

明 細 書

発明の名称：半導体装置用ＡＩボンディングワイヤ

技術分野

[0001] 本発明は、半導体装置用ＡＩボンディングワイヤに関する。

背景技術

[0002] 電気自動車、ハイブリッド自動車、産業機器等に搭載されるパワーデバイスでは、半導体素子と外部基板の電氣的接続を担う配線材料としてボンディングワイヤが使用されている。パワーデバイスに用いられるボンディングワイヤの材料には、半導体素子上の電極や外部基板との優れた接合性、電気伝導性、低コストの要求から、アルミニウム（ＡＩ）が主に使用されている。ＡＩボンディングワイヤでは、使用目的に応じて破断強度、伸びなどの機械的特性や熱伝導性などが要求される。

[0003] パワーデバイスでは、半導体チップ上に形成された電極と、リードフレームや基板上の電極との間をボンディングワイヤによって接続している。パワーデバイスにおいては主にアルミニウム（ＡＩ）を材質とするボンディングワイヤが用いられている。また、ＡＩボンディングワイヤを用いたパワーデバイスにおいて、ボンディング方法としては、半導体チップ上電極との第１接続と、リードフレームや基板上の電極との第２接続のいずれも、ウェッジ接合が用いられている。

[0004] ＡＩボンディングワイヤとして、高純度のＡＩのみからなる材料を用いた場合、装置動作時の高温高湿環境において短時間でＡＩボンディングワイヤの腐食が進行し、電氣的な接続が損なわれるため、高温高湿環境で使用することが困難であった。高温高湿環境における寿命（以下、「高温高湿寿命」ともいう。）を高める方法として、ＡＩに特定の元素を添加した材料からなるＡＩボンディングワイヤが提案されている。例えば、特許文献１には、ＡＩにＰｄ、Ｐｔの１種以上を０．００１～０．０８％の範囲で含むボンディングワイヤが、また、特許文献２には、Ｒｈ、Ｐｄの１種以上を総計で１０

～200質量ppmの範囲にて含むボンディングワイヤがそれぞれ記載されており、これらボンディングワイヤが温度121℃、相対湿度100%のPCT (Pressure Cooker Test) と呼ばれる加速評価試験において良好な高温高湿寿命を呈することが開示されている。

- [0005] なお、Alボンディングワイヤを製造する際の熱処理条件について、特許文献1に熱処理条件の開示はなく、特許文献2には、最終線径に到達する前の線径で必要に応じて熱処理を実施すること、及び最終線径で200～300℃の温度範囲で1時間の熱処理を実施することが開示されている。

先行技術文献

特許文献

- [0006] 特許文献1：特開昭61-032444号公報
特許文献2：特開2014-224283号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0007] パワーデバイスに使用するボンディングワイヤには、ウェッジ接合性、電気伝導性、耐熱性等の基本特性を満足した上で、良好な高温高湿寿命を達成することが求められる。
- [0008] 近年、最先端のパワーデバイスに使用されるAlボンディングワイヤでは、高温高湿寿命への要求が厳しくなっている。特に次世代の車載向けパワーデバイスに使用するAlボンディングワイヤには、より高温環境での動作を意識した加速評価条件である温度150℃、85%RH (Relative Humidity：相対湿度) のHAST (Highly Accelerated Stress Test) と呼ばれる加速評価試験において高温高湿寿命の改善の要求が見込まれている。本発明者らは、上述の将来的な高温高湿寿命への要求が高まっていることから、温度150℃、85%RHの加速評価条件で、接合部にバイアス電圧を印加しないunbiased-HAST (以下、uHASTともいう) 試験を実行した。例えば、純度99

、99質量%以上のAlからなるAlボンディングワイヤを使用した場合、2000時間未満で高温高湿寿命が著しく低下し、次世代の車載向けパワーデバイスに要求される性能を満足することはできなかった。これは、ボンディングワイヤ全体に腐食が進行し、Alよりも電気抵抗の高いAl酸化物、Al水酸化物が腐食生成物として生じることで、ボンディングワイヤの電気抵抗が上昇してしまうためであった。uHASTはPCTに比べて試験温度が高く、上述した腐食生成物の形成速度を加速させること、uHASTにおける高温高湿寿命はPCTの2倍以上の寿命が求められることなどから、より高温環境での動作を意識したuHASTにおける高温高湿寿命の改善の要求が見込まれている。

