

明 細 書

発明の名称：金（Au）合金ボンディングワイヤ

技術分野

- [0001] 本発明は、半導体の集積回路素子上の電極（パッド）と回路配線基板に接続する電極（外部リード）を接続するために使用する半導体素子のワイヤボンディング用の金（Au）合金ボンディングワイヤに関し、更に詳しくは、微量元素の表面偏析を抑制した直径 $20\mu\text{m}$ 以下の伸線加工された金（Au）合金ボンディングワイヤに関する。

背景技術

- [0002] 従来、半導体装置に用いられる半導体チップ上のパッドと外部リードを接続する線径 $25\sim 35\mu\text{m}$ 程度の線としては、純度 99.99% 以上の高純度金からなる金（Au）合金ボンディングワイヤが多用されている。

通常、金（Au）合金ボンディングワイヤを接続する方法においては、第一ボンドでは、超音波併用熱圧着ボンディング法が主として用いられる。

この方法では、キャピラリー先端から露出したワイヤ先端を微小放電により加熱溶融し、表面張力によりボールを形成させた後に、 $150\sim 300^{\circ}\text{C}$ の範囲内で加熱した半導体素子の電極上にボール部を圧着接合（ボールボンディング）せしめ、その後の第二ボンドでは、直接ボンディングワイヤを外部リード側に超音波圧着により接合（ウェッジボンディング）させる。

- [0003] トランジスタやIC等の半導体装置として使用するためには、前記のボンディングワイヤによるボンディングの後に、半導体チップ、ボンディングワイヤ、および半導体チップが取り付けられた部分のリードフレーム等を保護する目的で、エポキシ樹脂で封止する。

最近では、半導体装置の小型化、薄型化、高機能化および高信頼性化の要求が高まる中で、金ボンディングワイヤに必要とされる特性も多様化しており、半導体チップの多ピン化及びこれに伴う狭ピッチ化に対応するため、金ボンディングワイヤをより細線化しても、なおかつ、所要の強度、あるいは第

一ボンドにおける圧着ボールの真円度や第二ボンドにおける接合信頼性等、更には接合の長期信頼性の向上が要求されている。

[0004] 特に、半導体装置の一層の小型化、薄型化および高機能化に伴い、半導体装置の大きさが小さくなっている。それに伴って、単位面積あたりの入出力端子の数が増大して、パッドピッチ（パッド中心間距離）の大きさも $100\ \mu\text{m}$ から $80\ \mu\text{m}$ 、 $60\ \mu\text{m}$ へと小さくなってきている。このためボンディングワイヤの線径も $25\ \mu\text{m}$ から $20\ \mu\text{m}$ 以下へと細くなり始めており、一部では $15\ \mu\text{m}$ 以下の線径の試みもなされている。

ところが、ボンディングワイヤの線径が細くなると、ワイヤ自身の絶対的な剛性が低下するとともに熔融ボールの直径も小さくなるため、 $25\ \mu\text{m}$ の線径では問題にならなかったようなリーニングや圧着ボールの接合強度不足、接合の長期信頼性不足などの不具合が発生するようになった。ここで、「リーニング」とは、第一ボンドと第二ボンドの間に張られたワイヤが左右に倒れる現象で、その結果、隣接するワイヤ同士が間隔が狭くなったり、接触したりする不具合が起こる。

[0005] そこで、特許文献 1 に例示されるように、高密度化に対応する $50\ \mu\text{m}$ の狭ピッチに対して線径が $20\ \mu\text{m}$ ボンディングワイヤについて、P 化合物、水酸化物を含有する環境調和封止樹脂により封止したボンディングワイヤの接合信頼性向上のため、Cu、Pd、Pt、Zn、Ag（第一元素群）から選ばれた少なくとも一種以上の元素の総計濃度 (C1) が $0.005 \sim 1.5$ 質量%、の範囲であり、Ca、Ce、Eu、Dy、Y（第二元素群）から選ばれた少なくとも一種以上の元素の総計濃度 (C2) が $0.001 \sim 0.06$ 質量%の範囲であり、La、Mg、Gd、Tb、Ni（第三元素群）から選ばれた少なくとも一種以上の元素の総計濃度が (C3) が $0.001 \sim 0.05$ 質量%であり残部が金及び不可避免的不純物からなる金合金ボンディングワイヤ（段落 026）が開示されている。

[0006] ところで、金 (Au) 合金ワイヤに微量元素を添加した場合、金 (Au) 合金ワイヤに比較して、微量元素を高濃度にすればするほど金 (Au) 合金ワイヤの絶対的な剛性が高くなり、各種の性能が向上する反面、望ましくな

い性能も合わせて現出することもある。

金（Au）合金マトリックスにループ形成性が向上する傾向にある微量元素を添加した場合に、金（Au）ボールの形成性が悪くなってしまうたり、ウェッジ接合性が悪くなってしまうことがある。さらに、金（Au）合金マトリックスに含有させた添加元素が溶融ボールの表面のワイヤ表面に析出して酸化したり、ボール先端に引け巣と呼ばれる窪みが発生したりする。添加元素がワイヤ表面に析出したり、酸化したりすると半導体装置上のパッドにボールボンディング（金（Au）とアルミニウム（Al）の接合）した際や外部リードにウェッジボンディング（金（Au）と銀（Ag）の接合など）させた際に金属的に接合できずに接合不良を起こす原因になる。また、溶融ボールに引け巣ができたまま半導体装置上のパッドにボールボンディングすると中抜けと呼ばれる圧着部の中央に金属的に接合しない領域ができ、全体的な接合強度が落ちる現象も起こる。

