(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4117331号
(P4117331)
(45)発行日　平成20年7月16日(2008.7.16)　(24)登録日　平成20年4月25日(2008.4.25)

(51)Int.Cl.　F I
H01L 21/60 (2006.01)　H01L 21/60 301F
C22C 5/02 (2006.01)　C22C 5/02

請求項の数 10　(全 15 頁)

(21)出願番号　特願2006-547776 (P2006-547776)
(86)(22)出願日　平成17年11月22日(2005.11.22)
(86)国際出願番号　PCT/JP2005/021416
(87)国際公開番号　WO2006/057230
(87)国際公開日　平成18年6月1日(2006.6.1)
審査請求日　平成19年7月18日(2007.7.18)
(31)優先権主張番号　特願2004-343154 (P2004-343154)
(32)優先日　平成16年11月26日(2004.11.26)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

早期審査対象出願

前置審査

(73)特許権者　000217332
田中電子工業株式会社
東京都千代田区丸の内２丁目７番３号　東京ビルディング　２２階
(74)代理人　100107962
弁理士　入交　孝誠
(72)発明者　手島　聡
日本国佐賀県神埼郡吉野ヶ里町吉田２３０　３－１５田中電子工業株式会社内
(72)発明者　三上　道孝
日本国佐賀県神埼郡吉野ヶ里町吉田２３０　３－１５田中電子工業株式会社内

審査官　前川　慎

最終頁に続く

(54)【発明の名称】半導体素子用Ａｕボンディングワイヤ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

Auマトリックスと機能性元素とからなるAu合金からなり、該Auマトリックスが、Beが３～１５質量ｐｐｍ、Caを３～４０質量ｐｐｍ、Laを３～２０質量ｐｐｍ、残部がＡｕからなるＡｕ合金であり、該機能性元素としてCe及び／又はEuを３～２０質量ｐｐｍ含有し、該Au合金の圧着ボールの真円度及び該Ａｕ合金ワイヤの破断応力を向上したことを特徴とする半導体素子用Auボンディングワイヤ。

【請求項２】

Auマトリックスと機能性元素とからなるAu合金からなり、該Auマトリックスが、Beが３～１５質量ｐｐｍ、Caを３～４０質量ｐｐｍ、Laを３～２０質量ｐｐｍ、残部がＡｕからなるＡｕ合金であり、該機能性元素としてMg、又はSiから選ばれる少なくとも１種を３～２０質量ｐｐｍ含有し、該Au合金の圧着ボールの真円度及び該Ａｕ合金ワイヤの破断応力を向上したことを特徴とする半導体素子用Auボンディングワイヤ。

【請求項３】

Auマトリックスと機能性元素とからなるAu合金からなり、該Auマトリックスが、Beが３～１５質量ｐｐｍ、Caを３～４０質量ｐｐｍ、Laを３～２０質量ｐｐｍ、残部がＡｕからなるＡｕ合金であり、該機能性元素として、Snを３～８０質量ｐｐｍ含有し、該Au合金の圧着ボールの真円度及び該Ａｕ合金ワイヤの破断応力を向上したことを特徴とする半導体素子用Auボンディングワイヤ。

【請求項４】

Auマトリックスと機能性元素とからなるAu合金からなり、該Auマトリックスが、Beが３～１５質量ｐｐｍ、Caを３～４０質量ｐｐｍ、Laを３～２０質量ｐｐｍ、残部がＡｕからなるＡｕ合金であり、該機能性元素としてMg又はSiから選ばれる少なくとも１種を３～２０質量ｐｐｍ及びYを３～２０質量ｐｐｍ含有し、該Au合金の圧着ボールの真円度及び該Ａｕ合金ワイヤの破断応力を向上したことを特徴とする半導体素子用Auボンディングワイヤ。

【請求項５】

Auマトリックスと機能性元素とからなるAu合金からなり、該Auマトリックスが、Beを３～１５質量ｐｐｍ、Caを３～４０質量ｐｐｍ、Laを３～２０質量ｐｐｍ、残部がＡｕからなるＡｕ合金であり、機能性元素としてMg又はSiから選ばれる少なくとも１種を３～２０質量ｐｐｍ、及びCe及び／又はEuを３～２０質量ｐｐｍ含有し、該Au合金の圧着ボールの真円度及び該Ａｕ合金ワイヤの破断応力を向上したことを特徴とする半導体素子用Auボンディングワイヤ。

【請求項６】

Auマトリックスと機能性元素とからなるAu合金からなり、該Auマトリックスが、Beを３～１５質量ｐｐｍ、Caを３～４０質量ｐｐｍ、Laを３～２０質量ｐｐｍ、残部がＡｕからなるＡｕ合金であり、機能性元素として、Snを３～８０質量ｐｐｍ、およびCe及び／又はEuを３～２０質量ｐｐｍ含有し、該Au合金の圧着ボールの真円度及び該Ａｕ合金ワイヤの破断応力を向上したことを特徴とする半導体素子用Auボンディングワイヤ。

【請求項７】

Auマトリックスと機能性元素とからなるAu合金からなり、該Auマトリックスが、Beを３～１５質量ｐｐｍ、Caを３～４０質量ｐｐｍ、Laを３～２０質量ｐｐｍ、残部がＡｕからなるＡｕ合金であり、機能性元素としてMg又はSiから選ばれる少なくとも１種を３～２０質量ｐｐｍ、及びCe及び／又はＥｕを３～２０質量ｐｐｍさらにＹを３～２０質量ｐｐｍ含有し、該Au合金の圧着ボールの真円度及び該Ａｕ合金ワイヤの破断応力を向上したことを特徴とする半導体素子用Auボンディングワイヤ。

【請求項８】

該Ａｕマトリックスに含有されるＡｕの純度が９９．９９質量％以上であることを特徴とする請求項１～７のいずれかに記載の半導体素子用Auボンディングワイヤ。

【請求項９】

該ワイヤの該Au合金の圧着ボールの真円度が０．９５～１．０５にあり、且つ該Ａｕ合金ワイヤの破断応力が２３ｋｇ／ｍｍ^{2}以上であることを特徴とする請求項１～８のいずれかに記載の半導体素子用Auボンディングワイヤ。

【請求項１０】

線径が２３μｍ以下であることを特徴とする請求項１～９のいずれかに記載の半導体素子用Au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、半導体の集積回路素子上の電極と回路配線基板の外部リードを接続するために使用する半導体素子用Auボンディングワイヤに関し、更に詳しくは圧着ボールの真円度が向上された半導体素子用Auボンディングワイヤに関する。

【背景技術】

【０００２】

従来から半導体装置に用いられるＩＣチップ電極と外部リードを接続する線径１５～３０μｍ程度の線としては、ボンディングワイヤの強度が優れていることから、純度９９．９９質量％以上の高純度金に微量の元素を添加した極細線が多用されている。通常半導体素子用Auボンディングワイヤを接続する方法として第一ボンドでは、超音波併用熱圧着ボンディング法が主として用いられ、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を形成させた後に、１５０～３００℃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せしめ、その後で直接ワイヤを外部リード側に超音波圧着によりウェッジ接合させる。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、Ｓｉチップ、ボンディングワイヤ、およびＳｉ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。

【０００３】

最近は半導体装置の小型化、高密度化の要求が高まる中で、ＩＣ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、Auボンディングワイヤの細線化が要求されている。特に半導体装置の一層の高集積化および小型化、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、ボンディングパッドの大きさも１００μｍ角から４０μｍ角へと小さくなってきている。ボンディングワイヤの細線化によるワイヤ自身の絶対的な剛性の低下、ボンディングパッド間隔の狭小化による隣接するワイヤ同士のショートを回避するために、ボンディングワイヤには高い破断応力を持つことが要求されている。また、ボンディングパッドの間隔も狭くなった場合、隣接する圧着ボール同士の接触を防止するためにボンディングワイヤには圧着ボール径のバラツキが小さいことが要求されている。

【０００４】

従来のボンディングワイヤにおいては、破断応力と圧着径のバラツキが相反する特性をもつため、この２つの特性を両立できなかった。ワイヤ同士の接触を防ぐためにワイヤ強度を高くすると、圧着ボール径のバラツキが大きくなって圧着ボールが接触してしまう。逆に圧着ボール径のバラツキを小さくするためにワイヤ強度を低くすると、モールド時のワイヤフローが大きくなりワイヤ同士が接触してしまう。このように相反する特性を持つため高密度実装の実現が図れなかった。

【０００５】

前記のワイヤボンディングに関する文献を例示すると、以下のとおりである。

【特許文献１】特公平２－１２０２２号公報
【特許文献２】特許第３１４３７５５号公報
【特許文献３】特開平５－１７９３７５号公報
【特許文献４】特開平６－１４５８４２号公報
【特許文献５】特開平７－３３５６８６号公報
【特許文献６】特開２００４－２２８８７号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

本発明は、ボンディングワイヤの線径が２３μｍ以下へと細くなっても、圧着ボールが優れた真円度をもって形成され、かつワイヤフローに耐えうる破断応力を有する半導体素子用Auボンディングワイヤを提供することをその課題とする。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

