、下記の測定を行うことにより直進性、圧着ボールの真円性、接合信頼性およびAlパッドの損傷の有無についての評価を行った。
- 直進性評価:
- パッドピッチ:45 μ m間隔で各サンプルにつき10000ループを作製し、隣のループ同士の接触する個所の数(接触数)を測定し、その結果を表4～6に示すことにより直進性を評価した。

圧着ボールの真円性評価:

各サンプルにつき100個の圧着ボールを観察し、すべて良好な場合は○、1個でも不良が有る場合は×とし、その結果を表4～6に示すことによりボールの真円性を評価した。接合信頼性評価:

ボンディングしたサンプルを、200°Cの空気中で1000時間保管した後に、圧着ボール直上のループの曲がり(キング)にツールを引っかけてプル試験(各サンプルにつき100個)を行った。プル試験での破断は、ネック部で破断するか、圧着ボールとAlパッドの接合界面で破断(ボールリフト)する。圧着ボールを観察し、全てネック部での破断の場合は○、1個でもボールリフトがある場合は×として評価した。

Alパッドの損傷の有無:

各サンプルにつき100個の圧着ボールを観察してAlパッドの損傷の有無を調べ、全てのAlパッドに損傷が見つからない場合は○、1個でも損傷が見つかった場合は×として評価した。

さらに、表1～3に示される成分組成および表4～6に示される機械的特性を有する本発明ワイヤ1～27、比較ワイヤ1～20および従来ワイヤ1について、ループ高さ、耐樹脂流れ性についての評価を行った。

ループ高さ:

表1～3に示される成分組成および表4～6に示される機械的特性を有する本発明ワイヤ1～27、比較ワイヤ1～20および従来ワイヤ1をKulicke & Soffa製のワイヤボンダー(マクサムプラス)にセットし、リバースを行わずに、圧着ボール径:34 μm、圧着ボール高さ:8 μm、ループ長さ:1mmの条件でルーピングを行い、光学顕微鏡を用い、ループ最高部とAlパッド面の高さを測定し、その差をループ高さとして求め、その結果を表4～6に示すことによりループ高さを評価した。

耐樹脂流れ性:

ループ長さ:3.5mmの条件でボンディングした半導体ICが搭載された基板を、モールディング装置を用いてエポキシ樹脂で封止した後、軟X線非破壊検査装置を用いて樹脂封止した半導体チップ内部をX線投影し、ワイヤ流れが最大の部分の流れ量を20本測定し、その平均値をループ長さで除算した値(%)を樹脂流れと定義し、こ

の樹脂流れを測定し、その結果を表4～6に示すことにより耐樹脂流れ性を評価した

。

[0017] [表1]

ワイヤ 本発明	金合金線の成分組成(質量ppm)							Ca+Eu+Be+La
	Pt	Pd	Ir	Ca	Be	Eu	La	
1	5000	-	50	60	10	50	-	残 120
2	10000	-	50	60	10	50	-	残 120
3	20000	-	50	60	10	50	-	残 120
4	-	5000	50	60	10	50	-	残 120
5	-	10000	50	60	10	50	-	残 120
6	-	20000	50	60	10	50	-	残 120
7	2500	2500	50	60	10	50	-	残 120
8	5000	5000	50	60	10	50	-	残 120
9	10000	10000	50	60	10	50	-	残 120
10	5000	5000	1	60	10	50	-	残 120
11	5000	5000	200	60	10	50	-	残 120
12	5000	5000	50	20	10	50	-	残 80
13	5000	5000	50	200	10	40	-	残 250
14	5000	5000	50	60	-	50	-	残 110
15	5000	5000	50	60	30	50	-	残 140
16	5000	5000	50	60	10	10	-	残 80
17	5000	5000	50	40	10	200	-	残 250
18	5000	5000	50	60	10	50	10	残 130
19	5000	5000	50	60	10	50	50	残 170
20	5000	5000	50	30	-	20	200	残 250

[0018] [表2]

