

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4694908号
(P4694908)

(45) 発行日 平成23年6月8日(2011.6.8)

(24) 登録日 平成23年3月4日(2011.3.4)

(51) Int.Cl.

H01L 21/60 (2006.01)

F I

H01L 21/60 301F

請求項の数 8 (全 13 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2005-206214 (P2005-206214)</p> <p>(22) 出願日 平成17年7月14日(2005.7.14)</p> <p>(65) 公開番号 特開2007-27335 (P2007-27335A)</p> <p>(43) 公開日 平成19年2月1日(2007.2.1)</p> <p>審査請求日 平成20年5月19日(2008.5.19)</p>	<p>(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</p> <p>(74) 代理人 100107962 弁理士 入交 孝雄</p> <p>(72) 発明者 高田 満生 佐賀県神埼郡三田川町大字吉田2303-15 田中電子工業株式会社内</p> <p>(72) 発明者 三村 利孝 佐賀県神埼郡三田川町大字吉田2303-15 田中電子工業株式会社内</p> <p>審査官 坂本 薫昭</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ボール・ボンディング用Au極細線の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

最終伸線後のAu素線を張力をかけながら熱処理する工程において、再結晶温度に隣接する温度域であって、そのヤング率が熱処理に伴う回復領域で低下後再上昇して再結晶領域にいたる間の該再上昇したヤング率の値を示す領域及び/または、伸び率が熱処理に伴う回復領域で上昇後低下する領域において熱処理することを特徴とするボールボンディング用Au極細線の製造方法。

【請求項2】

上記温度範囲は、純度99.999質量%以上の高純度Au素線を均熱帯に通線する熱処理条件において、370 ~ 450 であることを特徴とする請求項1記載のボール・ボンディング用Au極細線の製造方法。

【請求項3】

上記素線が連続鑄造したAuインゴットをダイス引き連続伸線した後、その最終伸線によって線径を23µm以下としたものであることを特徴とする請求項1又は2記載のボール・ボンディング用Au極細線の製造方法。

【請求項4】

該Au素線のカール径が30mm以上であることを特徴とする請求項1から3までのいずれかに記載のボール・ボンディング用Au極細線の製造方法。

【請求項5】

10

20

該Au素線がAu合金であることを特徴とする請求項1から4までのいずれかに記載のボール・ボンディング用Au極細線の製造方法。

【請求項6】

該Au合金がAu-0.1~2質量%Pd合金からなることを特徴とする請求項5に記載のボール・ボンディング用Au極細線の製造方法。

【請求項7】

該Au合金がAu-5~20質量%Ag合金からなることを特徴とする請求項5に記載のボール・ボンディング用Au極細線の製造方法。

【請求項8】

該Au素線が50質量ppm以下の添加元素および残部金からなることを特徴とする請求項1から4までのいずれかに記載のボール・ボンディング用Au極細線の製造方法。 10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ボール・ボンディング用Au極細線の製造方法、特に半導体チップ上の電極と外部接続用のリードとを接続するために用いるボール・ボンディング・ワイヤの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から半導体デバイス上に形成された、純Al又はAlを主成分とする合金、例えばAl-1質量%（以下、「%」と略記する。）Si合金やAl-0.5%Cu合金やAl-0.5%Cu-1%Si合金からなる電極パッドと、リードフレームやセラミック基板上の導体配線との間を接続する純度99.99%以上のボール・ボンディング用Au極細線としては、線径が25μmのものが一般的に利用されている。このボール・ボンディング・ワイヤの製造工程は概ね次のとおりである。

【0003】

まず、目的組成のAu合金を調製する。成分例としては、純度が99.99%以上のAuからなる合金が一般的であるが、純度が99.9%以上のAuからなる合金系、あるいは、Au-0.1~2%Pd合金からなるAu-Pd合金系やAu-5~20質量%Ag合金からなるAu-Ag合金系なども利用される。このようなAu合金の望ましい特性を得るため調合する合金成分としてはできるだけ高純度のものを用い、例えばAuやAgの場合は99.99%以上、時には99.999%以上のものを用いるように管理されている。合金成分を所定組成に調合後、この調合金を溶解・鋳造してから伸線して25μmの線径の極細線を得る。この場合、連続鋳造してからダイス引き連続伸線を行うとAu素線の結晶粒度がそろいやすい。 30

このような極細線の製造方法において、最終伸線直後の極細線は機械的な強度は十分に得られているものの、格子欠陥や転位などの物理的ひずみが残っているためボンディングワイヤとして使用した場合のワイヤ曲がりやループ高さのばらつきが大きく、ボール・ボンディング・ワイヤとして必要な特性が備わっていない。そこで、伸線直後の極細線に常温時の伸び率が4%になるような条件で再結晶温度以上の温度領域の熱処理を施して極細線内部の伸線組織を調質し、ボール・ボンディング・ワイヤとして必要な引張り強度と伸び率の両者を備えた製品を得る。このときの再結晶温度は、極細線中に含まれる添加元素の種類と濃度によって主に決定され、場合によっては不可避的な不純物の種類と濃度によっても影響を受けることがある。 40