本発明者は、上記の課題を解決するため鋭意研究を重ねた結果、本発明を完成するに至った。

すなわち、本発明によれば、以下に示す半導体素子用Ａｕボンディングワイヤが提供される。

（１）　Ａｕマトリックスと機能性元素とからなるＡｕ合金からなり、該ＡｕマトリックスがＢｅを３～１５質量ｐｐｍ、Ｃａを３～４０質量ｐｐｍ、Ｌａを３～２０質量ｐｐｍ、残部がＡｕからなるＡｕ合金であり、該Ａｕ合金の圧着ボールの真円度及び該Ａｕ合金ワイヤの破断応力を向上したことを特徴とする半導体素子用Ａｕボンディングワイヤ。

（２）　Ａｕマトリックスと機能性元素とからなるＡｕ合金からなり、該ＡｕマトリックスがＢｅが３～１５質量ｐｐｍ、Ｃａを３～４０質量ｐｐｍ、Ｌａを３～２０質量ｐｐｍ、残部がＡｕからなるＡｕ合金であり、該機能性元素としてＣｅ及び／又はＥｕを３～

２０質量ｐｐｍ含有し、該Ａｕ合金の圧着ボールの真円度及び該Ａｕ合金ワイヤの破断応力を向上したことを特徴とする半導体素子用Ａｕボンディングワイヤ。

（３）　Ａｕマトリックスと機能性元素とからなるＡｕ合金からなり、該Ａｕマトリックスが、Ｂｅが３～１５質量ｐｐｍ、Ｃａを３～４０質量ｐｐｍ、Ｌａを３～２０質量ｐｐｍ、残部がＡｕからなるＡｕ合金であり、該機能性元素としてＭｇ、又はＳｉから選ばれる少なくとも１種を３～２０質量ｐｐｍ含有し、該Ａｕ合金の圧着ボールの真円度及び該Ａｕ合金ワイヤの破断応力を向上したことを特徴とする半導体素子用Ａｕボンディングワイヤ。

（４）　Ａｕマトリックスと機能性元素とからなるＡｕ合金からなり、該Ａｕマトリックスが、Ｂｅが３～１５質量ｐｐｍ、Ｃａを３～４０質量ｐｐｍ、Ｌａを３～２０質量ｐｐｍ、残部がＡｕからなるＡｕ合金であり、該機能性元素として、Ｓｎを３～８０質量ｐｐｍ含有し、該Ａｕ合金の圧着ボールの真円度及び該Ａｕ合金ワイヤの破断応力を向上したことを特徴とする半導体素子用Ａｕボンディングワイヤ。

（５）　Ａｕマトリックスと機能性元素とからなるＡｕ合金からなり、該Ａｕマトリックスが、Ｂｅが３～１５質量ｐｐｍ、Ｃａを３～４０質量ｐｐｍ、Ｌａを３～２０質量ｐｐｍ、残部がＡｕからなるＡｕ合金であり、該機能性元素としてＭｇ又はＳｉから選ばれる少なくとも１種を３～２０質量ｐｐｍ及びＹを３～２０質量ｐｐｍ含有し、該Ａｕ合金の圧着ボールの真円度及び該Ａｕ合金ワイヤの破断応力を向上したことを特徴とする半導体素子用Ａｕボンディングワイヤ。

（６）　Ａｕマトリックスと機能性元素とからなるＡｕ合金からなり、該Ａｕマトリックスが、Ｂｅを３～１５質量ｐｐｍ、Ｃａを３～４０質量ｐｐｍ、Ｌａを３～２０質量ｐｐｍ、残部がＡｕからなるＡｕ合金であり、機能性元素としてＭｇ又はＳｉから選ばれる少なくとも１種を３～２０質量ｐｐｍ、及びＣｅ及び／又はＥｕを３～２０質量ｐｐｍ含有し、該Ａｕ合金の圧着ボールの真円度及び該Ａｕ合金ワイヤの破断応力を向上したことを特徴とする半導体素子用Ａｕボンディングワイヤ。

（７）　Ａｕマトリックスと機能性元素とからなるＡｕ合金からなり、該Ａｕマトリックスが、Ｂｅを３～１５質量ｐｐｍ、Ｃａを３～４０質量ｐｐｍ、Ｌａを３～２０質量ｐｐｍ、残部がＡｕからなるＡｕ合金であり、機能性元素として、Ｓｎを３～８０質量ｐｐｍ、およびＣｅ及び／又はＥｕを３～２０質量ｐｐｍ含有し、該Ａｕ合金の圧着ボールの真円度及び該Ａｕ合金ワイヤの破断応力を向上したことを特徴とする半導体素子用Ａｕボンディングワイヤ。

（８）　Ａｕマトリックスと機能性元素とからなるＡｕ合金からなり、該Ａｕマトリックスが、Ｂｅを３～１５質量ｐｐｍ、Ｃａを３～４０質量ｐｐｍ、Ｌａを３～２０質量ｐｐｍ、残部がＡｕからなるＡｕ合金であり、機能性元素としてＭｇ又はＳｉから選ばれる少なくとも１種を３～２０質量ｐｐｍ、及びＣｅ及び／又はＥｕを３～２０質量ｐｐｍさらにＹを３～２０質量ｐｐｍ含有し、該Au合金の圧着ボールの真円度及び該Ａｕ合金ワイヤの破断応力を向上したことを特徴とする半導体素子用Ａｕボンディングワイヤ。

（９）　Ａｕマトリックスに含有されるＡｕの純度が９９．９９質量％以上で　あることを特徴
とする請求項１～８のいずれかに記載の半導体素子用Ａｕボンディングワイヤ。

（１０）該ワイヤの該Au合金の圧着ボールの真円度が０．９５～１．０５にあり、且つ該Ａｕ合金ワイヤの破断応力が２３ｋｇ／mm^2以上であることを特徴とする請求項１～９のいずれかに記載の半導体素子用Ａｕボンディングワイヤ。

（１１）　線径が２３μｍ以下であることを特徴とする請求項１～１０のいずれかに記載の半導体素子用Ａｕボンディングワイヤ。

【０００８】

本発明における圧着ボールの真円度は、次のとおり定義される。

すなわち、極細線のボンディングワイヤから溶融ボールをつくってボールボンディングした際の圧着径を圧着方向から見た場合、ボンディングマシンからの超音波の印加方向をＹ軸とし、Ｙ軸に直交する軸をＸ軸とし、圧着径のＸ軸及びＹ軸の最大値をＸ軸の値（xi）とＹ

軸の値（yi）とする。そして、ボンディング装置によって２００本を第一ボンドとし、それぞれのX軸の測定値（xi）とY軸の測定値（yi）を求める。そして、この２００本のうちから任意の５０本を選択し、その５０本についてそれぞれX軸の測定値（xi）をY軸の測定値（yi）で除したときの計算値を求める。最後にこの５０個の計算値の平均値を圧着ボールの真円度とした。

【０００９】

本発明における破断応力は、連続伸線にて作製した極細線のボンディングワイヤを４００～５００℃で熱処理にて伸び率４％に調質したときの引張り試験における破断強度を該ワイヤの断面積で除した値を破断応力とする。

【発明の効果】

【００１０】

本発明の半導体素子用Auボンディングワイヤは、Auマトリックスと機能性元素とからなる合金からなるもので、その線径が２３μm以下の細い線径になっても、ワイヤ自身の絶対的な剛性を高めたまま圧着ボールの真円度の効果を併せ持たせることができる。その結果、第一ボンドにおけるボンドにおける面積が狭くてすみ、高密度実装を行っても隣接するワイヤがショートすることはない。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１１】

本発明の半導体素子用Auボンディングワイヤにおいて、そのAuマトリックスは、BeとCaとLaとAuからなる。本発明のAuマトリックスに用いられるＡｕは高純度金であって、その純度は９９．９９質量％以上、好ましくは９９．９９９質量％以上である。これまで、前記のAuマトリックスは、純金マトリックスを硬くして剛性を増すことで知られていた。しかし、ボンディングワイヤの線径が２５μmから２３μmへと細くなっていくと、これらの既知のAuマトリックスを用いたAu合金は硬くなりすぎて半導体チップが割れやすくなるという欠点を有していた。

【００１２】

本発明者は、多種類の元素を添加しても硬さと剛性の安定しているAuマトリックスを探求したところ、Be、Ca及びLaを合計で７５質量ｐｐｍ以下、好ましくは５９質量ｐｐｍ以下含有するAuマトリックスが他の添加元素（機能性元素）に対して硬さと剛性の点で安定していることがわかった。Be、La及びCaは、いずれも純金に対して溶融ボールの形状をいびつにしやすい元素であるが、このAu－Be－Ca－Laマトリックスにおいては主に硬さを増す働きを有し、Be、LaおよびCaがいずれも剛性を増す働きを有し、Caが主に全体のバランスとる働きを有する。これらの働きを明瞭にさせるためBeとCaとLaの純度は各々９９質量％以上、好ましくは９９．９質量％以上が良い。