[0009] uHASTにおける高温高湿寿命を添加元素の効果だけで改善することは困難である。例えば、先述の特許文献1及び2に開示される、貴金属元素を1種以上含有するAlボンディングワイヤであってもuHASTにおける高温高湿寿命は十分ではなく、次世代の車載向けパワーデバイスに要求される高温高湿寿命は十分に得られなかった。

[0010] 本発明は、次世代の車載向けパワーデバイスに要求される高温高湿環境において、良好な高温高湿寿命を呈するAlボンディングワイヤを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0011] 本発明者らは、上記課題につき鋭意検討した結果、Pd、Ptの1種以上を総計で3質量ppm以上500質量ppm以下含むと共に、そのワイヤ軸方向に平行な断面において、ワイヤ軸方向に対して角度差が15度以下である<100>結晶方位の方位比率が特定範囲にあるAlボンディングワイヤが上記課題を解決できることを見出し、斯かる知見に基づいて更に検討を重ねることによって本発明を完成した。

[0012] すなわち、本発明は以下の内容を含む。

[1] Pd、Ptの1種以上を総計で3質量ppm以上500質量ppm以下含む半導体装置用Alボンディングワイヤであって、前記ボンディング

ワイヤのワイヤ軸を含みワイヤ軸方向に平行な断面の結晶方位を測定した結果、ワイヤ軸方向に対して角度差が15度以下である<100>結晶方位の方位比率が30%以上90%以下である、半導体装置用A1ボンディングワイヤ。

[2] 引張強度が25MPa以上85MPa以下である、[1]に記載の半導体装置用A1ボンディングワイヤ。

[3] さらにSi、Au、Agの1種以上を総計で3質量ppm以上1000質量ppm以下含む、[1]又は[2]に記載の半導体装置用A1ボンディングワイヤ。

[4] さらにFe、Mgの1種以上を総計で3質量ppm以上700質量ppm以下含む、[1]～[3]の何れかに記載の半導体装置用A1ボンディングワイヤ。

[5] A1の含有量が98質量%以上である、[1]～[4]の何れかに記載の半導体装置用A1ボンディングワイヤ。

[6] 残部がA1及び不可避不純物からなる、[1]～[5]の何れかに記載の半導体装置用A1ボンディングワイヤ。

[7] [1]～[6]の何れかに記載の半導体装置用A1ボンディングワイヤを含む半導体装置。

発明の効果

[0013] 本発明によれば、次世代の車載向けパワーデバイスに要求される高温高湿環境において、良好な高温高湿寿命を呈するA1ボンディングワイヤを提供することができる。

[0014] 本発明はさらに、長スパンのループを形成した時のループ直進性、ウェッジ接合部のせん断強度等の特性を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]図1は、A1ボンディングワイヤについて<100>結晶方位の方位比率を測定する際の測定対象面（検査面）を説明するための概略図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、本発明をその好適な実施形態に即して詳細に説明する。ただし、本発明は、下記実施形態及び例示物に限定されるものではなく、本発明の請求の範囲及びその均等の範囲を逸脱しない範囲において任意に変更して実施され得る。

[0017] [半導体装置用AⅠボンディングワイヤ]

本発明の半導体装置用AⅠボンディングワイヤは、Pd、Ptの1種以上を総計で3質量ppm以上500質量ppm以下含む半導体装置用AⅠボンディングワイヤであって、該ボンディングワイヤのワイヤ軸を含みワイヤ軸方向に平行な断面の結晶方位を測定した結果、ワイヤ軸方向に対して角度差が15度以下である<100>結晶方位の方位比率が30%以上90%以下であることを特徴とする。

[0018] 先述のとおり、最先端のパワーデバイス、特に次世代の車載向けパワーデバイスに使用するAⅠボンディングワイヤには、より高温環境での動作を意識した加速評価条件である温度150℃、85%RHのuHASTと呼ばれる加速評価試験において高温高湿寿命の改善の要求が見込まれている。斯かるuHASTにおける高温高湿寿命を添加元素の効果だけで改善することは困難であった。AⅠボンディングワイヤの寿命には、高温環境での温度の影響がより強いことが確認された。例えば、高温環境での加速評価試験として、温度121℃、100%RHのPCTもあるが、該PCTにおいて良好な高温高湿寿命を呈するとされる、貴金属元素を1種以上含有するAⅠボンディングワイヤであっても、該PCTよりも高温環境で実行したuHASTにおける高温高湿寿命は十分でない場合があった。