また、圧着ボールの形状がいびつになり、狭いピッチ間隔のボールボンディングが困難となる等の問題とか、ボールの硬度が上昇したことによりチップ割れや、パッドダメージ（パッドが下地から剥がれたり、Alスプラッシュと呼ばれるAlをパッド外に追い出して膜厚が減少するなどの不具合）の発生比率が上昇する問題があり、微量元素を多量に添加させることはできない。

例えば、カルシウム（Ca）を単独で添加して強度を確保していた場合、カルシウム（Ca）は極細線の表面に部分的に析出することがあり、この表面析出したカルシウム（Ca）が酸化されて表面酸化膜を形成する結果、第一ボンドのボール形状や接合性が安定しないために、圧着ボールの真円度を悪くしたり、第二ボンドのウェッジ接合性を悪くしたりすることがあった。

[0007] また、添加する元素が多種類で複雑になると、金（Au）合金中ではこれらの元素が複雑に機能して溶融ボールの表面に析出するため、良好な初期接合が得られず、信頼性の高い第一ボンドと第二ボンドの接合性が得られなくなる傾向が強まる。そこで、特許文献2に記載されているように、合金元素

の種類と添加量を調整して大気中でボールボンディングしても、その溶融ボールや極細線の表面に酸化膜が形成することなく接合性が良好で、経時的にも金属間化合物生成の傾向が低いボンディングワイヤが開発された。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開2003-133362公報

特許文献2：W02006-35803公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] ところが、線径が $20\mu\text{m}$ 以下の細いワイヤになると、線径が $23\mu\text{m}$ の細いワイヤよりもさらにワイヤの機械的強度を30%以上高める必要があるが、機械的強度を高くすると一般的にワイヤの屈曲性が低くなる。そのため、大気中の溶融ボールや極細線の表面に酸化膜が形成することがなく、かつ、機械的強度の高いワイヤを用いて第一ボンドから第二ボンドへループを描いた場合であっても、第一ボンドの圧着ボールの付け根に亀裂が入りやすくなり、いわゆるネックダメージやネック破断の原因となるという問題が発生した。

これは、特許文献1の段落0033～0034に記載されているように、パラジウム（Pd）等の第一元素群を含む金合金にGaなどの第二元素、Laなどの第三元素を所定量添加したボンディングワイヤにおいて改善された接合性やボール形状の真球度向上によっても解消されない。

カルシウム（Ca）やベリリウム（Be）や希土類元素は微量添加すると、亜鉛（Zn）等に比し、あまり溶融ボール表面に析出してこない元素である。

しかし、大気中で何10万回も連続してボールボンディングしていくと、キャピラリー表面や先端部に析出物やその酸化物が蓄積するため、第一ボンドや第二ボンドの圧着形状を悪くして接合強度不足や不着などの不具合を起

す、また、キャピラリー表面や先端部の滑り性が悪くなるため、第一ボンド

後のルーア形成時に圧着ボールの付け根に応力加わり、亀裂が入りやすく

なる。さらに、キャピラリーの滑り性が悪くなると、リーニンク以外にもル

ーア高さ異常やS字曲がりなどのルーア形成性の悪化、そしてその結果とし

てのエポキシ樹脂で封止時のワイヤ流れの原因にもなる。これらは最近の半

導体装置の小型化、高密度化に伴い、これまで以上に隣接するワイヤ同士の

間隔が狭くなったり、接触したりする不具合の要因に発展する。また、ボン

ディングアシーンの性能の向上と共に、ボンディング速度（単位時間当たり

のボンディング数）も増加しているが、ボンディング速度が増加すると、キ

ャピラリー表面の滑り性の悪化（摺動抵抗の増加）も増加しているが、ボン

ディング速度が増加すると、キャピラリー表面や先端部の滑りの悪化（摺動

抵抗の増加）による影響はより顕著に現れる。

[0010] 本発明は、線径が $20\mu\text{m}$ 以下の細いワイヤであっても、金（Au）-パラ

ジウム（Pd）等の金（Au）合金アトリックス中で微量元素が偏析するこ

となく均一に分布し、また、微量の析出物があってもキャピラリー表面や先

端部を滑らかに保つことにより摺動抵抗を増加させず、ネックダメージやル

ーア形成時の不具合等が生じないボンディングワイヤを提供することを課題

とする。

これらの課題は、微量元素の添加量が 100ppm 以下の場合でも該当

する。

課題を解決するための手段

[0011] 本発明者らは、前記課題を解決すべく鋭意研究を重ねた結果、本発明を完

成するに至った。

即ち、本発明によれば、以下に示す金（Au）合金ボンディングワイヤが

提供される。

(1) 99.99質量%以上の高純度金（Au）に99.9質量%以上の

高純度のパラジウム（Pd）、白金（Pt）および銅（Cu）のうち少なく

とも1種を合計で、0.05～2質量%含有させた金（Au）合金アトリッ

クス中に微量元素を含有させた合金からなる直径 $20\mu\text{m}$ 以下の伸線加工されたボールボンディング用の極細線であって、該微量元素が $5\sim 50$ 質量ppmのカルシウム(Ca)と、 $5\sim 50$ 質量ppmのマグネシウム(Mg)と、 $5\sim 50$ 質量ppmのランタン(La)とからなることを特徴とする金(Au)合金ボンディングワイヤ。