【0004】

最近では、半導体装置の一層の高集積化、並びに小型化、薄型化および高機能化に伴い、半導体装置の寸法が小さくなっている。このためボール・ボンディング・ワイヤの線径も次第に25μmから23μm以下へと細くなってきている。

ところが、ボール・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 50

剛性も小さくなるため、25 μmの線径では問題にならなかったような不具合が発生するようになった。例えば、ボール・ボンディング時におけるワイヤの曲り、ループ高さのばらつき、リーニングなどの不具合、あるいは、樹脂封止時におけるボール・ボンディング・ワイヤの流れ等の不具合が起きやすくなってきた。その他にもボール・ボンディング・ワイヤは、結線後から樹脂封止を経て使用に至るまでに、室温あるいは高温下で機械的応力や熱変化応力を受けるためさまざまな不具合が発生する。

【0005】

このような問題を解決するため近年のボール・ボンディング・ワイヤの研究では、50 ~ 100 ppmあるいはそれ以上の添加元素をAu素地中に溶質させ、23 μm以下、特に20 μm以下のボール・ボンディング・ワイヤの強度を向上させようとするやり方が盛んに検討されている。また、特開2000 - 299346号公報（特許文献1）の段落[0018]に例示されているような、最終伸線直後のボール・ボンディング・ワイヤに再結晶温度（Tc）の1/4以上2/3以下の温度での熱処理を施し、その表面に添加元素の酸化物をなるべく形成させないようにしたボール・ボンディング・ワイヤの製造法も知られている。

この方法によれば、再結晶温度よりも比較的低い温度で熱処理することにより線材の強度を維持することができるが、実際のAu合金の再結晶は活性化エネルギーに基づく再結晶温度と時間との積によって決まるものなので、これ等の高度の加工を施された極細線材では実際のAu合金ではたとえ温度が低くても速やかに事実上の再結晶組織に到達してしまうことが考慮されていない。

また、例えば熱処理温度が低いことにより、引張り強さが高く維持できたとしても、塑性変形に対する抵抗性が低く、ボンディング時に変形してしまうようであれば、上記した問題の解決とはならない。

このような現象は純度が99.99%以上のAuからなる系で顕著に観られる一般的な現象である。

【特許文献1】特開2000 - 299346号公報

【0006】

また、添加元素を組み合わせる手法や添加元素を増やすという従来手法で高強度化したボール・ボンディング・ワイヤは、溶融ボールをAlパッド上の半導体チップに第一ボンディングする際に、大気中の酸素によってボール表面に酸化膜が形成されやすいことから、十分な接合強度を得るためのボンディング条件の選択範囲が狭くなる問題がある。この問題は特許文献1に開示されたボール・ボンディング・ワイヤでは更に深刻な問題になると考えられる。

【0007】

一方、酸化膜が厚くなればなるほど、あるいは、Au素地に溶質した添加元素の量が多くなればなるほど極細線の機械的強度は向上する。その結果、Auボールの硬度が上昇してしまうため、ボンディング時の半導体チップへ及ぼすチップダメージの度合いも強くなる。しかも、23 μm以下、特に20 μm以下の極細線にまでなるとワイヤ自身の絶対的な強度が低下するため、必然的に添加元素を増やす傾向にある。このようなボール・ボンディング・ワイヤを使って狭いピッチ間隔のボンディングを行おうとすると、チップに加わる押圧力が強くなりすぎてチップ割れの比率が上昇するという問題が生じ、深刻な課題となってきた。逆に、チップダメージの発生を回避できる程度に極細線の添加元素の濃度を制御しておいて従来の適度な再結晶の温度領域で熱処理をするというやり方を採用しようとする、23 μm以下、特に20 μm以下の極細線には極細線自身の絶対的な剛性が低下しているため熱処理によってボール・ボンディング・ワイヤにとって必要な強度がまったく得られなくなるという問題が発生する。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は、Au極細線において線径が23 μm以下の極細線であっても実用上十分な剛

10

20

30

40

50

性を有し、しかも添加元素量が少ないAu極細線からなるボール・ボンディング・ワイヤの製造方法を提供することを目的とする。

また、本発明は、狭いピッチ間隔でボール・ボンディングするボンディングワイヤにおいてボンディング時におけるワイヤの曲がり、ループ高さのばらつき、リーニングなどの不具合、あるいは、樹脂封止時におけるワイヤ流れ等の不具合の発生を防止することができ、特に、Au素線のAu純度が99.99%以上の高純度金の場合には効果的に剛性を増すことができるボール・ボンディング・ワイヤ用の製造方法を提供することを目的とする。