【００１３】

本発明によるこのＡｕ－Ｂｅ－Ｃａ－Ｌａマトリックス（Ａｕマトリックス）は、該微量元素（Ｂｅ、Ｃａ及びＬａ）の含有量を所定の範囲に定めると、圧着ボールの真円度を向上させることがわかった。その含有量は、ワイヤを形成するＡｕ合金の全体の質量に対してＢｅは３～１５質量ｐｐｍ、Ｃａは３～４０質量ｐｐｍ、そしてＬａは３～２０質量ｐｐｍの範囲であり、好ましくは、Ｂｅは７～１３質量ｐｐｍ、Ｃａは７～３０質量ｐｐｍ、Ｌａは８～１６質量ｐｐｍの範囲である。Ｂｅ、ＣａまたはＬａがそれぞれ３質量ｐｐｍ未満では、ボンディングワイヤにしたときの絶対的な剛性が低くなり、樹脂モールドの際にボンディングされたワイヤが樹脂の流れに耐えられなくなってしまう。これをワイヤフローという。特に線径を２３μm以下に細くした時はこのワイヤフローの傾向が大きく現れる。Ｂｅが１５質量ｐｐｍを越えて添加されると、ワイヤを熱処理して伸び率４％に調質する際にワイヤ強度が低下してしまう。Ｃａが４０質量ｐｐｍを超え、あるいは、Ｌａが２０質量ｐｐｍを超えて添加されると、ボールボンディングにおける圧着ボールの変形が不安定になり、圧着ボール径のバラツキが大きくなってしまう。

Ａｕマトリックス中に含まれるこれらの微量元素の合計量は９質量ｐｐｍ以上、好ま

しくは２２質量ｐｐｍ以上である。

【００１４】

このＡｕ－Ｂｅ－Ｃａ－Ｌａマトリックスに対し機能性元素としてCeまたはEuを微量に添加したＡｕ－Ｂｅ－Ｃａ－Ｌａ －Ｃｅ合金及びＡｕ－Ｂｅ－Ｃａ－Ｌａ－Ｅｕ合金は、いずれも、微量元素の含有量を所定の範囲に定めると、破断応力が向上し、かつ、圧着ボールの真円度が向上した。その含有量は、Ａｕ合金の全体の質量に対してＢｅは３～１５質量ｐｐｍ、Ｃａは３～４０質量ｐｐｍ、そしてＬａは３～２０質量ｐｐｍの範囲であり、好ましくはＢｅは７～１３質量ｐｐｍ、Ｃａは７～３０質量ｐｐｍ、Ｌａは８～１６質量ｐｐｍ範囲である。Ｂｅ、ＣａまたはＬａがそれぞれ３質量ｐｐｍ未満では、ボンディングワイヤの絶対的な剛性が低くなり、ワイヤフローに耐えられなくなってしまう。特に線径を２３μｍ以下に細くした時はこの傾向が大きく現れる。Ｂｅが１５質量ｐｐｍを超えて添加されると、ワイヤを熱処理して伸び率４％に調質する際にワイヤ強度が低下してしまう。Ｃａが４０質量ｐｐｍを超え、あるいは、Ｌａが２０質量ｐｐｍを超えて添加されると、ボールボンディングにおける圧着ボールの変形が不安定になり、圧着ボール径のバラツキが大きくなってしまう。

【００１５】

機能性元素であるCeまたはEuの純度は、９９質量％以上、好ましくは９９．９質量％以上である。その含有量は、ワイヤを形成するＡｕ合金全体の質量に対して３～２０質量ｐｐｍ、好ましくは８～１６質量ｐｐｍの範囲である。CeまたはEuは、Au－Be－Ca－La四元合金中において微量に分散し、著しく破断応力を向上させることができる元素であることがわかった。また、CeまたはEuのもつ破断応力を向上させる効果は、機能性元素としてSiやMgやGa、あるいはSbやSnやBi、あるいはYの微量元素を共添加しても、CeまたはEuの破断応力の向上効果に対してその影響を受けにくいことがわかった。しかし、CeまたはEuが３質量ｐｐｍ未満では、破断応力の向上効果が十分ではなく、また、CeまたはEuが２０質量ｐｐｍを超えて添加されると、圧着ボールのバラツキが大きくなる。そこで、CeまたはEuの範囲を上記の通り定めた。

【００１６】

このAu－Be－Ca－Laマトリックスに対し機能性元素としてMg、SiまたはCaを微量で添加したAu－Be－Ca－La－Mg合金、Au－Be－Ca－La－Si合金またはAu－Be－Ca－La－Ga合金は、微量元素の含有量を所定の範囲に定めると、破断応力が向上し、かつ、圧着ボールの真円度が向上した。その含有量は、ワイヤを形成するAu合金の全体の質量に対してMgは３～２０質量ｐｐｍ、Siは３～２０質量ｐｐｍ、そしてGaは３～２０質量ｐｐｍの範囲であり、好ましくは、Mgは７～１８質量ｐｐｍ、Siは７～１８質量ｐｐｍ、そしてGaは７～１８質量ｐｐｍの範囲である。Mg、SiまたはGaがそれぞれ３質量ｐｐｍ未満では、真円度を向上する効果がなくなってしまう。Mgが２０質量ｐｐｍを超え、Siが２０質量ｐｐｍを超え、あるいは、Gaが２０質量ｐｐｍを超えて添加されると、ボールボンディングにおける圧着ボールの変形が不安定になり、圧着ボール径のバラツキが大きくなってしまう。そこで、Mg、SiまたはGaの範囲を上記の通り定めた。

【００１７】

Ｍｇ、ＳｉまたはＧａの純度は各々が９９質量％以上、好ましくは９９．９質量％以上である。Ｍｇ、ＳｉまたはＧａは、Ａｕ－Ｂｅ－Ｃａ－Ｌａマトリックス中において微細に分散し、著しく圧着ボールの真円度を向上させることができる元素であることがわかった。またＭｇ、Ｓｉ、またはＧａのもつ真円度を向上させる効果は、Ｃｅ、ＥｕあるいはＹの微量元素を共添加してもその影響を受けにくいことがわかった。

【００１８】

この、Au－Be－Ca－Laマトリックスに対し機能性元素としてSn、SbまたはBiを微量に添加したAu－Be－Ca－La－Sn合金、Au－Be－Ca－La－Sb合金及びAu－Be－Ca－La－Bi合金は、いずれも微量元素の含有量を所定の範囲に定めると、破断応力が向上し、かつ、圧着ボールの真円度が向上することがわかった。Au合金マトリックス中の含有量は、ワイヤを形成するAu合金の全体の質量に対してSbは３～８０質量ｐｐｍ、Snは３～８０質量ｐｐｍ、

そしてBiは３～８０質量ｐｐｍの範囲であり、好ましくはいずれも３０～６０質量ｐｐｍの範囲である。Sn、SbまたはBiがそれぞれ３質量ｐｐｍ未満及び８０質量ｐｐｍ以上添加されると、圧着ボールの真円度を強固に形成する効果が十分でなくなり、ボールボンディングにおける圧着ボールの変形が不安定になって圧着ボール径のバラツキが大きくなってしまう。

【００１９】

Sn、SbまたはBiの純度は９９質量％以上、好ましくは９９．９質量％以上である。Sn、SbまたはBiは、Au－Be－Ca－Laマトリックス中において微細に分散し、著しく圧着ボールの真円度を向上させることができる元素であることがわかった。また、Sn、SbまたはBiのもつ圧着ボールの真円度を向上させる効果は、Ce、Euの微量元素を共添加しても、その影響を受けにくいことがわかった。

【００２０】

なお、本発明のAuマトリックスに対する全微量元素の合計は、１００ｐｐｍ以下、好ましくは２０～９０ｐｐｍの範囲が好ましい。「９９．９９質量％以上のＡｕ」と表示できるほか、Auマトリックス中の分散性が良いためワイヤの線径を２５μｍから２３μｍへと細くしていっても安定した真円度が得られるからである。

ワイヤの線径は、２５～５μｍ、好ましくは２３～８μｍにするのがよい。

【００２１】

次に、本発明を実施例により説明する。

【００２２】

実施例１～５３

純度９９．９９９質量％の高純度Ａｕに微量元素として表１に記載の数値（質量ｐｐｍ）になるように配合し、真空溶解炉で溶解鋳造した。これを伸線加工して、線径が２５μｍ、２２μｍ、２０μｍ及び１５μｍのところで最終熱処理し、伸び率を４％に調整した。この極細線を半導体チップ上の６０μｍ角のAlパッドへ大気中でボールボンディングによって第一ボンドをしたところ、第一ボンドではすべてのボールが６０μｍ角のAlパッド内に形成されていた。その評価結果を表2に示す。

【００２３】

比較例１～２２

実施例において、微量元素の成分組成を表３に示したものに変化させた以外は同様にして熱処理極細線を得た。この極細線を実施例と同様にして評価した。その結果を表４にあわせて示す。