[0012] (2) 99.999 質量%以上の高純度金(Au)に 99.9 質量%以上の高純度のパラジウム(Pd)、白金(Pt)および銅(Cu)のうち少なくとも1種を合計で、 $0.05\sim 2$ 質量%含有させた金(Au)合金マトリックス中に微量元素を含有させた合金からなる直径 $20\mu\text{m}$ 以下の伸線加工されたボールボンディング用の極細線であって、該微量元素が $5\sim 50$ 質量ppmのカルシウム(Ca)と、 $5\sim 50$ 質量ppmのマグネシウム(Mg)と、 $5\sim 50$ 質量ppmのランタン(La)と、 $1\sim 20$ 質量ppmのベリリウム(Be)とからなることを特徴とする金(Au)合金ボンディングワイヤ。

[0013] (3) 99.999 質量%以上の高純度金(Au)に 99.9 %以上の高純度のパラジウム(Pd)、白金(Pt)および銅(Cu)のうち少なくとも1種を合計で、 $0.05\sim 2$ 質量%含有させた金(Au)合金マトリックス中に微量元素を含有させた合金からなる直径 $20\mu\text{m}$ 以下の伸線加工されたボールボンディング用の極細線であって、該微量元素が $5\sim 50$ 質量ppmのカルシウム(Ca)と、 $5\sim 50$ 質量ppmのマグネシウム(Mg)と、 $5\sim 50$ 質量ppmのランタン(La)と、セリウム(Ce)、イットリウム(Y)およびユーロピウム(Eu)の内の少なくとも1種を合計で $1\sim 30$ 質量ppm含量することからなることを特徴とする金(Au)合金ボンディングワイヤ。

[0014] (4) 99.999 質量%以上の高純度金(Au)に 99.9 質量%以上の高純度のパラジウム(Pd)、白金(Pt)および銅(Cu)のうち少なくとも1種を合計で、 $0.05\sim 2$ 質量%含有させた金(Au)合金マトリックス中に微量元素を含有させた合金からなる直径 $20\mu\text{m}$ 以下の伸線加工さ

れたボールボンディング用の極細線であって、該微量元素が5～50質量のppmカルシウム（Ca）と、5～50質量ppmのマグネシウム（Mg）と、5～50質量ppmのランタン（La）と、1～20質量ppmのベリリウム（Be）と、セリウム（Ce）、イットリウム（Y）およびユーロピウム（Eu）の内の少なくとも1種を合計で1～30質量%ppm含有することからなることを特徴とする金（Au）合金ボンディングワイヤ。

[0015] （5）全微量元素の合計が100質量ppm以下である請求項1～4の何れかに記載の金（Au）合金ボンディングワイヤ。

発明の効果

[0016] 本発明の金（Au）合金の成分組成によれば、ボンディングワイヤの線径が20μm以下の細い線径となっても、キャピラリーの表面性悪化を原因とする圧着ボールのネックダメージを防ぐことができる効果がある。

また、本発明の金（Au）合金の成分組成はこれまでよりも機械的強度を高めているので、23μmを超える線径の場合と同様にリーニングの抑制効果、ワイヤ流れ抑制効果を併せ持っている。

なお、本発明の金（Au）合金の成分組成によれば、溶融ボールが真球である効果、並びに、圧着ボールが真円となる効果はこれまで通り兼ね備えている。

また、本発明では、微量元素ないし不純物を極力少なくすることにより、さらにキャピラリーの表面性悪化を抑制することにより、第一ボンド及び第二ボンドにおいて圧着形状の悪化や不着の発生が無く、一層確実に大気中で何10万回も連続してボンディングすることができる。

発明を実施するための形態

[0017] 本発明の金（Au）合金ボンディングワイヤは、マトリックス合金として、（i）

99.999質量%以上の高純度の金（Au）と（ii）99.9質量%以上の高純度のパラジウム（Pd）、白金（Pt）および銅（Cu）のうち少なくとも1種を合計で、0.05～2質量%を含有し、そのマトリックス合

金中に含有させる微量元素を調整・選定することによって、所望の性能を得るものである。

[0018] パラジウム（P d）、白金（P t）および銅（C u）の元素は、金（A u）と完全に固溶するが、希薄な二元合金となった場合、これらの元素は金（A u）に対して表面偏析しやすい元素となる。そこで、これらの元素の含有量が最大2質量%なので、純度を99.9質量%以上とした。純度はできるだけ高いものが望ましく、不純物の影響を避けるため99.99質量%以上が好ましい。特に、銅（C u）は、純度99.999質量%以上とすることが好ましい。これらの元素のうちパラジウム（P d）と白金（P t）は、大気中で酸化せず溶融ボール形成時に蒸発してもキャピラリーを汚染しないので、銅（C u）よりも好適である。