更に、本発明は、Au素線が99.99%未満のAu合金の場合でも従来よりも添加元素が少なく済み、23μm以下の細い線径であっても広いボンディング条件と少ないチップダメージを実現することができるボール・ボンディング・ワイヤ用の製造方法を提供することをその目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明によれば、以下に示すボール・ボンディング・ワイヤ用の製造方法が提供される。

(1) 最終伸線後のAu素線を張力をかけながら熱処理する工程において、

再結晶温度に隣接する温度域であって、

そのヤング率が熱処理に伴う回復領域で低下後再度上昇して再結晶領域にいたる間の該再上昇したヤング率を示す領域(ヤング率復元域)及び/または、伸び率が熱処理に伴う回復領域で上昇後低下する、伸び率減少域において熱処理してヤング率を維持せしめることを特徴とするボールボンディング用Au極細線の製造方法である。

(2) また、より具体的には上記熱処理温度域は、300 ~ 550、好ましくは350 ~ 500、より好ましくは370 ~ 450であることを特徴とする。

(3) 上記素線が連続鑄造したAuインゴットをダイス引き連続伸線した後、その最終伸線によって線径を23μm以下としたものであることを特徴とする前記1、2記載のボール・ボンディング用Au極細線の製造方法。

(4) 該Au素線のカール径が30mm以上であることを特徴とする前記1乃至3に記載のボール・ボンディング用Au極細線の製造方法。

(5) 該Au素線がAu合金であることを特徴とする前記1から4までのいずれかに記載のボール・ボンディング用Au極細線の製造方法。

(6) 該Au合金がAu-0.1~2質量%Pd合金からなることを特徴とする前記5に記載のボール・ボンディング用Au極細線の製造方法。

(7) 該Au合金がAu-5~20質量%Ag合金からなることを特徴とする前記5に記載のボール・ボンディング用Au極細線の製造方法。

(8) 該Au素線が50質量ppm以下の添加元素および残部Auからなることを特徴とする前記1から4に記載のボール・ボンディング用Au極細線の製造方法。

【発明の効果】

【0010】

本発明によるボール・ボンディング用Au極細線の熱処理方法によれば、最終伸線した直後のAu素線を再結晶が始まる温度以下の温度で最終熱処理するので、従来のように再結晶領域における伸び率4%の熱処理を施したボール・ボンディング・ワイヤに比べ、加工ひずみが残るため極細線自身の絶対的な剛性を確保することができる。また、連続鑄造したAuインゴットをダイス引き伸線した後、その最終伸線によって線径を23μm以下としたAu素線は粒径が比較的均一にそろっていると考えられるので、いつも安定したヤング率復元域の最終熱処理の効果が得られる。ヤング率復元域で最終熱処理するためのAu素線としては、カール径を30mm以上に制御したものを使用するのが好ましい。カール径が30mm以上であるAuボール・ボンディング・ワイヤは、線径が23μm以下であっても樹脂封止時のワイヤ流れ、ボンディング時のワイヤ曲がり、ループ高さのばらつき、リーニングなどの不具合が少なくなる。本発明では、従来のように添加元素を増加させる必要がな

10

20

30

40

50

いので、初期ボール硬度が、比較的強く保たれるため、ボンディング条件が広くなり、かつ、少ないチップダメージを実現することができる。

【0011】

本発明のボール・ボンディング用Au極細線の製造方法によれば、添加元素の総量を特に50ppm以下に制限した場合でも、Au素線を再結晶温度以下の温度域で熱処理することによって従来の25 μ mボール・ボンディング・ワイヤと同等の剛性を保持するAu極細線を得ることができる。線径が23 μ m以下であってもこのように添加元素を制限すると、広いボンディング条件と少ないチップダメージが要求される、狭ピッチのパッケージ実装の対策として有効な手段とすることができる。また、添加元素を50ppm以下に制限した場合でも剛性を保持することができることから、樹脂封止時のワイヤ流れ、ボンディング時のワイヤ曲がり、ループ高さのばらつき、リーニングなどの不具合を少なくすることができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

本発明は、Au素線を極細線に線引き後、熱処理する工程に特徴を有する。

本発明の場合、

その熱処理温度は、再結晶温度に隣接する再結晶温度の75～95%の温度域であって

、そのヤング率が回復領域で低下後再上昇して再結晶領域にいたる間の該再上昇したヤング率の値を示す領域であり、熱処理温度300～550、好ましくは350～500、より好ましくは370～450の範囲である。

20

また、上記温度域における伸び率の低下する領域によって確認される、(i)該Au素線の再結晶の開始温度よりも低い温度で、(ii)該Au素線の再結晶の開始温度での伸び率よりも低い伸び率を与える、該Au素線の再結晶の開始温度域に隣接する、以下に示す温度領域である。