ワイヤ	合金金線の成分組成 (質量 ppm)								Ca+Eu+Be+La
	Pt	Pd	Ir	Ca	Be	Eu	La	Ag	
本発明	21 5000	5000	50	60	10	50	-	-	残 120
	22 5000	5000	50	60	10	50	-	5	残 120
	23 5000	5000	50	60	10	50	-	20	残 120
	24 5000	5000	50	30	-	20	-	-	残 50
	25 5000	5000	50	80	10	80	80	-	残 250
	26 5000	5000	50	60	10	50	-	-	残 120
	27 5000	5000	50	60	10	50	-	-	残 120
1	3000*	-	50	60	10	50	-	-	残 120
2	30000*	-	50	60	10	50	-	-	残 120
3	-	3000*	50	60	10	50	-	-	残 120
4	-	30000*	50	60	10	50	-	-	残 120
比較	5 1500*	1500*	50	60	10	50	-	-	残 120
	6 15000*	15000*	50	60	10	50	-	-	残 120
	7 5000	5000	-*	60	10	50	-	-	残 120
	8 5000	5000	300*	60	10	50	-	-	残 120
	9 5000	5000	50	10*	10	50	-	-	残 70
	10 5000	5000	50	220*	10	20	-	-	残 250
	11 5000	5000	50	60	40*	50	-	-	残 150
12	5000	5000	50	60	10	4*	-	-	残 74

*印はこの発明の範囲から外れている値であることを示す。

[0019] [表3]

ワイヤ	金合金線の成分組成(質量ppm)							Ca+Eu+Be+La
	Pt	Pd	Ir	Ca	Be	Eu	La	
13	5000	5000	50	30	-	220*	-	250
14	5000	5000	50	20	-	10	220*	250
15	5000	5000	50	60	10	50	-	120
16	5000	5000	50	20	-	10	-	30*
17	5000	5000	50	90	15	90	90	285*
18	5000	5000	50	60	10	50	-	120
19	5000	5000	50	60	10	50	-	120
従来1	5000	5000	50	20	10	Y:20	-	-

*印はこの発明の範囲から外れている値であることを示す。

[0020] [表4]

ワイヤ 番号	焼鍊 温度 (°C)	機械的特性			接觸個 数(個)	圧着ボ ールの 真円性	接合信 頼性	樹脂 流れ (%)	ループ高 さ(μm)	A1バッ ドの状態
		破断伸 び率E ₁ (%)	ヤング 率E (GPa)	$\sigma_{0.2}/E \times 10^{-3}$						
1	520	4.1	90	2.4	220	20	○	○	2.3	71
2	520	4.0	88	2.5	224	16	○	○	2.2	74
3	521	4.0	93	2.5	234	23	○	○	2.2	75
4	520	4.3	88	2.5	217	20	○	○	2.2	73
5	520	4.0	90	2.4	220	15	○	○	2.4	73
6	519	4.1	93	2.4	227	16	○	○	2.1	71
7	519	4.1	89	2.4	216	16	○	○	2.4	72
8	521	4.3	92	2.4	221	21	○	○	2.1	74
9	522	4.3	90	2.6	234	18	○	○	2.3	74
10	522	4.2	90	2.6	229	20	○	○	2.5	79
11	522	4.2	90	2.5	228	15	○	○	2.2	75
12	510	4.3	78	2.3	179	30	○	○	3.0	77
13	545	4.4	95	2.9	271	8	○	○	1.8	63
14	531	4.3	88	2.5	221	16	○	○	2.7	63
15	508	4.4	93	2.9	270	11	○	○	2.3	83
16	512	4.3	82	2.6	211	29	○	○	3.0	78
17	541	4.1	98	2.8	278	14	○	○	2.0	64
18	518	4.2	92	2.6	236	20	○	○	2.2	73

[0021] [表5]