また、パラジウム（P d）は、白金（P t）よりも酸化しやすいがキャピラリーのセラミックスに対する析出物や酸化物の堆積防止効果が白金（P t）よりも高いので、最も好適である。マトリックス合金中に、パラジウム（P d）と白金（P t）と銅（C u）の内のいずれか2種以上を共添加するとき、添加割合の比に特に制限はない。パラジウム（P d）も白金（P t）も金（A u）に対して同等のマトリックス効果を発揮するからである。

[0019] 本発明において、パラジウム（P d）、白金（P t）および銅（C u）のうち少なくとも1種を合計で、0.05質量%未満では、純度99.99質量%以上の純金ワイヤに接近し、直径20 μ m以下の極細線にした場合、ボンディングワイヤの機械的強度が十分ではなく、リーニングが生じるからである。安定した効果を発揮するためには、その合計の下限は0.05質量%以上、より好ましくは0.08質量%以上がよい。また、これらの希薄な合金化元素の合計が2質量%を超えると、ボールボンディングした際、これまでと同様に溶融ボールが硬くなりすぎてチップ割れを起こしやすくなるとともに、圧着ボールの接合強度が十分ではなくなるから、その合計の上限は2質量%以下である。安定した効果を発揮するために、より好ましくは、1.5質量%以下がよい。

[0020] 本発明の金（A u）合金ボンディングワイヤは、微量元素として、（i）カルシウム（C a）とマグネシウム（M g）とランタン（L a）の共添加を必須とし、（i i）ベリリウム（B e）を任意の第一の添加元素とし、（i i i）セリウム（C e）、イットリウム（Y）およびユーロピウム（E u）のいずれかを第二グループの任意の添加元素とするものである。

カルシウム（C a）とマグネシウム（M g）とランタン（L a）の共添加を必須成分とすることにより、ボンディングワイヤの溶融ボールの表面偏析を抑制するだけでなくキャピラリー表面性を悪化しないからである。キャピラリー表面性悪化の防止効果は、第一グループと第二グループの任意の添加元素を追加しても維持される。

このキャピラリーの表面性悪化が防止されることによって、キャピラリー内を通過するボンディングワイヤの摺動抵抗上昇が抑えられる。その結果、数10万回ボンディングした後であっても、ボンディングワイヤのネックダメージを防止することができるのである。

[0021] 本発明において、（i）カルシウム（C a）とマグネシウム（M g）とランタン（L a）の共添付を必須成分としたのは、次の理由による。

カルシウム（C a）とマグネシウム（M g）とランタン（L a）は、いずれも第二ボンドにおけるウェッジ接合性を向上する効果を持つ。20 μ m以下の細線化した場合、第二ボンドの接合性が低くなりやすい傾向にあるので、共添加が必要である。特にマグネシウム（M g）は、添加による第二ボンドの接合性の向上効果が著しい。マグネシウム（M g）の下限を5質量ppmとしたのは、これ未満では第二ボンドの接合性の向上効果がないからである。なお、マグネシウム（M g）の純度は、それぞれ99.9質量%以上、好ましくは99.99質量%以上がよい。これらの元素を共添加しても、金（A u）とパラジウム（P d）、白金（P t）および銅（C u）の希薄な二元合金中で表面偏析してくることがない。特にカルシウム（C a）は、金（A u）単体金属中では表面偏析することがある元素であるが、本発明の希薄な二元合金中では表面偏析がみられない。また、本発明の希薄な二元合金中

の表面偏析に及ぼすカルシウム（Ca）とマグネシウム（Mg）とランタン（La）の3元素の相互作用は認められない。よって、連続して何10万回もボンディングしても、キャピラリーの表面性悪化や先端のワイヤ出口近傍内部への析出物やその酸化物の堆積が進行せず、キャピラリーがワイヤに及ぼす摺動抵抗や圧着ボールに及ぼす圧着力や圧着ボールから奪う熱エネルギーはいつも一定になる。このため初期のボンディング条件を適度に設定しておけば、何10万回ボンディングした後であっても初期のボンディング条件がそのまま維持され、ボンディング時の圧着ボールにネックダメージが残ることがない。

[0022] また、これらの元素のうちカルシウム（Ca）とランタン（La）は機械的強度を高める。すなわち、伸線加工時にこれらの添加元素は、相乗効果により極細線の表皮層の機械的強度を高めるので、ワイヤが細くなればなるほどワイヤ中心部の機械的強度の影響がなくなり、表皮層の機械的強度がそのままワイヤ全体の機械的強度となるからである。カルシウム（Ca）とランタン（La）の下限をそれぞれ5質量ppmとしたのは、これ未満では伸線された極細線の機械的強度を高めることができないからである。なお、ランタン（La）の純度は、99.9質量%以上、好ましくは99.99質量%以上がよい。カルシウム（Ca）の純度は、99質量%以上、好ましくは99.5質量%以上である。

[0023] また、これらの元素は、真球状の溶融ボールを形成し、真円状の圧着ボールを形成する。すなわち、金（Au）合金マトリックスの溶融ボールにおいてこれらの元素は、圧着時にキャピラリー表面性を悪化したり、先端部に堆積したりすることがない。またカルシウム（Ca）とマグネシウム（Mg）とランタン（La）を共添加しても、他の金属元素同様、金（Au）合金ワイヤの圧着時にキャピラリー表面に若干の堆積は見られる。しかし、これらの共添加元素は表面性の悪化が極少なく、数10万回ボンディングしてもキャピラリーの表面性を悪化させたり、先端部に析出物やその酸化物が堆積することはない。カルシウム（Ca）とマグネシウム（Mg）とランタン（La）