【0013】

図1及び図2に、本発明者らが得た、Au素線を熱処理したときの熱処理温度()と引張強さ(MPa)・伸び率(%)・ヤング率との関係を示す。

図1における温度域：伸び率減少域が本発明で使用する熱処理の温度域である。この温度域は、再結晶の開始温度(T_c)よりも低い温度域に存在し、かつ、再結晶の温度域に隣接して存在する。

30

この範囲は、図3のヤング率が熱処理に伴って緩やかに低下する回復域の変化から一旦上昇して高い値を示し、再び再結晶温度近傍で低下する間のヤング率が高い値を示す温度範囲であり、図1の伸び率が処理温度の上昇と共に緩やかに上昇し、一端低下した後、再結晶温度近傍で上昇に転じてゆく、伸び率の低下する領域と略対応する。

【0014】

本発明で用いる熱処理は、再結晶温度の75～95%の温度範囲で、好ましくは実質上の再結晶開始温度の80～90%の温度範囲で実施するのが好ましい。

【0015】

本発明の方法は、最終伸線によって線径を23 μ m以下としたAu素線を熱処理する工程が包含されることを特徴とする。

40

【0016】

最終伸線によって形成されたAu素線において、その線径は、23 μ m以下、好ましくは20 μ m以下であり、その下限値は、通常7 μ mである。また、そのカール径は30mm以上、好ましくは35mm以上にするのがよい。

【0017】

Au素線としては、高純度Au合金には、Au/Pd合金、Au/Ag合金等が挙げられる。

高純度Auにおいて、そのAu純度は99.9%以上、好ましくは99.99%以上である。

50

Au/Pd合金において、そのPd含有量は0.1~2%、好ましくは0.5~1.5%である。

Au/Ag合金において、そのAg含有量は5~25%、好ましくは10~20%である。

【0018】

本発明で用いるAu素線は、99.99質量%以上のAuに、好ましくは99.999質量%以上のAuに慣用の添加元素を微量に含有させることができる。該添加元素の具体例としてはCa、Be、Sn、In、Ge、La、Y、Eu、Gd等が挙げられる。

高純度金の場合、添加元素の総量は100ppm未満が好ましく、特に50ppm以下が最適である。50ppm以下が最適な理由は、溶融ボールの表面に酸化膜が形成しにくくなることから、ボール・ボンディング時にAuボールがAlパッドと接合しやすくなるとともに、Auボールが柔らかいままなので半導体チップへ及ぼすチップダメージもほとんどなくなるためである。

10

【0019】

該Au素線中に含まれる添加元素の含有量は、本発明の場合、100ppm以下、好ましくは50ppm以下である。その含有量の下限值は、通常1ppm程度である。

【0020】

Au素線に引張り力をかけながら熱処理する場合、その引張り力は5~50MPa(0.5~5kgf/mm²)である。

【0021】

本発明で最終製品として得られるボール・ボンディング・ワイヤにおいて、その線径は7~23μm、好ましくは7~20μmである。

20

【0022】

本発明において、熱処理温度として用いる前記温度域：ヤング率復元域は、図1中の極細線の伸び率によっても特徴付けられる。

この熱処理温度と引張り強さ、伸び率、0.2%耐力及びヤング率について、表1に示す。前記図1はこれらの数値によるものである。

なお、評価したワイヤは、純度99.999%の高純度金を連続鑄造炉で真空溶解して連続鑄造し、圧延及び連続的にダイス伸線加工したものを使用した。

各ボール・ボンディング・ワイヤの伸び率および引張強さは、標点距離10cm長の極細線を各5本ずつ引張り試験し、その平均値を求めることで評価した。

30

【表 1】

熱処理温度と機械的特性の関係

温度(°C)	最大点応力 (N/mm ²)	破断点伸度 (%)	耐力点応力 (kgf/mm ²)	ヤング率 (100kgf/mm ²)
200	42	1.9	39	87
300	37	2.0	35	84
325	36	2.3	32	75
350	35	2.2	31	79
360	34	2.4	29	77
370	33	2.3	30	84
380	32	2.2	29	83
390	31	1.9	28	79
395	31	2.1	28	81
400	31	1.9	28	79
405	30	1.9	28	78
410	30	2.0	27	81
420	29	1.9	26	81
430	28	2.0	25	80
440	27	2.2	23	72
450	26	2.1	23	80
460	25	2.7	22	75
470	24	3.1	21	75
475	23	3.6	20	74
477	23	4.0	20	74
480	23	4.5	20	76
490	22	6.4	19	67