【００２４】

なお、「破断応力」の評価は、以下のとおり行った。純度９９．９９９質量％の高純度Auに微量元素として表１に記載の数値（質量ｐｐｍ）になるように配合し、真空溶解炉で溶解鋳造した。これを伸線加工して、線径が２５μｍ、２２μｍ、２０μｍ及び１５μｍのところで最終熱処理し、伸び率を４％に調整したワイヤを１０ｃｍ長に切り出し、各１０本引っ張り試験し、その平均値を求めることで評価した。平均値が２３ｋｇ／mm^2以上のものを◎印で、２０ｋｇ／mm^2以上２３ｋｇ／mm^2未満のものを○印で、２０ｋｇ／mm^2未満のものを×印で示した。

【００２５】

「圧着ボールの真円度」の評価は、上記のようにして得られたワイヤを、Siチップ上のAl電極（Al厚；約１μｍ）に第一次ボンディングをし、その後Agめっきされた４２アロイからなるリードとの間で第二次ボンディングをして結線した。その際、スパンは３ｍｍとし、本数は２００本とし、結線したワイヤの内、任意の５０本のワイヤを用いて評価した。超音波の印加方向に平行方向の圧着径及び垂直方向の圧着径を測定し、その比が０．９５～１．０５の範囲にあるものを◎印、０．９０～１．１０の範囲にあるもの（０．９５～１．０５の範囲にあるものを除く。）を○印で、その他の範囲にあるものを×印で示した。

【００２６】

「総合評価」は、上記２つの評価のうち、Aが２つ以上のものを特に良好としてA印で、Aが１つでCがないものを良好としてB印で、A及びCがないものを普通としてC印で、Cが１つでもあるものを不良としてD印でそれぞれ示した。

【００２７】

上記の結果から明らかなように、本発明の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、極細線の線径が２３μm以下になっても満足のいくボンディング効果が得られることがわかる。これに対し従来のAu合金ボンディングワイヤの場合は、微量元素の添加量が規定値外だったり、線径が２３μm以下であったりした場合、満足のいくボンディング効果が得られないことがわかる。

【００２８】

【表1－1】

No	Au	Be (残量ppm)	Ca (含量ppm)	La (含量ppm)	Ce (含量ppm)	Eu (含量ppm)	Mg (含量ppm)	Si (含量ppm)	Ga (含量ppm)	Sb (含量ppm)	Sn (含量ppm)	Bi (含量ppm)	Y (含量ppm)
1	Bal.	5	15	5									
2	Bal.	5	10	15									
3	Bal.	10	10	10									
4	Bal.	10	5	20									
5	Bal.	15	20	15									
6	Bal.	15	5	5									
7	Bal.	5	20	5	5								
8	Bal.	10	10	10	10								
9	Bal.	10	10	15	20								
10	Bal.	5	20	5		5							
11	Bal.	10	10	10		10							
12	Bal.	15	5	15		20							
13	Bal.	5	20	10			5						
14	Bal.	10	10	15			15						
15	Bal.	10	15	10				10					
16	Bal.	15	5	20				20					
17	Bal.	5	25	5					10				
18	Bal.	15	10	10					15				
19	Bal.	5	20	10						20			
20	Bal.	10	10	15						50			
21	Bal.	10	15	10							50		
22	Bal.	15	5	20							70		
23	Bal.	5	25	5								30	
24	Bal.	15	10	10								50	
25	Bal.	5	20	10			5						5
26	Bal.	10	10	15			15						10

【0029】

【表１－２】

No	Au	Be (質量ppm)	Ca (質量ppm)	La (質量ppm)	Ce (質量ppm)	Eu (質量ppm)	Mg (質量ppm)	Si (質量ppm)	Ga (質量ppm)	Sb (質量ppm)	Sn (質量ppm)	Bi (質量ppm)	Y (質量ppm)
27	Bal.	10	15	10				10					15
28	Bal.	15	5	20				20					10
29	Bal.	5	25	5					10				10
30	Bal.	15	10	10					15				15
31	Bal.	15	5	5	5		5						
32	Bal.	10	10	10	10		15						
33	Bal.	10	25	20		15	20						
34	Bal.	5	15	15	5			10					
35	Bal.	10	20	10		10		10					
36	Bal.	10	25	5		5		20					
37	Bal.	15	10	10	5				5				
38	Bal.	5	15	25	15				10				
39	Bal.	5	20	5	5	10			15				
40	Bal.	10	10	20	10		5	5	5				
41	Bal.	10	20	10	15					30			
42	Bal.	10	10	10	10					50			
43	Bal.	5	5	15		10				70			
44	Bal.	10	25	15	5						30		
45	Bal.	10	10	10		10					50		
46	Bal.	5	20	5	5						70		
47	Bal.	10	30	5	5							30	
48	Bal.	5	10	15		10						50	
49	Bal.	5	10	10	10							70	
50	Bal.	10	20	10	10					20	20	20	
51	Bal.	5	10	20		10	10						5
52	Bal.	10	25	10	10		15						10
53	Bal.	5	15	15	15		10						5

【００３０】

【表２－１】

表１の番号	線径 μm	真円度	破断応力	総合評価
1	25	B	B	C
2	25	A	B	B
3	25	A	B	B
4	22	B	B	C
5	22	B	B	C
6	22	A	B	B
7	20	B	B	C
8	20	A	A	A
9	20	B	A	B
10	15	B	B	C
11	15	B	A	B
12	15	B	B	C
13	25	B	B	C
14	25	A	B	B
15	25	A	B	B
16	22	A	B	B
17	22	B	A	B
18	22	A	B	B
19	20	A	B	B
20	20	A	B	B
21	20	A	B	B
22	15	B	B	C
23	15	B	B	C
24	15	A	B	B
25	25	B	A	B

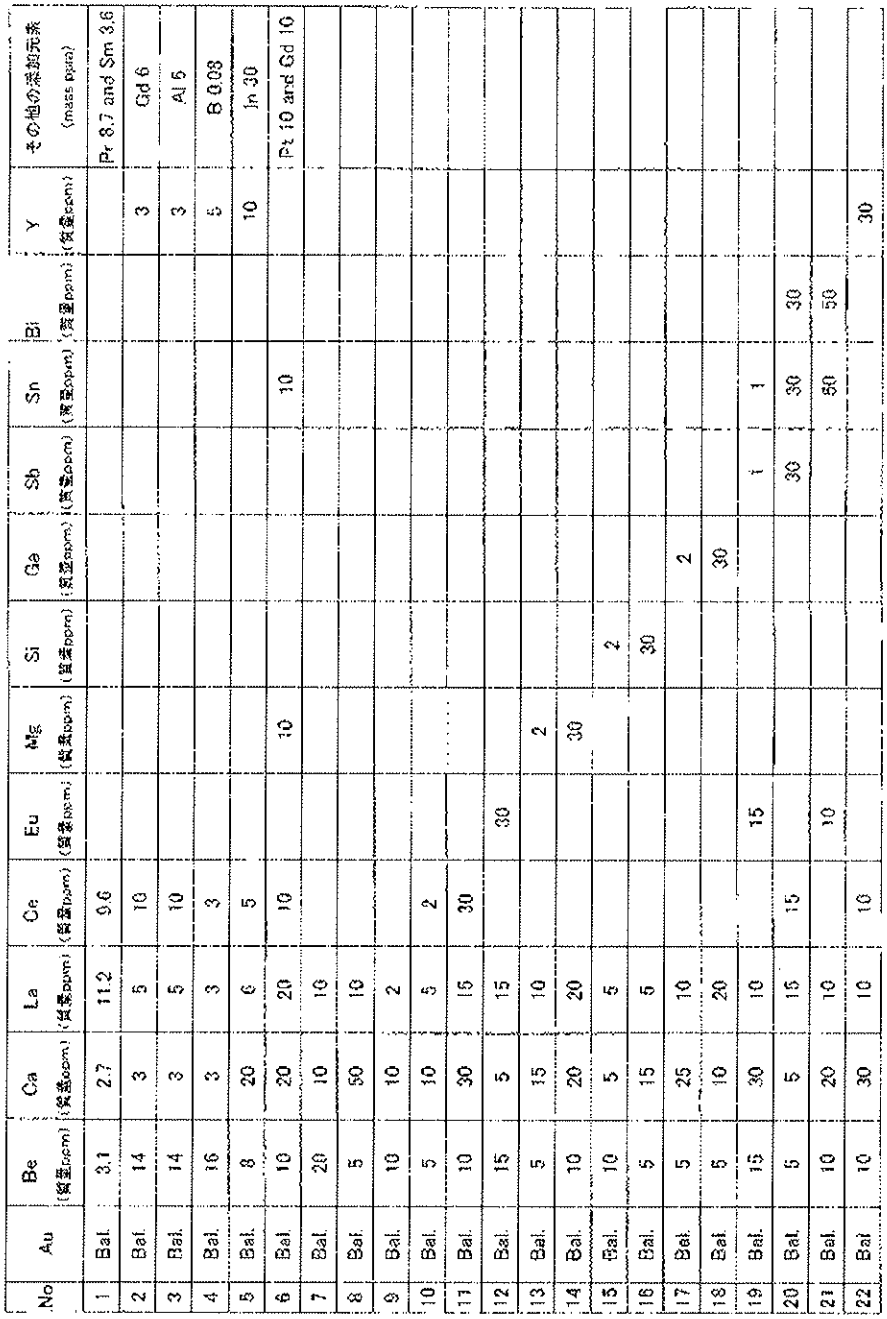
【００３１】

【表２－２】

製１の番号	線径 μm	真円度	破断応力	総合評価
27	25	A	A	A
28	22	A	B	B
29	22	B	A	B
30	22	B	B	C
31	20	B	B	C
32	20	A	A	A
33	15	B	A	B
34	15	B	A	B
35	15	A	A	A
36	25	B	B	C
37	25	A	B	B
38	25	B	A	B
39	22	B	B	C
40	22	A	B	B
41	22	B	A	B
42	20	A	A	A
43	20	A	B	B
44	20	B	A	B
45	15	A	A	A
46	15	B	A	B
47	15	B	A	B
48	25	B	B	C
49	25	B	A	B
50	25	B	A	B
51	22	B	A	B
52	22	A	A	A
53	22	B	A	B