[0019] これに対し、本発明者らは、Pd、Ptの1種以上を総計で3質量ppm以上500質量ppm以下含むと共に、そのワイヤ軸を含むワイヤ軸方向に平行な断面において、ワイヤ軸方向に対して角度差が15度以下である<100>結晶方位の方位比率が30%以上90%以下であるAⅠボンディングワイヤが、uHASTにおいても良好な高温高湿寿命を呈すること、詳細には、uHASTにおいて2000時間経過後もワイヤの腐食を抑制して良好

な電氣的接続を維持できることを見出した。＜100＞結晶方位の方位比率の制御とPd、Ptの元素添加の相乗作用について、高温になるほど腐食を抑制する効果が高いことを確認した。例えば140℃を超えた環境での腐食の抑制には、結晶方位の制御が有効である。さらに上述した効果は接合部にバイアス電圧を印加しないunbiased-HASTだけでなく、接合部にバイアス電圧を印加するbiased-HASTにおいても十分な効果を発揮する。ここで、ワイヤ軸とは、ワイヤの中心を通り、ワイヤ長手方向に平行な軸を意味する。このように本発明の半導体装置用Alボンディングワイヤ（以下、単に「ボンディングワイヤ」、「ワイヤ」ともいう。）は、最先端のパワーデバイス、特に次世代の車載向けパワーデバイスで要求される高温高湿環境においても良好な高温高湿寿命を呈することができ、パワーデバイスの高温高湿耐性の向上に著しく寄与するものである。

[0020] 本発明のボンディングワイヤがuHASTにおいて良好な高温高湿寿命をもたらすことができる理由に関しては、以下のとおり推察される。まず、高温高湿寿命が損なわれる原因として、高温高湿環境下でボンディングワイヤ表面においてAl酸化物、Al水酸化物が形成し腐食されたものと考えられる。Al酸化物、Al水酸化物の形成は、AlとH₂Oとの化学反応によるものと推定される。詳細な機構は不明であるが、本発明のボンディングワイヤにおいては、Pd、Ptの1種以上を所定量含み、さらにワイヤ軸方向に平行な断面におけるAlの＜100＞結晶方位の比率を所定の方位とすることが相乗的に作用し、uHASTにおける腐食を抑制できたと推察される。

[0021] 良好な高温高湿寿命を得る観点から、本発明のボンディングワイヤにおけるPd、Ptの1種以上の総計濃度は、3質量ppm以上であり、より好ましくは5質量ppm以上、さらに好ましくは10質量ppm以上、12質量ppm以上、14質量ppm以上、15質量ppm以上、16質量ppm以上、18質量ppm以上又は20質量ppm以上である。また、Pd、Ptを複合添加した場合はPd、Ptを単独添加した場合に比べてより良好な高温高湿寿命が得られる。他方、Pd、Ptの含有量が過大であると、良好な

接合状態を得る超音波、荷重の条件が狭くなる（以下、「ウェッジ接合性が低下する」ともいう。）傾向にある。これは、 P_d 、 P_t の含有量が過大であるとワイヤが過剰に硬くなり、一般的に用いる超音波、荷重の条件ではウェッジ接合時のワイヤ変形量が不十分となることが原因と考えられる。ウェッジ接合性への要求は、次世代の車載向けパワーデバイスだからこそ満足することが難しい。これは、従来のパワーデバイスに要求されたウェッジ接合性では、次世代の車載向けパワーデバイスで要求される耐熱性等の基本特性を満足できない場合があるためである。よって、 P_d 、 P_t の1種以上の総計濃度は、500質量ppm以下であり、好ましくは500質量ppm未満又は450質量ppm以下、より好ましくは400質量ppm以下、350質量ppm以下、300質量ppm以下、250質量ppm以下又は200質量ppm以下である。