ワイヤ 番号	焼鈍 温度 (°C)	機械的特性				接觸個 数(個)	圧着ボ ールの 真円性	樹脂流 れ(%)	ループ 高さ(μ m)	Al/Niット ドの状態
		破断伸 び率E _L (%)	ヤング 率E (GPa)	$\sigma_{0.2}/E \times 10^{-3}$	$\sigma_{0.2}$ (MPa)					
本 発 明	19	524	4.2	92	2.7	244	18	○	○	○
	20	527	4.3	90	2.5	227	18	○	○	○
	21	521	4.2	88	2.5	222	20	○	○	○
	22	519	4.3	88	2.4	213	25	○	○	○
	23	521	4.2	90	2.5	224	24	○	○	○
	24	509	4.1	79	2.3	182	32	○	○	○
	25	531	4.3	98	3.0	294	5	○	○	○
	26	501	2.0	100	2.9	293	32	○	○	○
比較	27	539	10.0	82	2.3	189	23	○	○	○
	1	520	4.3	86	2.5	219	18	○	×	○
	2	519	4.4	93	2.5	234	16	○	○	○
	3	518	4.0	88	2.6	229	17	○	×	○
	4	519	4.3	94	2.4	231	21	○	○	○
	5	519	4.2	86	2.5	213	25	○	×	○
	6	521	4.0	92	2.5	235	20	○	○	○
	7	520	4.1	90	2.6	233	16	×	○	○
	8	519	4.4	92	2.5	231	16	○	○	○

[0022] [表6]

ワイヤ	焼鈍 温度 (°C)	機械的特性				接觸個 数(個)	圧着ボ ールの 真円性	接合信 頼性	樹脂流 れ(%)	ループ 高さ (μm)	Alパッ ドの状 態
		破断伸 び率E _L (%)	ヤング率 E(GPa)	$\sigma_{0.2}/E \times 10^{-3}$	$\sigma_{0.2}^2/(MPa)$						
9	511	4.4	74*	2.1*	156	293	○	○	4.8	87	○
10	547	4.4	96	2.9	278	14	○	○	2.0	62	×
11	506	4.2	93	3.0	277	11	×	○	2.0	88	×
12	511	4.4	78	2.1*	167	169	○	○	3.2	76	○
13	532	4.1	96	2.6	251	12	○	○	1.9	62	×
14	525	4.0	87	2.4	209	20	○	○	2.1	67	×
15	521	4.0	91	2.5	230	ステイツチボンドで剥がれあり					
16	505	4.1	74*	2.1*	158	288	○	○	4.5	71	○
17	536	4.2	101	3.0	303	4	○	○	1.8	75	×
18	502	1.5*	99	3.0	297	248	○	○	2.2	71	○
19	543	12.0*	75	2.1*	160	181	○	○	4.2	73	○
従来1	511	4.2	74*	2.1*	158	221	○	○	4.3	83	○

*印はこの発明の範囲から外れている値であることを示す。

[0023] 表1~6に示される結果から、本発明ワイヤ1~27は、直進性、圧着ボールの真円性

、接合信頼性、耐樹脂流れ性および耐Alパッド損傷性が良好であり、特に直進性、接合信頼性、圧着ボールの真円性および耐樹脂流れ性が良好であるに対し、比較ワイヤ1～19および従来ワイヤ1はこれら特性の少なくともいずれか一つは不良となることが分かる。

請求の範囲

- [1] PtおよびPdの内の1種または2種を合計で5000ppm～2質量%、
Ir:1～200ppm、
Ca:20～200ppm、
Eu:10～200ppm、
を含有し、残りがAuおよび不可避不純物からなる成分組成を有することを特徴とする
高い接合信頼性、圧着ボールの高い真円性、高い直進性および高い耐樹脂流れ性
を有するボンディングワイヤ用金合金線。
- [2] PtおよびPdの内の1種または2種を合計で5000ppm～2質量%、
Ir:1～200ppm、
Ca:20～200ppm、
Eu:10～200ppmを含有し、さらに、
Be:0. 1～30ppmを含有し、残りがAuおよび不可避不純物からなる成分組成を有
することを特徴とする高い接合信頼性、圧着ボールの高い真円性、高い直進性およ
び高い耐樹脂流れ性を有するボンディングワイヤ用金合金線。
- [3] PtおよびPdの内の1種または2種を合計で5000ppm～2質量%、
Ir:1～200ppm、
Ca:20～200ppm、
Eu:10～200ppmを含有し、さらに、
La:10～200ppmを含有し、残りがAuおよび不可避不純物からなる成分組成を有
することを特徴とする高い接合信頼性、圧着ボールの高い真円性、高い直進性およ
び高い耐樹脂流れ性を有するボンディングワイヤ用金合金線。
- [4] PtおよびPdの内の1種または2種を合計で5000ppm～2質量%、
Ir:1～200ppm、
Ca:20～200ppm、
Eu:10～200ppmを含有し、さらに、
Be:0. 1～30ppmを含有し、さらに、
La:10～200ppmを含有し、残りがAuおよび不可避不純物からなる成分組成を有