）の上限をそれぞれ50質量ppmとしたのは、この値を超えると、直径20 μ m以下の極細線をボールボンディングする際に真球状の溶融ボールを得られなかったり、真円状の圧着ボールが得られなかったりするからである。真球状の溶融ボールと真円状の圧着ボールをより確実に得るには、カルシウム（Ca）とマグネシウム（Mg）とランタン（La）の上限がそれぞれ40質量ppmで、且つそれらの合計が100質量ppm以下であることが好ましく、さらに、全微量元素の合計が100質量ppm以下であることがなお一層好ましい。前記金（Au）合金マトリックス中の全微量元素の総合計が100質量ppmを超えると、溶融ボール表面に酸化物が生成しやすくなるため、偶発的に第一ボンドにおける接合性が悪くなったり、キャピラリーの表面性を悪化させたりする可能性があるからである。

さらに、マグネシウム（Mg）またはランタン（La）の場合、それぞれ50質量ppmを超えると、直径20 μ m以下の極細線の第二ボンドにおけるウェッジ接合性を低下する。

[0024] 本発明において、ベリリウム（Be）を任意の第一の添加元素としたのは、次の理由による。

ベリリウム（Be）は、カルシウム（Ca）とマグネシウム（Mg）とランタン（La）の必須成分元素との共存下において金（Au）とパラジウム（Pd）、白金（Pt）および銅（Cu）の希薄な二元合金の圧着時にキャピラリー表面性を悪化させない効果をもつ元素である。このため、ベリリウム（Be）と必須成分元素との共存下において希薄な二元合金のボンディングワイヤを何10万回ボンディングした後であっても、第一ボンドや第二ボンドの形状を悪化させたり、不着を発生させたり、ボンディング時の圧着ボールにネックダメージを起こしたりすることがない。

[0025] また、ベリリウム（Be）は、本発明の必須成分元素、特にランタン（La）との共存下において圧着ボールの真円度をより一層高める。なお、ベリリウム（Be）の純度は、99質量%以上、好ましくは99.9質量%以上がよい。また、ベリリウム（Be）は、本発明の必須成分元素、特にカルシウム

Δ (Ca) との共存下において希薄な二元合金の伸線加工による極細線の表皮層の機械的強度をより一層高め、直径 20 μm 以下の極細線であってもボンドイングしたときのワイヤのリーニングをより一層防止する。ベリリウム (Be) の下限を 1 質量 ppm としたのは、これ未満ではベリリウム (Be) による機械的強度の向上効果がみられないからである。

他方、ベリリウム (Be) は溶融ボールの硬さを硬くする。極細線が細くなると溶融ボールも小さくなり、ボールボンドイングする際のパッドに与えるチップダメージは大きくなる。ベリリウム (Be) の上限を 20 質量 ppm としたのは、これを超えると直径 20 μm 以下の極細線をボールボンドイングする際に溶融ボールが硬くなりすぎてチップ割れを起こしやすくなるからである。また、キヤピラリー表面や先端部に析出物やその酸化物が堆積することもある。安定した効果を発揮するためには、好ましくは 15 質量 ppm 以下がよい。

[0026] 本発明において、セリウム (Ce)、イットリウム (Y) およびユーロピウム (Eu) のいずれかを第二グループの任意の添加元素としたのは、次の理由による。

これらの希土類元素は、必須成分元素との共存下において本発明の希薄な二元合金の圧着時にキヤピラリーの表面性を悪化させないという効果をもつ元素である。すなわち、これらの希土類元素はランタン (La) と同様にキヤピラリー表面性を悪化させたり、析出物やその酸化物の堆積が進行していきたりすることがない。このため連続して何 10 万回もボンドイングしても、第一ボンドや第二ボンドの形状悪化やキヤピラリーの表面性を悪化などが進行しないので、ボンドイングしたときの圧着ボールにネックダメージが残ることがない。キヤピラリーの表面性の悪化などは、セリウム (Ce) およびイットリウム (Y) のほうがユーロピウム (Eu) よりも少ない。なお、セリウム (Ce)、イットリウム (Y) およびユーロピウム (Eu) の純度は、それぞれの 99.9 質量%以上、好ましくは 99.99 質量%以上がよい。

[0027] また、これらの希土類元素は、必須成分元素、特にランタン（L a）との共存下において本発明の希薄な二元合金の伸線加工により極細線の表皮層の機械的強度をより一層高め、直径20 μ m以下の極細線であってもボンディングしたときのワイヤのリーニングをより一層防止する。すなわち、これまでも知られているように、極細線自身の剛性を増すことにより、ループ形成性を維持するとともに、第一ボンディングにおける圧着ボールの真円度を維持することができる元素である。これらの効果はベリリウム（B e）と同様である。これらの希土類元素の下限を1質量ppmとしたのは、これ未満ではベリリウム（B e）と同様、機械的強度の向上効果がみられないからである。また、これらの希土類元素の上限を20質量ppmとしたのは、ベリリウム（B e）と同様、これを超えると直径20 μ m以下の極細線をボールボンディングする際に熔融ボールが硬くなりすぎてチップ割れを起こしやすくなるからである。