【００３２】

【表３】



No	Au	Be (質量ppm)	Ca (質量ppm)	La (質量ppm)	Ce (質量ppm)	Eu (質量ppm)	Mg (質量ppm)	Si (質量ppm)	Ga (質量ppm)	Sb (質量ppm)	Sn (質量ppm)	Bi (質量ppm)	Y (質量ppm)	その他の添加元素 (mass ppm)
1	Bal.	3.1	2.7	11.2	9.6									Pr 8.7 and Sm 3.6
2	Bal.	14	3	5	10								3	Gd 6
3	Bal.	14	3	5	10								3	Al 5
4	Bal.	16	3	3	3								5	B 0.08
5	Bal.	8	20	6	5								10	In 30
6	Bal.	10	20	20	10		10				10			Pt 10 and Gd 10
7	Bal.	20	10	10										
8	Bal.	5	50	10										
9	Bal.	10	10	2										
10	Bal.	5	10	5	2									
11	Bal.	10	30	15	30									
12	Bal.	15	5	15		30								
13	Bal.	5	15	10			2							
14	Bal.	10	20	20			30							
15	Bal.	10	5	5				2						
16	Bal.	5	15	5				30						
17	Bal.	5	25	10					2					
18	Bal.	5	10	20					30					
19	Bal.	15	30	10		15				1	1			
20	Bal.	5	5	15	15					30	30	30		
21	Bal.	10	20	10		10					50	50		
22	Bal	10	30	10	10								30	

【００３３】

【表4】

比較例の番号	線 径（μm）	真円度	破断強度	総合評価
1	20	B	C	D
2	20	B	C	D
3	20	B	C	D
4	15	C	C	D
5	15	C	B	D
6	15	C	B	D
7	22	B	C	D
8	15	C	A	D
9	25	B	C	D
10	20	C	C	D
11	25	C	A	D
12	25	C	C	D
13	25	C	B	D
14	22	C	B	D
15	22	C	C	D
16	22	C	C	D
17	20	C	B	D
18	20	C	B	D
19	20	C	B	D
20	22	C	C	D
21	22	C	B	D
22	22	C	A	D

フロントページの続き
(56)参考文献 特開昭６２－２２８４４０（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.、ＤＢ名)
H01L 21/60
C22C 5/02

Declaration

I, Yoshie Yamamoto, from PT.Hakindah International, Jl. Dr.Saharjo No.111, Tebet, Jakarta, Indonesia, have sufficient knowledge of English as a native speaker of Japanese to translate patent specifications.
I have checked translation result of JP4117331B2 into English with the best of my ability and hereby declare that I believe the translation attached hereto is true and correct.

24 August 2009

Yoshie Yamamoto

Patent Publication (B2)

(19) Japan Patent Office (JP)

(11) Patent Number
Patent Number 4117331
(P4117331)

(45) Date of Issue 16 Jul 2008 (2008.7.16)

(24) Date of Grant 25 Apr 2008

(51) Int.Cl.	FI
H01L 21/60 (2006.01)	H01L 21/60 301F
C22C 5/02 (2006.01)	C22C 5/02

Number of Claims 10 (Total 15 pages)

(21) Application Number 2006-547776
(P2006-547776)

(86)(22) Application Date 22 Nov 2005
(2005.11.22)

(86)International Application Number
PCT/JP2005/021416

(87)International Publication Number
WO2006/057230

(87) International Publication Date
1 Jun 2006 (2006.6.1)

Date of Examination Request
18 Jul 2007 (2007.7.18)

(31) Priority Number JP2004-343154
(P2004-343154)

(32) Priority Date 26 Nov 2004 (2004.11.26)

(33) Priority Country Japan (JP)

Quick Examination

Prior Examination

(73) Right holder 000217332
Tanaka Denshi Kogyo K.K.
Tokyo Bdg. 22F, 7-3 Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan

(74)Attorney 100107962
Takao Irimajiri

(72) Inventor Satoshi Teshima
c/o Tanaka Denshi Kogyo K.K.
2303-15 Yoshida, Yoshinogari-cho, Kanzaki-gun, Saga-ken, Japan

(72) Inventor Michitaka Mikami
c/o Tanaka Denshi Kogyo K.K.
2303-15 Yoshida, Yoshinogari-cho, Kanzaki-gun, Saga-ken, Japan

Examiner: Atsushi Ichikawa

Continue to the last page

(54) [TITLE OF INVENTION]

Au bonding wire for semiconductor device

(57) [CLAIMS]

[CLAIM 1]

Au bonding wire for semiconductor device featured for improving roundness of a bonded ball and for increasing breaking stress of said bonding wire, the bonding wire comprising: Au matrix and functional additives; said Au matrix includes 3 - 15 mass ppm of Be, 3 - 40 mass

ppm of Ca, and 3 - 20 mass ppm of La; said Au alloy includes 3 - 20 mass ppm of Ce and/or Eu as said functional additives; the residual of Au alloy is Au.

[CLAIM 2]

Au bonding wire for semiconductor device featured for improving roundess of a bonded ball and for increasing breaking stress of said bonding wire, the bonding wire comprising: Au matrix and functional additives; said Au matrix includes 3 - 15 mass ppm of Be, 3 - 40 mass ppm of Ca, and 3 - 20 mass ppm of La; said Au alloy includes 3 - 20 mass ppm of at least one element selected from Mg or Si as said functional additives; the residual of Au alloy is Au.

[CLAIM 3]

Au bonding wire for semiconductor device featured for improving roundness of a bonded ball and for increasing breaking stress of said bonding wire, the bonding wire comprising: Au matrix and functional additives; said Au matrix includes 3 - 15 mass ppm of Be, 3 - 40 mass ppm of Ca, and 3 - 20 mass ppm of La; said Au alloy includes 3 - 80 mass ppm of Sn as said functional additives; the residual of Au alloy is Au..

[CLAIM 4]

Au bonding wire for semiconductor device featured for improving roundness of a bonded ball and for increasing breaking stress of said bonding wire, the bonding wire comprising: Au matrix and functional additives; said Au matrix includes 3 - 15 mass ppm of Be, 3 - 40 mass ppm of Ca, and 3 - 20 mass ppm of La; said Au alloy includes 3 - 20 mass ppm ppm of at least one element selected from Mg or Si and 3 - 20 mass ppm of Y as said functional additives; the residual of Au alloy is Au.

[CLAIM 5]

Au bonding wire for semiconductor device featured for improving roundness of a bonded ball and for increasing breaking stress of said bonding wire, the bonding wire comprising: Au matrix and functional additives; said Au matrix includes 3 - 15 mass ppm of Be, 3 - 40 mass ppm of Ca, and 3 - 20 mass ppm of La; said Au alloy includes 3 - 20 mass ppm of at least one element selected from Mg or Si and 3 - 20 mass ppm of Ce and/or Eu as said functional additives; the residual of Au alloy is Au..

[CLAIM 6]

Au bonding wire for semiconductor device featured for improving roundness of a bonded ball and for increasing breaking stress of said bonding wire, the bonding wire comprising: Au matrix and functional additives; said Au matrix includes 3 - 15 mass ppm of Be, 3 - 40 mass ppm of Ca, and 3 - 20 mass ppm of La; said Au alloy includes 3 - 80 mass ppm of Sn and 3 - 20 mass ppm of Ce and/or Eu as said functional additives; the residual of Au alloy is Au.

[CLAIM 7]

Au bonding wire for semiconductor device featured for improving roundness of a bonded ball and for increasing breaking stress of said bonding wire, the bonding wire comprising: Au matrix and functional additives; said Au matrix alloy includes 3 - 15 mass ppm of Be, 3 - 40 mass ppm of Ca, and 3 - 20 mass ppm of La; said Au alloy includes 3 - 20 mass ppm of at least one element selected from Mg or Si, and 3 - 20 mass ppm of Ce and/or Eu moreover 3 - 20 mass ppm of Y as said functional additives; the residual of Au alloy is Au.