することを特徴とする高い接合信頼性、圧着ボールの高い真円性、高い直進性および高い耐樹脂流れ性を有するボンディングワイヤ用金合金線。

- [5] 前記Ca, Eu, BeおよびLaの内の1種または2種以上を合計で50～250ppmの範囲内で含有することを特徴とする請求項1、2、3または4記載の高い接合信頼性、圧着ボールの高い真円性、高い直進性および高い耐樹脂流れ性を有するボンディングワイヤ用金合金線。
- [6] さらにAg:1～20ppmを含有することを特徴とする請求項1、2、3、4または5記載の高い接合信頼性、圧着ボールの高い真円性、高い直進性および高い耐樹脂流れ性を有するボンディングワイヤ用金合金線。
- [7] ボンディングワイヤ用金合金線の0.2%耐力(Pa)を $\sigma_{0.2}$ 、ヤング率(Pa)をE、破断伸び率を E_L とすると、
 $E \geq 75 \text{ GPa}$,
 $(\sigma_{0.2} / E) \geq 2.2 \times 10^{-3}$,
 $2\% \leq E_L \leq 10\%$,
の条件を満たすことを特徴とする請求項1、2、3、4、5または6記載の高い接合信頼性、圧着ボールの高い真円性、高い直進性および高い耐樹脂流れ性を有するボンディングワイヤ用金合金線。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2006/311523

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L21/60 (2006.01) i, C22C5/02 (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, C22C5/02

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 1996-2006
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2006 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2006

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 8-109425 A (Tanaka Denshi Kogyo Kabushiki Kaisha), 30 April, 1996 (30.04.96), (Family: none)	1-7
A	JP 10-275820 A (Tanaka Denshi Kogyo Kabushiki Kaisha), 13 October, 1998 (13.10.98), (Family: none)	1-7
A	JP 11-45899 A (Sumitomo Metal Mining Co., Ltd.), 16 February, 1999 (16.02.99), (Family: none)	1-7

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	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"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
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 01 September, 2006 (01.09.06)	Date of mailing of the international search report 12 September, 2006 (12.09.06)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Faxsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInternational application No.
PCT/JP2006/311523

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-45900 A (Sumitomo Metal Mining Co., Ltd.), 16 February, 1999 (16.02.99), (Family: none)	1-7
A	JP 11-45901 A (Sumitomo Metal Mining Co., Ltd.), 16 February, 1999 (16.02.99), (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L21/60(2006.01)i, C22C5/02(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（IPC））

Int.Cl. H01L21/60, C22C5/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2006年
日本国実用新案登録公報	1996-2006年
日本国登録実用新案公報	1994-2006年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 8-109425 A (田中電子工業株式会社) 1996.04.30 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 10-275820 A (田中電子工業株式会社) 1998.10.13 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 11-45899 A (住友金属鉱山株式会社) 1999.02.16 (ファミリーなし)	1-7

 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」国際出願目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 01.09.2006	国際調査報告の発送日 12.09.2006
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/JP） 郵便番号100-8915 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） 田中 永一 電話番号 03-3581-1101 内線 3469 4R 9539

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 1 1 - 4 5 9 0 0 A (住友金属鉱山株式会社) 1 9 9 9 . 0 2 . 1 6 (ファミリーなし)	1 - 7
A	JP 1 1 - 4 5 9 0 1 A (住友金属鉱山株式会社) 1 9 9 9 . 0 2 . 1 6 (ファミリーなし)	1 - 7