[0028] 本発明においては、ベリリウム（B e）を任意の第一の添加元素とし、セリウム（C e）、イットリウム（Y）およびユーロピウム（E u）のいずれかを第二グループの任意の添加元素として併せて添加することができる。ベリリウム（B e）と第二グループの任意の添加元素とを併用しても、本発明の希薄な二元合金において表面偏析が生じることはない。なお、第二グループの任意の希土類元素は、本発明の希薄な二元合金においてランタン（L a）と同様の効果を奏するものと考えられる。

実施例

[0029] 次に、本発明を実施例および比較例により詳述する。

[実施例1～44]

表1に実施例（No. 1～44）の各試料の成分組成を示す。

純度99.999質量%の高純度金（A u）に純度99.99質量%の高純度パラジウム（P d）、白金（P t）または純度99.999質量%の高純度銅（C u）との希薄二元合金（A u）合金に、微量元素として表1に記載の数値（質量ppm）になるように微量元素を配合し、真空溶解炉で溶解鑄造

した。

これを連続して伸線加工し、線径が $15\mu\text{m}$ および $18\mu\text{m}$ のところで最終熱処理して伸び率を4%に調整した。

[0030]

[表1]

実施例の金合金ワイヤの成分組成

実施例 No.	マトリックス合金 (単位は質量%)				微量添加元素 (単位は質量ppm)						
	Au	Pd	Pt	Cu	必須成分			任意成分			
					Ca	Mg	La	Be	Y	Ce	Eu
1	残部	0.10			10	40	10				
2	残部		0.10		20	30	15				
3	残部			0.10	30	20	20				
4	残部	0.25			10	10	15				
5	残部		0.25		10	30	20				
6	残部			0.25	15	35	25				
7	残部	0.50			15	10	40				
8	残部		0.50		25	30	30				
9	残部			0.50	30	15	35				
10	残部	0.75			30	30	35				
11	残部		0.75		40	10	15				
12	残部			0.75	40	35	20				
13	残部	1.00			15	10	10				
14	残部		1.00		25	15	10				
15	残部			1.00	10	10	15	5			
16	残部	1.50			10	30	20	15			
17	残部		1.50		15	35	25	10			
18	残部			1.50	15	10	40		25		
19	残部	0.10	1.00		25	30	30		15		
20	残部	0.25	0.10		30	15	35		10		
21	残部	0.75		0.25	30	20	30			15	
22	残部		0.75	0.75	40	10	14			5	
23	残部	0.10	0.10	0.10	35	15	10			25	
24	残部	0.03	0.03	0.03	30	10	15	5		10	
25	残部	0.10			25	15	10	10	10	10	
26	残部		0.10		20	25	20				10
27	残部			0.10	15	10	30		15	10	
28	残部	0.25			20	30	10		15		10
29	残部		0.25		25	15	20	5	25		
30	残部			0.25	10	20	25	8	5		15
31	残部	0.50			40	10	15	10		11	
32	残部		0.50		30	20	10	5			25
33	残部			0.50	10	10	15	5	5	5	
34	残部	0.75			10	30	20	8		15	5
35	残部		0.75		15	30	15	15	5	5	10
36	残部			0.75	15	10	40	5	5	10	5
37	残部	1.00			45	40	40				
38	残部		1.00		35	45	40				
39	残部			1.00	30	35	45				
40	残部	1.50			40	30	40	10			20
41	残部		1.50		45	35	25		25		
42	残部			1.50	30	30	30	15		10	15
43	残部	0.10	1.00		25	40	40	10	5	10	10
44	残部	0.30	0.10		45	30	10		10	10	5

[0031] [比較例No. 1～5]

実施例と微量元素の成分組成だけが異なる希薄二元金（Au）合金の比較例の各試料の組成を表2に示す。希薄二元金（Au）合金の極細線は実施例と同様に、線径が $18\mu\text{m}$ および $15\mu\text{m}$ のところで最終熱処理し、伸び率を4%に調整し、実施例と同様に評価した。

[0032] [表2]

比較例の金合金ワイヤの成分組成

比較例 No.	マトリックス合金 (単位は質量%)				微量添加元素 (単位は質量ppm)						
	Au	Pd	Pt	Cu	必須成分			任意成分			
					Ca	Mg	La	Be	Y	Ce	Eu
1	残部	0.03									
2	残部	1.00	1.00	1.00							
3	残部	0.50	1.00		3	30	75				
4	残部			1.00	15	20	10	40			
5	残部	0.10			40	10	15		25	80	60

[0033] これらの極細線をSiチップ上に $50\mu\text{m}$ 角のA1パット（膜厚：約 $1\mu\text{m}$ ）大気中で超音波併用熱圧着方式によるボールボンディング法により連続して第一次ボンディングを、その後Agめっきされた42アロイから成るリードとの間で超音波併用熱圧着方式によるウェッジ方式ボンディング法により第二次ボンディングをして結線した。第一ボンドではすべてのボールが $50\mu\text{m}$ のA1パット内に形成されていた。