10

20

【0023】

これまで当業者に知られていたことは、熱処理温度を室温から上昇させていくと、Au極細線の伸び率は変化しないが引張強さは徐々に減少していき、やがて再結晶が始まると伸び率が大きくなり、Au素地中の結晶粒が粗大化していくということであった。本発明者らは再結晶が始まる直前のボール・ボンディング用極細線の伸び率を注意深く観察した。熱処理温度を室温から上昇させていくと、極細線の伸び率はこれまで知られているとおり緩やかに上昇していった。しかし、このときの極細線が伸び始めるまでの状態を更に注意して観察したところ、ある特定の温度域で伸び率がまず緩やかに低下していく現象が生じ、その後に再び伸び率が緩やかに上昇していくことに気がついた(図1中の伸び率減少域参照。)。しかも、ボール・ボンディング用極細線の場合には瞬時に加熱・冷却の影響を受けるため熱処理温度が一定の狭い範囲にとどまっていることがわかった。この現象は、通常の熱処理設備で制御可能であり、市販のボール・ボンディング用のAu合金や高純度金で観察され、添加元素の総量が少ないAu素線には伸び率の低下が顕著に観察された。特に、添加元素の総量が50質量ppm以下で連続铸造したインゴットをダイスで連続伸線したAu素線では、伸び率の低下または停滞がいつも安定して観察されるので、この現象を示す温度範囲の特定が容易である。

30

40

【0024】

この間、引張り強さ、0.2%耐力は、従来認識されていたように熱処理温度の上昇と共に緩やかに減少してゆくの、ワイヤにもとめられる引張り強さに応じて熱処理温度を設定することができる。

このとき、素線にどのような特性変化が生じているのか確認するため、これらの素線について作成したSS(Stress Strain)曲線を図2に示す。()内の数値1.9~6.4%は

50

伸び率である

伸線直後の素線は、加工硬化により高い引張り強さを示すが、従来熱処理材として用いられてきた再結晶温度以上で熱処理した4%伸び線材及び6.4%の伸び線材は、いずれも引張り強さが低下するのみでなく、弾性域が狭く、かつその傾きが小さい。

それに対して、本発明の熱処理温度域である400で熱処理した線材は、伸線加工直後の線材に近接した極めて大きな傾きを示し、しかも、これより低温度の320で熱処理した線材よりも傾きが大きい。

すなわち、ヤング率が大きく、且つこれ等の線材よりも高い引っ張り応力の領域でその値を維持しており、これらの高い応力の下でも塑性変形し難い特性を有していることがわかる。

これ等の変化を、図1の0.2%耐力点と引張り強さ及び伸び率の変化と対比すると、引張り強さは回復域から再結晶域を超える領域まで略なだらかに低下するが、0.2%耐力点は前後においては引張り強さと略並行して変化するものの、上記の伸び率の低下する領域に略対応して上昇して引張り強さとの間隔が狭まり、弾性域が引張り強さに近接するようになって変形抵抗が大きいことが示されている。

【0025】

図3にヤング率(0.2%耐力値)を伸び率及び引張り強さと併せて示す。

グラフに見るヤング率は、ほぼ伸び率と逆の相関関係を保って400付近で高い値を示すが、バラツキが大きいいため伸び率の変化に比べてその範囲について上下限の確認に難点がある。

これは、高純度金が典型的な高延性、展性を有する金属であるため、弾性変形域境界が明瞭に表れず、図のデータにおいて測定された0.2%耐力点における数値も、云わば塑性域境界近傍であって、引張り強さなどの物性値自体がロットごとに変動しやすいためである。

そこで、これらの変化が比較的明瞭に表れる伸び率の変化を参照すると、図1において、組織の回復域に相当する温度範囲の伸び率曲線を直線近似したとき、伸び率の低下した領域が該直線の延長線下にある領域として捉えることができる。図1において見るとその温度範囲は略385~435であるが、これらのデータは、前述のようにロットごとのバラツキがあり、また熱処理条件なども一般にAuボンディングワイヤを数十cmの均熱帯を有する熱処理炉で連続的に素線を走行させて数秒~数十秒間の範囲で行なわれるなど、変動があることから実際には略370~450の範囲とみてよい。

また、これ等の素線に添加された合金元素とその含有率によって再結晶温度領域は変動し、また熱処理時間による影響も大きいため、合金組成や熱処理条件に応じてより広い温度領域でこの現象が表れる。

したがって、本発明の熱処理条件として、これ等の条件を考慮すると300~550に及ぶが、実用上好適な範囲は、略350~500、より好ましくは370~450の範囲である。

以上は、本発明の熱処理条件を定義する便宜的な方法であるが、本発明の特性を発揮する熱処理温度域を確認する上では、これら熱処理温度の上昇に伴って低下するヤング率が一旦回復して高い値を示す領域及び/又は伸び率が低下して低温度域の伸び率変化を近似する直線の延長線下にある、温度範囲として規定することができる。