[CLAIM 8]

Au bonding wire for semiconductor device according to one of claims 1 to 7, wherein said Au alloy matrix is of more than 99.99 wt % purity of Au.

[CLAIM 9]

Au bonding wire for semiconductor device according to claims 1 to 8, wherein the roundness of compressed bonded ball of said Au alloy is 0.95 - 1.05 and fracture stress of said Au alloy bonding wire is more than 23 kg/mm^2.

[CLAIM 10]

Au bonding wire for semiconductor device according to claims 1 to 9, wherein the diameter of said Au alloy bonding wire is not more than 23 microns.

[DETAILED DESCRIPTION OF INVENTION]

[TECHNICAL FIELD]

[0001]

The present invention relates to Au bonding wire for semiconductor device, which is used for connecting outer leads on printed circuit of substrates with electrodes of integrated circuit devices. Moreover particularly, it relates to Au bonding wire, which has superior roundness of compressed bonded ball.

[BACKGROUND OF THE ART]

[0002]

Conventionally, it is well used that ultra fine wire, which is Au matrix purity of more than 99.99 mass % with a small amount of additive elements has been used for bonding wire for semiconductor devices, which has diameter of 15 - 30 microns connecting outer leads to IC chip electrodes. Usually as a method of connecting Au bonding wire for semiconductor, at the first bonding, mainly ultrasonic combined heat compressing bonding method is used. According to this method, the wire tip is heated and melted with arc heating, a ball formed by surface tension, then the ball is stuck by compressed bonding to electrode of semiconductor, which is heated in the range of 150 - 300 degrees in Celsius, thereafter the bonding wire is directly wedge bonded to outer lead by ultrasonic compression. In order to be used as transistor or semiconductor devices such as IC chip, after bonding by bonding wire mentioned above, it is sealed by epoxy resin for protecting Si chip, bonding wire or lead frame where Si chip is connected.

[0003]

Recently it has been required that Au bonding wire should be more fine because of narrower pitch corresponding to multi pins of IC chip under circumstances of semiconductor devices should be smaller and higher density of itself. Especially the size of semiconductor device becomes smaller corresponding to higher integration and smaller, thinner and higher functional of semiconductor devices. Accordingly, size of bonding pad becomes smaller from 100 microns to 40 microns. In order to avoid absolute stiffness of wire decreased due to finer bonding wire diameter, and short-circuit with neighboring wire due to narrower bonding pad distance, higher breaking strength of bonding wire is required. Moreover in case of

narrower bonding pad distance, dispersion of ball diameter should be smaller for bonding wire in order to prevent contact with neighboring bonded ball.

[0004]

However, according to conventional bonding wires, since tensile strength and dispersion of ball diameter have opposite characteristics, these two characteristics are incompatible. If the strength of bonding wire is increased in order to avoid contact of one bonding wire to another, dispersion of diameter of bonded ball become broader, after all bonded ball is apt to be contacted. On the other hand, if the wire strength is decreased in order to decrease dispersion of ball diameter, wire flow becomes bigger in molding process. After all bonding wire is apt to be contacted with each other. Thus, higher density package has not been realized because of these opposite characteristics.

[0005]

For instance, documents on wire bonding hereinbefore are listed below:

[PATENT DOCUMENT 1] Japanese Patent No. H2-12022

[PATENT DOCUMENT 2] Japanese Patent file 3143755

[PATENT DOCUMENT 3] Japanese Patent Application Laid-Open Publication No. H5-179375

[PATENT DOCUMENT 4] Japanese Patent Application Laid-Open Publication No. H6-145842

[PATENT DOCUMENT 5] Japanese Patent Application Laid-Open Publication No. H7-335686

[PATENT DOCUMENT 6] Japanese Patent Application Laid-Open Publication No. 2004-22887

[DISCLOSURE OF INVENTION]

[PROBLEMS TO BE SOLVED BY THE INVENTION]

[0006]

The present invention provides Au bonding wire for semiconductor device characterized that compressed bonded ball is formed superior roundness, and it has enough breaking stress against wire flow, even if diameter of bonding wire becomes less than 23 microns,.

[MEANS TO SOLVE THE PROBLEMS]

[0007]

The inventor had been researched to solve said problem, hence the

present invention has been accomplished.

Namely, according to the present invention the following Au bonding wire for semiconductor device is provided.

(1) Au bonding wire for semiconductor device featured for improving roundess of a bonded ball and for increasing breaking stress of said bonding wire, the bonding wire comprising: Au matrix and functional additives; the residual of Au alloy is comprised Au.

(2) Au bonding wire for semiconductor device featured for improving roundess of a bonded ball and for increasing breaking stress of said bonding wire, the bonding wire comprising: Au matrix and functional additives; said Au matrix includes 3 - 15 mass ppm of Be, 3 - 40 mass ppm of Ca, and 3 - 20 mass ppm of La; said Au alloy includes 3 - 20 mass ppm of Ce and/or Eu as said functional additives; the residual of Au alloy is Au.

(3) Au bonding wire for semiconductor device featured for improving roundess of a bonded ball and for increasing breaking stress of said bonding wire, the bonding wire comprising: Au matrix and functional additives; said Au matrix includes 3 - 15 mass ppm of Be, 3 - 40 mass ppm of Ca, and 3 - 20 mass ppm of La; said Au alloy includes 3 - 20 mass ppm of at least one element selected from Mg or Si as said functional additives; the residual of Au alloy is Au.

(4) Au bonding wire for semiconductor device featured for improving roundess of a bonded ball and for increasing breaking stress of said bonding wire, the bonding wire comprising: Au matrix and functional additives; said Au matrix includes 3 - 15 mass ppm of Be, 3 - 40 mass ppm of Ca, and 3 - 20 mass ppm of La; said Au alloy includes 3 - 80 mass ppm of Sn as said functional additives; the residual of Au alloy is comprised Au.

(5) Au bonding wire for semiconductor device featured for improving roundess of a bonded ball and for increasing breaking stress of said bonding wire, the bonding wire comprising: Au matrix and functional additives; said Au matrix includes 3 - 15 mass ppm of Be, 3 - 40 mass ppm of Ca, and 3 - 20 mass ppm of La; said Au alloy includes 3 - 20 mass ppm of at least one element selected from Mg or Si and 3 - 20 mass ppm of Y as said functional additives; the residual of Au alloy is Au.

(6) Au bonding wire for semiconductor device featured for improving roundess of a bonded ball and for increasing breaking stress of said bonding wire, the bonding wire comprising: Au matrix and functional additives; said Au matrix includes 3 - 15 mass ppm of Be, 3 - 40 mass ppm of Ca, and 3 - 20 mass ppm of La; said Au alloy includes 3 - 20 mass ppm of at least one element selected from Mg or Si and 3 - 20 mass ppm of Ce and/or Eu as said functional additives; the residual of Au alloy is Au.

(7) Au bonding wire for semiconductor device featured for improving roundness of a bonded ball and for increasing breaking stress of said bonding wire, the bonding wire comprising: Au matrix and functional additives; said Au matrix includes 3 - 15 mass ppm of Be, 3 - 40 mass ppm of Ca, and 3 - 20 mass ppm of La; said Au alloy includes 3 - 80 mass ppm of Sn and 3 - 20 mass ppm of Ce and/or Eu as said functional additives; the residual of Au alloy is Au.

(8) Au bonding wire for semiconductor device featured for improving roundness of a bonded ball and for increasing breaking stress of said bonding wire, the bonding wire comprising: Au matrix and functional additives; said Au matrix alloy includes 3 - 15 mass ppm of Be, 3 - 40 mass ppm of Ca, and 3 - 20 mass ppm of La; said Au alloy includes 3 - 20 mass ppm of at least one element selected from Mg or Si, and 3 - 20 mass ppm of Ce and/or Eu moreover 3 - 20 mass ppm of Y as said functional additives; the residual of Au alloy is Au.

(9) Au bonding wire for semiconductor device according to one of claims 1 to 8, wherein said Au alloy matrix is consisting of more than 99.99 wt % purity of Au.

(10) Au bonding wire for semiconductor device according to one of claims 1 to 9, wherein the roundness of compressed bonded ball of said Au alloy is 0.95 - 1.05 and fracture stress of said Au alloy bonding wire is more than 23 kg/mm^2.

(11) Au bonding wire for semiconductor device according to claims 1 to 10, wherein the diameter of said Au alloy bonding wire is not more than 23 microns.

[0008]

Roundness of compressed bonded ball in the present invention is defined as follows:

Namely, after forming a molten ball from ultra fine bonding wire, when diameter of compressed bonded ball is observed from the direction of pressure, ultrasonic energy imposed direction from bonding machine is set as Y-axis, and orthogonal direction of Y-axis is set as X-axis, maximum value of X-axis of compressed bonded ball and maximum value of Y-axis of compressed bonded ball are defined as value of X-axis (x_i) and value of Y-axis (y_i). 200 bonds are defined as the first bonding by using bonding machine; each value of X-axis (x_i) and each value of Y-axis (y_i) are measured. Then making an random selection of 50 bonds from the 200 bonds, for those 50 bonds, values are calculated from the value of X-axis (x_i) divided by the value of Y-axis (y_i). Finally, roundness of said compressed bonded ball is defined as the mean of calculated values of these 50 bonds.