実施例及び比較例の各ボンディングワイヤのネック強度評価は次のように行った。ループスパンは3mm、ループ高さは $200\mu\text{m}$ とした。ネック強度はボンディングの際のパラメーター、リバーシ・モーションの値を変えることにより行った。リバーシ・モーションとはループ形状を形成させるため、第一ボンド後、第一ボンド直上からICチップ中央側にキャピラリーを移動させる動作である。第一ボンド直上からの移動距離がリバーシ・モーション値となる。その際、ネックが支点となってワイヤが屈曲する。他のパラメーターが同一であれば、リバーシ・モーション値が小さいと屈曲角は小さくなり、リバーシ・モーション値が大きいと屈曲角は大きく、すなわちネックに

与えるストレスは大きくなる。その評価結果を表3および表4に示す。リバース・モーション値1000 μm で200本ボンディングしてネック破断がない場合を◎印で、リバース・モーション値500 μm で200本ボンディングしてネック破断がない場合を○印で、リバース・モーション値500 μm で200本ボンディングしてネック破断が一本でも発生した場合を△印で示した。

[0034] 実施例及び比較例の各ボンディングワイヤを50万本ワイヤボンディングしたときの不着発生数を評価した。この評価ではループスパンを2mmとした。その評価結果を表3及び4に示す。不着数は、第一ボンドと第二ボンドの不着数を合算し、不着数が0の場合を◎印で、5本以下の場合を○印で、5本を超えた場合を△で示した。なお第一ボンドと第二ボンドの不着数が連続して発生し、継続してボンディングができなくなり、評価を中止した場合を×印で示した。

[0035] 実施例および比較例の各ボンディングワイヤの接続特性は、以下のプルテスト特性によりそれぞれ評価した。

プルテストは、Dage社製の製品名「万能ボンドテスター（BT）（型式4000）」を用い、連続ボンディング開始直後のボンディングサンプルのループスパンの中央付近をフックで上方に持ち上げ、破断荷重を測定した。評価結果を表3および4に示す。

「ボンドの良否」の評価は、20本の破断荷重の平均について、線径が18 μm のときは3.5 $\times$ 10 mN以上を◎印で、1.5 $\times$ 10 ~ 3.5 $\times$ 10 mNの範囲にあるものを○印で、1.5 $\times$ 10 mN未満を△印とした。

さらに、線径が15 μm のときは、2.5 $\times$ 10 mN以上を◎印で、1.0 $\times$ 10 ~ 2.5 $\times$ 10 mNの範囲にあるものを○印で、1.0 $\times$ 10 mN未満を△印とした。

[0036] 次に、実施例及び比較例の各ボンディングワイヤの50万本ワイヤボンディング後の接続性は以下のようにしてそれぞれ評価した。

50万本ワイヤ連続ボンディング後のボンディングサンプルについて、ボ

ンディング開始直後のサンプルと同様にプル荷重測定を行った。評価結果を表3および4に示す。

線径が $18\mu\text{m}$ 、 $15\mu\text{m}$ のいずれにおいても20本のプル荷重値測定の平均値とボンディング開始直後のプル荷重値とを比較し、プル荷重値の低下がないか、20%以内であれば◎印で、50～20%の範囲内にあるものを○印で、50%を超えるものを△印で示した。なお、5万本ワイヤボンディング数が50万本に届かず評価できなかったものは×印で示した。

[0037] 実施例および比較例の各ボンディングワイヤを50万回ワイヤボンディングした後のキャピラリーの表面の先端部を島津製作所製の製品名「電子線マイクロアナライザ（EPMA）（型式[EPMA-1600]）」を用い、2000倍で元素分析とマッピング評価を行った。マッピング結果で微量元素が濃縮し、下地のキャピラリーの部分を覆った元素を表3および表4に併せて示す。

[0038]

[表3]

実施例の金合金ワイヤの評価結果

実施例 No.	ワイヤの評価結果				キャピラリー 表面検出元素
	ネック強度	50万回ワイヤボ ンディング結果	初期プルテスト	ボンディング後 プルテスト	
1	◎	○	○	○	なし
2	◎	◎	◎	◎	なし
3	◎	◎	◎	◎	なし
4	◎	◎	◎	◎	なし
5	◎	◎	◎	◎	なし
6	◎	◎	◎	◎	なし
7	◎	○	○	○	なし
8	◎	○	◎	◎	なし
9	◎	◎	◎	◎	なし
10	◎	○	◎	○	なし
11	◎	○	○	○	なし
12	◎	○	○	○	なし
13	◎	◎	◎	◎	なし
14	◎	◎	◎	◎	なし
15	◎	◎	◎	◎	なし
16	◎	○	○	○	なし
17	◎	○	◎	◎	なし
18	◎	○	○	○	なし
19	◎	○	◎	○	なし
20	◎	○	◎	○	なし
21	◎	○	◎	○	なし
22	◎	○	○	○	なし
23	◎	○	◎	◎	なし
24	◎	◎	◎	◎	なし
25	◎	◎	◎	◎	なし
26	○	◎	◎	◎	なし
27	◎	◎	◎	◎	なし
28	○	○	◎	◎	なし
29	◎	○	◎	○	なし
30	○	◎	◎	◎	なし
31	◎	○	○	○	なし
32	○	○	◎	○	なし
33	◎	◎	◎	◎	なし
34	○	○	◎	◎	なし
35	○	○	○	○	なし
36	○	○	○	○	なし
37	◎	○	○	○	なし
38	◎	○	○	○	なし
39	◎	○	○	○	なし
40	○	○	○	○	なし
41	◎	○	○	○	なし
42	○	○	○	○	なし
43	○	○	○	○	なし
44	○	○	○	○	なし