[0022] ボンディングワイヤに含まれる元素の濃度分析には、ICP (Inductively Coupled Plasma) 発光分光分析装置、またはICP質量分析装置を利用することができる。ボンディングワイヤの表面に酸素や炭素等の大気中からの汚染物由来の元素が吸着している場合には、分析を行う前に酸やアルカリにより洗浄を行うことが有効である。

[0023] 良好な高温高湿寿命を得る観点から、ボンディングワイヤのワイヤ軸を含むワイヤ軸方向に平行な断面の結晶方位を測定した結果、ワイヤ軸方向に対して角度差が15度以下である $\langle 100 \rangle$ 結晶方位の方位比率は、30%以上であり、好ましくは40%以上、より好ましくは50%以上、さらに好ましくは55%以上又は60%以上である。該 $\langle 100 \rangle$ 結晶方位の方位比率が30%未満であると、uHASTにおいて十分な高温高湿寿命は得られない傾向にある。これは、 $\langle 100 \rangle$ 結晶方位の方位比率が低いと、AlとH₂Oの化学反応による腐食感受性を低減する効果が十分に得られなかったことが原因と考えられる。他方、該 $\langle 100 \rangle$ 結晶方位の方位比率が高すぎると、ウェッジ接合性が低下する傾向にあることを見出した。これは、 $\langle 100 \rangle$ 結晶方位の方位比率が高すぎると、ウェッジ接合時のワイヤ変形量が不十

分となることが原因と考えられる。よって、該<100>結晶方位の方位比率は、90%以下であり、好ましくは90%未満又は88%以下、より好ましくは86%以下、85%以下、84%以下、82%以下又は80%以下である。

[0024] 本発明におけるボンディングワイヤのワイヤ軸を含むワイヤ軸方向に平行な断面の結晶方位の測定方法について説明する。結晶方位を測定する手法には、後方散乱電子線回折（EBSD: Electron Back Scattered Diffraction）法を利用することができる。EBSD法に用いる装置は、走査型電子顕微鏡とそれに備え付けた検出器によって構成される。EBSD法は、試料に電子線を照射したときに発生する反射電子の回折パターンを検出器上に投影し、その回折パターンを解析することによって、各測定点の結晶方位を決定する手法である。EBSD法によって得られたデータの解析には専用ソフト（株式会社TSLソリューションズ製OLIM analysis等）を用いることができる。ワイヤ軸を含み、ワイヤ軸方向に平行な断面（ボンディングワイヤ長手方向に平行な断面）を検査面とし、装置に付属している解析ソフトを利用することにより、特定の結晶方位の方位比率を算出できる。本発明において、ボンディングワイヤのワイヤ軸、及び、該ワイヤ軸を含みワイヤ軸方向に平行な断面とは、後記「（<100>結晶方位の方位比率の測定）」欄にて図1を参照しつつ説明するとおりである。

[0025] 本発明において、<100>結晶方位の方位比率は、測定面積を母集団としたときの<100>結晶方位の面積割合と定義する。方位比率の算出にあたっては、測定エリア内で、ある信頼度を基準に同定できた結晶方位のみの面積を母集団として算出した<100>結晶方位の面積割合を、<100>結晶方位の方位比率とした。方位比率を求める過程では、結晶方位が測定できない部位、あるいは測定できても方位解析の信頼度が低い部位等は除外して計算した。

[0026] 本発明において、<100>結晶方位の方位比率は、5箇所以上を測定し

て得られた方位比率の各値の算術平均とした。測定領域の選択にあたっては、測定データの客観性を確保する観点から、測定対象のボンディングワイヤから、測定用の試料を、ワイヤ軸方向に対して1 m以上の間隔で取得し、測定に供することが好ましい。また本発明において、EBSD法による結晶方位の測定領域は、ワイヤ軸方向の長さが300 μm 以上600 μm 未満、ワイヤ軸方向と垂直な方向の長さはワイヤ全体が入るようにした。

[0027] ーワイヤの引張強度ー

パワーデバイスに使用するボンディングワイヤには、長スパンのループを形成した際に良好なループ直進性を呈することが求められる。例えば、純度99.99質量%以上のAlを原料に用いたAlボンディングワイヤを使用した場合、長スパンのループを形成する際にワイヤ接合部、すなわち半導体チップ上電極との第1接合部と、リードフレームや基板上の電極との第2接合部を結んだ直線に対して垂直方向にワイヤが曲がってしまい、要求性能を満足できなかった。