本発明のAu素線がボンディングワイヤとして上記した、また以下において確認される特性を示す理由は、このヤング率が大きく、かつ引張り強さに近い高い応力範囲に到るまでその値を保つことにあるものと考えられる。

すなわち、これらの極細線においては線径が細いために、ボンディング時や樹脂封止に際して受ける力に対して撓みやすく、引張り強さなど強度上余裕があっても、これらの過程で塑性変形して上記のような問題を生じるのであるが、これに対して本発明の素線はヤング率が高く、且つその値を引っ張り強さ近くまで保持するため、これらの塑性変形を生じることがなく、上記した課題を解決できるのである。

【0026】

10

20

30

40

50

本発明者らが見出した これらの物性を伴う現象については、未だ必ずしも解明できていないが、伸び率が緩やかに低下していく上記の現象は、伸線加工によって形成された空隙クラスターや転位などの物理的欠陥および残留応力等が適度な熱エネルギーによって緩和されたのであろうと本発明者らは推察した。この伸び率が低下している熱処理温度の弾性回復領域を本発明において上記のように「ヤング率復元域」と称する。ヤング率復元域を近似的に求めるには、図1で例示するように、室温付近の回復領域と再結晶領域の伸び率を直線で示したとき、回復領域における伸び率の実測値がこの直線の外延よりも下にある温度範囲で示すことができる。ヤング率復元域での極細線自身の絶対的な剛性を直接測定する手段はないが、ヤング率復元域では再結晶領域よりも引張強さが大きいのみでなく、上述のようにヤング率が高く、その値を引張り強さ近傍まで保持するため極細線自身の絶対的な剛性が高くなり、線径を23 μm以下としたボール・ボンディング用のAu素線であっても再結晶温度域で熱処理した25 μmワイヤと同等の剛性を保持することができる。その結果、ボール・ボンディング時にも従来の高純度金やAu合金の成分組成がそのまま利用できるため、Auボールの硬度が上昇してしまうことがなく、ボンディング時に半導体チップへダメージを与えることがなくなる。しかも、この極細線には物理的な格子欠陥や残留転位などが取り除かれているが機械的な強度が残っているので、後工程の高温度の樹脂封止時においても極細線自身の絶対的な剛性によってボール・ボンディング・ワイヤの流れ等の不具合を防止することができる。

10

【0027】

なお、本発明における「剛性」とはボール・ボンディング・ワイヤの機械的な変形のしづらさをいう。本発明の熱処理時にかかる「引張り張力」はヤング率復元域での熱処理中にAu素線が撓んだりして変形するのを防ぐためだけの目的で設けられたものである。従って、熱処理炉中をAu素線が移動できる推進力が備わっていれば、「引張り張力」がかかっているといえる。逆に意図的に強くかけすぎると、線径を23 μm以下としたAu素線は機械的な強度がないので断線してしまう。また、Au素線のカール径は30 mm未満にすると、ヤング率復元域での熱処理によってはこのカールを取り除くことができなくなってしまう。これは、Au素線にできたカールは機械的な変形によるものなので、物理的な欠陥や残留応力などの除去を目的とするヤング率復元域での熱処理によっては取り除くことができないことを意味する。

20

【0028】

ここで、「カール径」というのは、直径5 cmのスプールに多数回巻かれた極細線の一端をほどいて15 cmの長さで切断された極細線が形成する円弧の曲率半径をいう。典型的な不良品はほとんどカール径が10 mm以下となる。不良品の場合は、スプールに多数巻回された極細線の巻始めであれ巻き終わりであれ、どの個所を切断してもカール径は10 mm以下となる。

30

【実施例】

【0029】

次に本発明の作用効果を実施例により詳述する。

【0030】

実験例1

40

純度99.999%の高純度金またはこの高純度金と純度99.999%の高純度銀との金銀合金であるAu-15%Ag合金へ添加元素を表2に記載の数値(単位は、Agが質量%、他の添加元素が質量ppmを表す。)になるように配合し、連続鋳造炉で真空溶解して連続鋳造した。この鋳塊を圧延および連続的にダイス伸線加工していき、線径が20 μmまたは15 μmのところ表3に示す熱処理条件によって熱処理を行った。このボール・ボンディング用極細線を、次の条件で、60 μm角のAlパッド上の半導体チップへ大気中でボール・ボンディングしたところ、すべてのボールがAlパッド上の半導体チップ内に形成されていた。その評価結果を表3に示す。

【0031】

【表 2】

合金組成(質量%)

鋳塊番号	Au	Ag	Ca	Ge	Be	Y	La
1	残部	15		5			20
2	残部	—	10	20	5		
3	残部	—	20		10	10	10
4	残部	—	20	10		20	40