[0009]

In the present invention breaking stress is defined as the value of breaking strength divided by section area of bonding wire under tensile test, where this ultra fine bonding wire has 4 % elongation rate conditioned by heat treatment at 400 - 500 degrees Celsius after continuous drawing.

[ADVANTAGES EFFECT OF THE INVENTION]

[0010]

Au bonding wire for semiconductor device of the present invention is consisting of Au matrix and functional additives, though the diameter of said bonding wire become less than 23 microns, it keeps absolute stiffness of wire itself and forms a compressed ball with higher roundness. Consequently bonding area is narrow enough at the first bonding, and short-circuit between neighboring wires does not occur in such higher density mounting.

[DESCRIPTION OF THE MOST PREFERRED EMBODIMENT]

[0011]

According to Au bonding wire for semiconductor device of the present invention, the matrix consists of Be, Ca, La and Au. Au used for matrix of the present invention has purity of more than 99.99 mass %, more preferably 99.999 mass %. It had been well known that above mentioned matrix has effect of hardening and increasing stiffness of pure Au matrix so far. However if diameter of bonding wire becomes

25 to 23 microns, there are defects that Au alloy using conventional Au matrix becomes too hard and semiconductor chip is apt to break easily.

[0012]

The inventors of the present invention sought for Au matrix which is stable at hardness and stiffness though added various elements , and found that Au matrix containing totally less than 75 mass ppm, more preferably 59 mass ppm of Be, Ca and La is stable in hardness and stiffness. Though Be, La and Ca are element which are apt to deform shape of molten ball against pure Au, according to this Au-Be-Ca-La matrix, Be principally has effect of increasing hardness, each of Be, La and Ca has effect of increasing stiffness, Ca mainly plays a roll of balancing the whole alloy. To clarify these effects, each purity of Be, Ca and La should be recommended more than 99 mass %, preferably 99.9 mass %.

[0013]

The Au-Be-Ca-La matrix (Au matrix) according to the present invention, improves roundness of compressed ball if said the amount of additive elements (Be, Ca and La) are within the prescribed amount. The preferable amounts of each additive to the whole mass of Au alloy forming wire have the range of 3 - 15 mass ppm for Be, 3 - 40 mass ppm for Ca, 3 - 20 mass ppm for La, and more preferably the range of 3 - 13 mass ppm for Be, 7 - 30 mass ppm for Ca, 8 - 16 mass ppm for La. If either Be, Ca or La is less than 3 mass ppm, absolute stiffness after forming bonding wire becomes lower, and the wire bonded does not endure against flow of resin in molding process. It is so called wire flow. Especially it greatly appears tendency of wire flow when diameter of bonding wire is less than 23 microns. If more than 15 mass ppm of Be is added, wire strength is decreased while conditioning 4 % elongation through heat treatment. If more than 40 mass ppm of Ca or more than 20 mass ppm of La is added, deformation of compressed bonded ball becomes unstable, and dispersion of diameter of compressed bonded ball becomes broader.

The total amount of said additives in Au matrix should be more than 9 mass %, preferably more than 22 mass %.

[0014]

Au-Be-Ca-La-Ce alloy and Au-Be-Ca-La-Eu alloy comprising small amount of additives as functional element of Ce or Eu added to

Au-Be-Ca-La matrix, have improved breaking stress and improved roundness of compressed bonded ball while the amount of additives are within prescribed range. The amount of contents to the whole mass of Au alloy is 3 - 15 mass ppm for Be, 3 - 40 mass ppm for Ca, and 3 - 20 mass ppm for La, preferably 7 - 13 mass ppm for Be, 7 - 30 mass ppm for Ca, and 8 - 16 mass ppm for La. If the amount of Be, Ca or La is less than 3 mass ppm, absolute stiffness of bonding wire becomes lower and it does not endure against wire flow. Especially it remarkably appears tendency of wire flow when diameter of wire is less than 23 microns. If more than 15 mass ppm of Be is added, wire strength is decreased when conditioned 4 % elongation by heat treatment. If more than 40 mass ppm of Ca or more than 20 mass ppm of La is added, deformation of compressed ball becomes unstable and dispersion of diameter of compressed bonded ball become broader.

[0015]

Purity of functional additives of Ce or Eu is more than 99 mass %, preferably more than 99.9 mass %. The amount of content to the whole mass of Au alloy forming wire is 3 - 20 mass ppm for Ce or Eu, preferably range of 8 - 16 mass ppm for Ce or Eu. It is found that Ce or Eu is finely dispersed in the matrix of 4 elements alloy of Au-Be-Ca-La, and it has an effect of greatly improving breaking stress. Moreover it is found that effect of improving breaking stress by Ce or Eu is not hardly influenced though adding Si, Mg and Ga, or Sb, Sn and Bi, or small amount of additive of Y as functional additive element. However, when less than 3 mass ppm of Ce or Eu is added, it is not enough to improve breaking stress. When more than 20 mass ppm of Ce or Eu is added, dispersion of diameter of compressed bonded ball becomes broader. Hence content range of Ce or Eu has been determined as hereinbefore.

[0016]

Au-Be-Ca-La-Mg alloy, Au-Be-Ca-La-Si alloy or Au-Be-Ca-La-Ga alloy comprising small amount of functional elements of Mg, Si or Ga added to Au-Be-Ca-La matrix, has improved breaking stress and superior roundness of compressed bonded ball while the amount additives are within prescribed range. The amount of contents to the whole mass of Au alloy forming bonding wire is 3 - 20 mass ppm for Mg, 3 - 20 mass ppm for Si, and 3 - 20 mass ppm for Ga, preferably 7 - 18 mass ppm for Mg, 7 - 18 mass ppm for Si, and 7 - 18 mass ppm for Ga. If

the amount of Mg, Si or Ga is less than 3 mass ppm, it has no effect to improve roundness. If the amount of Mg, Si or Ga is more than 20 mass ppm, deformation of compressed bonded ball become unstable an d dispersion of diameter of compressed bonded ball become broader. Hence content range of Mg, Si or Ga is determined as hereinbefore.

[0017]

Purity of Mg, Si or Ga is respectively more than 99 wt %, more preferably more than 99.9 wt %. It is found that Mg, Si or Ga is finely dispersed in Au-Be-Ca-La matrix, and it has an effect of outstandingly improving roundness of compressed bonded ball. Moreover it is found that effect of improving roundness by Mg, Si or Ga is hard to be influenced by adding small amount of additive of Ce, Eu or Y .

[0018]

It is found that Au-Be-Ca-La-Sn alloy, Au-Be-Ca-La-Sb alloy and Au-Be-Ca-La-Bi alloy comprising small amount functional elements of Sn, Sb or Bi added to Au-Be-Ca-La matrix have improved breaking stress and roundness of compressed ball while the amount of additives are within prescribed range. The amount of contents to the whole mass of Au alloy forming wire is 3 - 80 mass ppm for Sb, 3 - 80 mass ppm for Sn, and 3 - 80 mass ppm for Bi, preferably range of 30 - 60 mass ppm of each element. If the amount of each element of Sn, Sb or Bi is less than 3 mass ppm or more than 80 mass ppm, effect of tightly forming round shape of compressed bonded ball disappears, and deformation of compressed bonded ball at bonding becomes unstable, and dispersion of diameter of compressed bonded ball becomes broader.

[0019]

Purity of Sn, Sb or Bi is more than 99 mass %, preferably 99.9 mass %. It is found that Sn, Sb or Bi is finely dispersed in Au-Be-Ca-La matrix, and it has effect of outstandingly improving roundness of compressed bonded ball. Moreover it is found that effect of improving roundness of compressed bonded ball by Sn, Sb or Bi is hard to be influenced though adding small amount of additive of Ce or Eu.