[表4]

比較例の金合金ワイヤの評価結果

比較例 No.	ワイヤの評価結果				ワイヤの強度	ワイヤボンド ング結果	初期アルナスト ボンドイング後 アルナスト	表面析出元素
1	△	○	△	△	なし	なし	△	なし
2	○	△	○	△	なし	なし	△	なし
3	△	×	×	△	La	×	×	Be
4	△	×	×	△	Be	×	×	Ce・Eu
5	△	×	×	△	Ce・Eu	×	×	

[0040] 上記の実施例から明らかなように、本発明の金（Au）合金ボンディング

ワイヤは、微量元素の添加量が規定値内であれば、極細線の線径は18μm以下になっても連続してボンディングできる効果が得られることがわかる。

それに対して、比較例においては、以下に述べるとおりの理由により、いずれも所期の性能が得られていない。

比較例1は、本発明で必須元素のパラジウム（Pd）が規定量に達しないため

比較例2は、本発明で必須元素のパラジウム（Pd）、白金（Pt）および銅（Cu）の合計値が規定量を超えて含むため。

比較例3は、本発明で必須の微量元素カルシウム（Ca）が規定量を達せず、かつ、必須の微量元素ランタン（La）を規定量を超えて含むため。

比較例4は、本発明で任意の微量元素ベリリウム（Be）を規定量を超えて含むため。

比較例5は、本発明で任意の微量元素セリウム（Ce）およびユーロピウム（Eu）がそれぞれ規定量を超えて含むため。

そして、比較例3～5はいずれもこれらの過剰な微量元素の表面偏析によりキャピラリー表面にこれらの析出物或いはその酸化物の堆積が生じていた。

産業上の利用可能性

[0041] 本発明の合金は、特に自動車搭載用の半導体デバイス、高温になりやすい環

境下で使用される半導体に用いられるボンディングワイヤに適している。

請求の範囲

- [請求項1] 99.999質量%以上の高純度金（Au）に99.9質量%以上の高純度のパラジウム（Pd）、白金（Pt）および銅（Cu）のうち少なくとも1種を合計で、0.05～2質量%含有させた金（Au）合金マトリックス中に微量元素を含有させた合金からなる直径20 μ m以下の伸線加工されたボールボンディング用の極細線であって、該微量元素が5～50質量ppmのカルシウム（Ca）と、5～50質量ppmのマグネシウム（Mg）と、5～50質量ppmのランタン（La）とからなることを特徴とする金（Au）合金ボンディングワイヤ。
- [請求項2] 99.999質量%以上の高純度金（Au）に99.9質量%以上の高純度のパラジウム（Pd）、白金（Pt）および銅（Cu）のうち少なくとも1種を合計で、0.05～2質量%含有させた金（Au）合金マトリックス中に微量元素を含有させた合金からなる直径20 μ m以下の伸線加工されたボールボンディング用の極細線であって、該微量元素が5～50質量ppmのカルシウム（Ca）と、5～50質量ppmのマグネシウム（Mg）と、5～50質量ppmのランタン（La）と、1～20質量ppmのベリリウム（Be）とからなることを特徴とする金（Au）合金ボンディングワイヤ。
- [請求項3] 99.999質量%以上の高純度金（Au）に99.9質量%以上の高純度のパラジウム（Pd）、白金（Pt）および銅（Cu）のうち少なくとも1種を合計で、0.05～2質量%含有させた金（Au）合金マトリックス中に微量元素を含有させた合金からなる直径20 μ m以下の伸線加工されたボールボンディング用の極細線であって、該微量元素が5～50質量ppmのカルシウム（Ca）と、5～50質量ppmのマグネシウム（Mg）と、5～50質量ppmのランタン（La）と、セリウム（Ce）、イットリウム（Y）、およびユーロピウム（Eu）の内の少なくとも1種を合計で1～30質量ppm含

有することからなることを特徴とする金（Au）合金ボンディングワイヤ。

[請求項4] 99.999質量%以上の高純度金（Au）に99.9質量%以上の高純度のパラジウム（Pd）、白金（Pt）および銅（Cu）のうち少なくとも1種を合計で、0.05～2質量%含有させた金（Au）合金マトリックス中に微量元素を含有させた合金からなる直径20 μ m以下の伸線加工されたボールボンディング用の極細線であって、該微量元素が5～50質量ppmのカルシウム（Ca）と、5～50質量ppmのマグネシウム（Mg）と、5～50質量ppmのランタン（La）と、1～20質量ppmのベリリウム（Be）、セリウム（Ce）、イットリウム（Y）およびユーロピウム（Eu）の内の少なくとも1種を合計で1～30質量ppm含有することからなることを特徴とする金（Au）合金ボンディングワイヤ。

[請求項5] 全微量元素の合計が100質量ppm以下である請求項1～4の何れかに記載の金（Au）合金ボンディングワイヤ。