【表 3】

熱処理条件とワイヤ特性

線径 (μm)	鋳塊 番号	最終熱処理の条件	ワイヤ流れ	ワイヤ曲が り	ワイヤのリ ーニング	ワイヤ高さ のばらつき	総合評価
25	2	ヤング率復元域よりも低い領域	◎	×	×	△	×
	2	ヤング率復元域	◎	×	×	○	×
	2	4%熱処理温度(ヤング率復元域よりも高い領域)	△	○	○	○	△
20	2	ヤング率復元域よりも低い領域	◎	×	×	△	×
	2	ヤング率復元域	○	○	○	○	○
	2	ヤング率復元域よりも高い領域	×	×	×	×	×
20	3	ヤング率復元域よりも低い領域	◎	×	×	×	×
	3	ヤング率復元域	◎	◎	◎	○	○
	3	ヤング率復元域よりも高い領域	×	△	△	△	×
20	1	ヤング率復元域よりも低い領域	◎	×	×	△	×
	1	ヤング率復元域	○	○	○	○	○
	1	ヤング率復元域よりも高い領域	×	×	×	×	×
15	4	ヤング率復元域よりも低い領域	○	×	×	×	×
	4	ヤング率復元域	○	○	○	○	○
	4	ヤング率復元域よりも高い領域	×	×	×	×	×

【0032】

各ボール・ボンディング・ワイヤの特性の評価は、以下のようにしてそれぞれ行った。まず、上記のようにして得られた極細線を、Agめっきされた42アロイの平板に第一次ボンディングをした後第二次ボンディングをして結線した。ボンダーとしては株式会社新川製の「UTC-200」を用いた。第一次ボンディングのボール径はワイヤ径の1.7倍とし、ループ高さを300 μm 、スパンを4mmとし、ボンディング本数は2,000本とし、超音波併用熱圧着ボールウェッジ方式のワイヤボンディング法を行った。

【0033】

ここで、「ワイヤ流れ」は、耐流れ性の指標である樹脂封止後のワイヤ流れ量の測定で行った。ワイヤ流れに使用した本数は、2,000本結線したうちの40本のワイヤを用いて評価した。その際、ワイヤのループ形状を鉛直上方から軟X線透過観察装置にて観察して、ループの軌跡が直線から22 μm を超えて変位していればワイヤ流れは不良であるとして×印で、15~22 μm で変位していればワイヤ流れは普通であるとして○印で、10~15 μm であればワイヤ流れは良好であるとして△印で、10 μm 以下であればワイヤ流れは特に良好であるとして◎印で、それぞれ示した。

【0034】

「リーニング」は、結線した総本数を同じく2,000本として評価した。リーニング

10

20

30

40

50

の測定箇所は、第一次ボンディングをした地点から第二次ボンディングをした地点までを直線で結び、この直線上で第一次ボンディングをした地点から0.4mmの距離における結線されたワイヤのずれ幅（真上から観察した時のずれ幅をいう。）を測定したものである。このときのずれ幅が12 μ m以上のワイヤの本数を数え、3本以下のものを印で、4～10本までのものを印で、11～20本までのものを印で、21本以上のものを×印で、それぞれ示した。

【0035】

「ループ高さ」は、適数連続して結線したブロック単位で作成し、総本数2,000本で評価した。ループ高さの測定は、第一次ボンディングから第二次ボンディングをした地点まで間のワイヤの最高高さ（Agめっきされたリードからの垂直高さ）を測定した。

10

ループ高さの判定は、測定値の1（は標準偏差を示す。）が9 μ m以下のものを印で、9～13 μ mまでのものを印で、13 μ mを超えるものを×印で、それぞれ示した。

【0036】

「ワイヤ曲がり」は、上記と同様に適数連続して結線したブロック単位で作成し、総本数2,000本で評価した。ワイヤ曲がりの測定箇所は、第一次ボンディングをした地点から第二次ボンディングをした地点までを直線で結び、この直線から直角方向に測定した距離の最大値を測定した。

ワイヤ曲がりの判定は、測定値の1が4 μ m以下のものを印で、4～6 μ mまでのものを印で、6 μ mを超えるものを×印で、それぞれ示した。

20

【0037】

「総合評価」は、上記のワイヤ流れ、リーニング、ループ高さおよびワイヤ曲がりの測定結果をボンディングワイヤとして使用できるかどうかの観点から総合判断して、ボンディングワイヤとして使用できるものを印で、狭ピッチボンディングの用途には使用できない可能性があるものを印で、そして使用できないものを×印で、それぞれ示した。

【0038】

上記の結果から明らかなように、本発明の製造方法によるボール・ボンディング・ワイヤは、極細線の線径が23 μ m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、従来法によるボール・ボンディング・ワイヤの場合は、圧着ボール径が小さくなると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。