[0020]

By the way total amount of all partial additive elements to Au matrix is less than 100 ppm, preferably with range of 20 - 90 ppm. Because it allows us to use an indicator as "purity is more than 99.99 mass % of Au", and because of its good dispersion in Au matrix, it makes it possible to get stable roundness even though wire diameter is 25

microns to 23 microns.
The diameter of bonding wire should be 25 to 5 microns, preferably 23 to 8 microns.
[0021]
Hereinafter, the working examples of the present invention are explained.
[0022]
Example No. 1 - No. 53:
99.999 mass % of high purity of Au, compounding with additive elements of shown values (mass ppm) in Table 1, was dissolved and cast in vacuum furnace. Drawing this alloy into wire until conditioned 4% elongation by final heat-treatment at diameters of 25 microns, 22 microns, 20 microns and 15 microns. This ultra fine bonding wire was bonded as the first bonding on the 60 microns square Al pad of semiconductor chip in the air. All bonded balls were formed within 60 microns square Al pads at the first bonding. The result is shown in Table 2.
[0023]
Comparative Example No.1 - No. 22
The examples, except content composition of additives varied as shown in Table 3, were obtained as ultra fine bonding wire by the same heat treatment condition. These ultra fine bonding wires were evaluated. The result is shown in Table 4.
[0024]
Meanwhile, "breaking stress" was evaluated as follows. 99.999 mass % of high purity of Au, compounding with partial additive elements shown values (mass ppm) in Table 1, was dissolved and cast in vacuum furnace. Drawing this alloy into wire, until conditioned 4% elongation by final heat-treatment at diameters of 25 microns, 22 microns, 20 microns and 15 microns. Then the bonding wire was cut in 10 cm length. These were evaluated by mean of tensile test for each 10 bonding wire. It is shown as "A" for not less than 23 kg/mm^2, as "B" for not less than 20 kg/mm^2 and less than 23 kg/mm^2, and as "C" for less than 20 kg/mm^2.
[0025]
"Roundness of compressed bonded ball" was evaluated as follows. Bonding wires, obtained by above-mentioned method, were first bonded to Al electrode (Thickness of Al: around 1 micron) on Silicon chip. Then they were second bonded to leads comprising silver-plated

42-alloy. At that time spans was 3 mm, 50 bonded wires are randomly selected from 200 bonded wires for evaluation. Diameter of compressed bonded ball to parallel direction of ultrasonic energy imposed direction and diameter of compressed bonded ball to vertical direction of it were measured, then the ratio is shown as "A" for range of 0.95 - 1.05, as "B" for range of 0.90 - 1.10 (excepting range of 0.95 - 1.05), and as "C" for others.

[0026]

"Synthesized evaluation" was carried out from above-mentioned two evaluations. Value "A" is given to especially excellent result with more than two "A"s, "B" to excellent result with one "A" without "C", as "C" to ordinarily result which does not receive any "A" and "C", as "D" to poor result with one or more "C".

[0027]

It is obvious from the above-mentioned results that the Au bonding wire of this invention performs satisfying boding effect as far as amount of functional additives of Au alloy remains in the prescribed range, even if diameter of fine wire is not more than 23 microns. In the mean time, conventional Au bonding wire does not perform satisfying bonding effect having amount of functional additives are out of the range, if diameter of wire is not more than 23 microns.

[0028]

[TABLE 1-1]

Table 1-1

No	Au	Be (mass ppm)	Ca (mass ppm)	La (mass ppm)	Ce (mass ppm)	Eu (mass ppm)	Mg (mass ppm)	Si (mass ppm)	Ga (mass ppm)	Sb (mass ppm)	Sn (mass ppm)	Bi (mass ppm)	Y (mass ppm)
1	Bal	5	15	5									
2	Bal	5	10	15									
3	Bal	10	10	10									
4	Bal	10	5	20									
5	Bal	15	20	15									
6	Bal	15	5	5									
7	Bal	5	20	5	5								
8	Bal	10	10	10	10								
9	Bal	10	10	15	20								
10	Bal	5	20	5		5							
11	Bal	10	10	10		10							
12	Bal	15	5	15		20							
13	Bal	5	20	10			5						
14	Bal	10	10	15			15						
15	Bal	10	15	10				10					
16	Bal	15	5	20				20					
17	Bal	5	25	5					10				
18	Bal	15	10	10					15				
19	Bal	5	20	10						20			
20	Bal	10	10	15						50			
21	Bal	10	15	10							50		
22	Bal	15	5	20							70		
23	Bal	5	25	5								30	
24	Bal	15	10	10								50	
25	Bal	5	20	10			5						5
26	Bal	10	10	15			15						10

[0029]

[TABLE 1-2]

Table 1-2

No	Au	Be (mass ppm)	Ca (mass ppm)	La (mass ppm)	Ce (mass ppm)	Eu (mass ppm)	Mg (mass ppm)	Si (mass ppm)	Ga (mass ppm)	Sb (mass ppm)	Sn (mass ppm)	Bi (mass ppm)	Y (mass ppm)
27	Bal	10	15	10				10					15
28	Bal	15	5	20				20					10
29	Bal	5	25	5					10				10
30	Bal	15	10	10					15				15
31	Bal	15	5	5	5		5						
32	Bal	10	10	10	10		15						
33	Bal	10	25	20		15	20						
34	Bal	5	15	15	5			10					
35	Bal	10	20	10		10		10					
36	Bal	10	25	5		5		20					
37	Bal	15	10	10	5				5				
38	Bal	5	15	25	15				10				
39	Bal	5	20	5	5	10			15				
40	Bal	10	10	20	10		5	5	5				
41	Bal	10	20	10	15					30			
42	Bal	10	10	10	10					50			
43	Bal	5	5	15		10				70			
44	Bal	10	25	15	5						30		
45	Bal	10	10	10		10					50		
46	Bal	5	20	5	5						70		
47	Bal	10	30	5	5							30	
48	Bal	5	10	15		10						50	
49	Bal	5	10	10	10							70	
50	Bal	10	20	10	10					20	20	20	
51	Bal	5	10	20		10	10						5
52	Bal	10	25	10	10		15						10
53	Bal	5	15	15	15		10						5

[0030]

[TABLE 2-1]

Table 2-1

No. of Table 1	Diameter of Wire	Roundness	Breaking Stress	Synthesized evaluation
27	25	A	A	A
28	22	A	B	B
29	22	B	A	B
30	22	B	B	C
31	20	B	B	C
32	20	A	A	A
33	15	B	A	B
34	15	B	A	B
35	15	A	A	A
36	25	B	B	C
37	25	A	B	B
38	25	B	A	B
39	22	B	B	C
40	22	A	B	B
41	22	B	A	B
42	20	A	A	A
43	20	A	B	B
44	20	B	A	B
45	15	A	A	A
46	15	B	A	B
47	15	B	A	B
48	25	B	B	C
49	25	B	A	B
50	25	B	A	B
51	22	B	A	B
52	22	A	A	A
53	22	B	A	B

[0031]

[TABLE 2-2]

Table 2-2

No. of Table 1	Diameter of Wire	Roundness	Breaking Stress	Synthesized evaluation
1	25	B	B	C
2	25	A	B	B
3	25	A	B	B
4	22	B	B	C
5	22	B	B	C
6	22	A	B	B
7	20	B	B	C
8	20	A	A	A
9	20	B	A	B
10	15	B	B	C
11	15	B	A	B
12	15	B	B	C
13	25	B	B	C
14	25	A	B	B
15	25	A	B	B
16	22	A	B	B
17	22	B	A	B
18	22	A	B	B
19	20	A	B	B
20	20	A	B	B
21	20	A	B	B
22	15	B	B	C
23	15	B	B	C
24	15	A	B	B
25	25	B	A	B

[0032]

[TABLE 3]

Table 3

No	Au	Be (mass ppm)	Ca (mass ppm)	La (mass ppm)	Ce (mass ppm)	Eu (mass ppm)	Mg (mass ppm)	Si (mass ppm)	Ga (mass ppm)	Sb (mass ppm)	Sn (mass ppm)	Bi (mass ppm)	Y (mass ppm)	Other additive elements (mass ppm)
1	Bal	3.1	2.7	11.2	9.6									Pr 8.7 and Sm 3.6
2	Bal	14	3	5	10								3	Gd 6
3	Bal	14	3	5	10								3	Al 6
4	Bal	16	3	3	3								5	B 0.08
5	Bal	8	20	6	5								10	In 30
6	Bal	10	20	20	10		10				10			Pt 10 and Gd 10
7	Bal	20	10	10										
8	Bal	5	50	10										
9	Bal	10	10	2										
10	Bal	5	10	5	2									
11	Bal	10	30	15	30									
12	Bal	15	5	15		30								
13	Bal	5	15	10			2							
14	Bal	10	20	20			30							
15	Bal	10	5	5				2						
16	Bal	5	15	5				30						
17	Bal	5	25	10					2					
18	Bal	5	10	20					30					
19	Bal	15	30	10		15				1	1			
20	Bal	5	5	15	15					30	30	30		
21	Bal	10	20	10		10					50	50		
22	Bal	10	30	10	10								30	

[0033]

[TABLE 4]

Table 4

No. of Example compared	Diameter of Wire μm	Roundness	Breaking Stress	Synthesized evaluation
1	20	B	C	D
2	20	B	C	D
3	20	B	C	D
4	15	C	C	D
5	15	C	B	D
6	15	C	B	D
7	22	B	C	D
8	15	C	A	D
9	25	B	C	D
10	20	C	C	D
11	25	C	A	D
12	25	C	C	D
13	25	C	B	D
14	22	C	B	D
15	22	C	C	D
16	22	C	C	D
17	20	C	B	D
18	20	C	B	D
19	20	C	B	D
20	22	C	C	D
21	22	C	B	D
22	22	C	A	D

Continued from the front page

(56) Reference JP 62-228440 A

(58) Coverage of Search (Int. Cl., Name of Database)
H01L 21/60
C22C 5/02