30

【図面の簡単な説明】

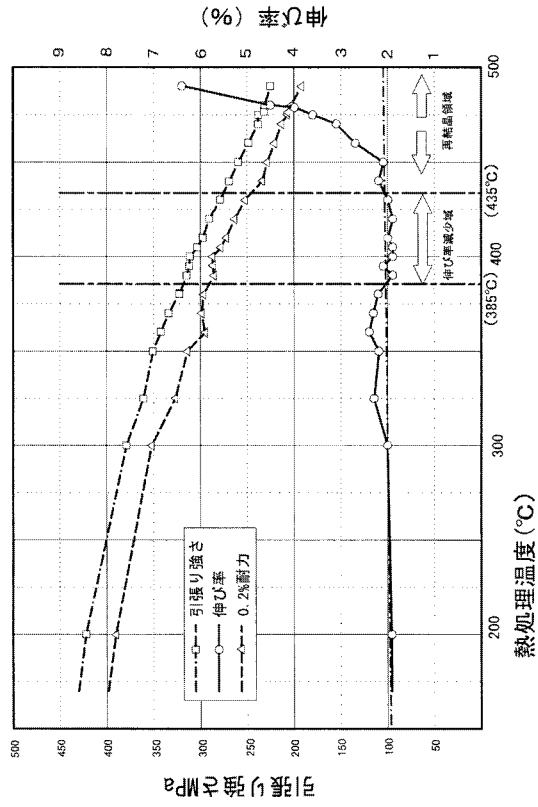
【0039】

【図1】Au素線についてさまざまな熱処理温度に対する引張強さ、伸び率、及び0.2%耐力の関係を示す。

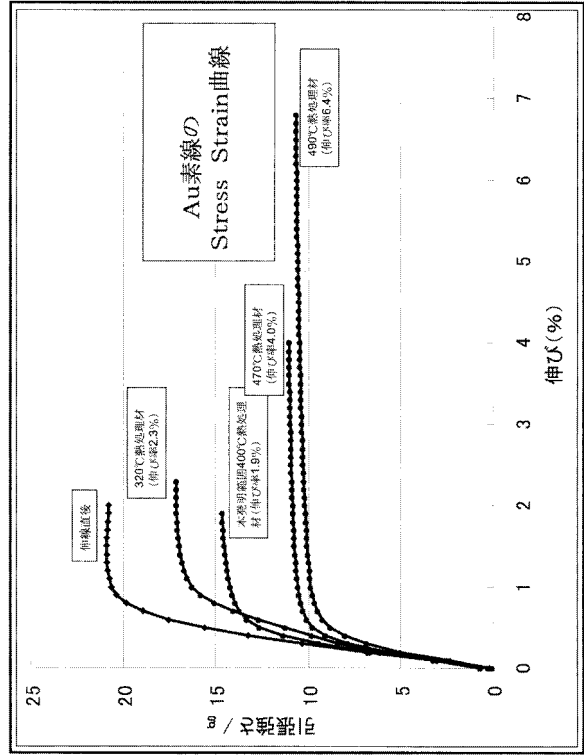
【図2】各種の熱処理条件に対するAu素線のSS曲線。

【図3】Au素線について、熱処理温度に対する引張強さ、伸び率と0.2%耐力値におけるヤング率を併せて示す。

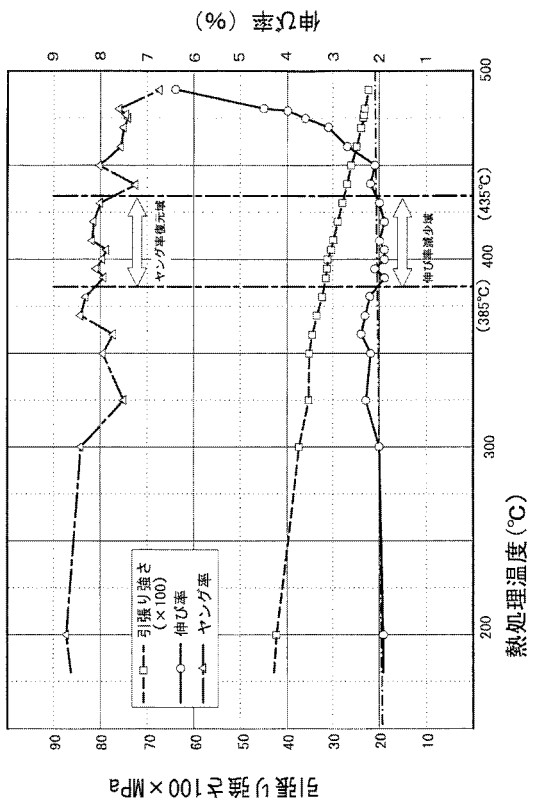
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平09 - 074113 (JP, A)
特開2004 - 228541 (JP, A)
特開2005 - 056899 (JP, A)
特開2006 - 229202 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/60