[0028] 本発明者らは、Pd、Ptの1種以上を総計で3質量ppm以上500質量ppm以下含み、そのワイヤ軸を含むワイヤ軸方向に平行な断面において、ワイヤ軸方向に対して角度差が15度以下である<100>結晶方位の方位比率が30%以上90%以下であるAlボンディングワイヤについて検討を進める過程で、さらにワイヤの引張強度が25 MPa以上85 MPa以下であることにより、長スパンのループを形成した時のループ直進性が向上することを見出した。

[0029] 本発明のボンディングワイヤにおいてワイヤの引張強度が25 MPa以上85 MPa以下であることにより長スパンのループを形成した時のループ直進性が向上する理由に関しては、以下のとおり推察される。すなわち、Pd、Ptの1種以上を所定量含むことによりワイヤ軸方向の降伏応力が高められる効果が、ワイヤ軸方向に平行な断面における<100>結晶方位の方位比率を所定範囲に制御することによりワイヤ軸方向における機械的強度のばらつきを低減する効果が、また、ワイヤの引張強度を所定範囲に制御するこ

とによりワイヤ軸方向の降伏応力が高められる効果がそれぞれ奏され、それらの効果が相乗的に作用したためと推察される。

[0030] 長スパンのループを形成した時のループ直進性を向上させる観点から、本発明のボンディングワイヤにおいてワイヤの引張強度は、好ましくは25 MPa以上、より好ましくは26 MPa以上又は28 MPa以上、さらに好ましくは30 MPa以上、32 MPa以上、34 MPa以上、36 MPa以上、38 MPa以上又は40 MPa以上である。本発明のボンディングワイヤにおいてワイヤの引張強度が25 MPa未満であると、長スパンのループを形成した時のループ直進性が十分に得られない傾向にある。これは、ワイヤが過度に軟らかくなったことが原因であると考えられる。他方、ワイヤの引張強度が高すぎると、ウェッジ接合性が低下する傾向にある。これは、ワイヤが過度に硬くなり、ウェッジ接合時のワイヤ変形量が不十分となることが原因と考えられる。よって、ワイヤの引張強度は、好ましくは85 MPa以下、より好ましくは84 MPa以下、82 MPa以下、80 MPa以下、78 MPa以下、76 MPa以下又は75 MPa以下である。

[0031] ボンディングワイヤの引張強度は、引張試験を利用して測定することができる。引張試験には、市販の引張試験機（A & D社製TENSILON RTF-1225）を用いることができる。標点間距離は100 mm、引張速度は10 mm/分、ロードセル定格荷重は250 Nとして測定することができる。本発明において、引張強度とは、引張試験における最大応力を意味する。

[0032] —Si、Au、Ag—

本発明のボンディングワイヤは、さらにSi、Au、Agの1種以上を総計で3質量ppm以上10000質量ppm以下含んでもよい。これにより、よりいっそう良好な高温高湿寿命を実現することができる。

[0033] 本発明のボンディングワイヤにおいて、さらにSi、Au、Agの1種以上を総計で3質量ppm以上10000質量ppm以下含むことにより高温高湿寿命がさらに改善される理由に関しては、Pd、Ptの存在下において

S i、A u、A gの1種以上を添加、すなわち、P d、P tとS i、A u、A gの1種以上とを複合的に添加することによって触媒作用が発現したことが考えられる。

[0034] よりいっそう良好な高温高湿寿命を実現する観点から、本発明のボンディングワイヤに含まれるS i、A u、A gの1種以上の総計濃度は、好ましくは3質量ppm以上、より好ましくは5質量ppm以上、さらに好ましくは6質量ppm以上、8質量ppm以上、10質量ppm以上、12質量ppm以上、14質量ppm以上又は15質量ppm以上である。また、S i、A u、A gの1種以上の総計濃度は、好ましくは1000質量ppm以下であり、より好ましくは1000質量ppm未満、950質量ppm以下、900質量ppm以下、850質量ppm以下、800質量ppm以下、750質量ppm以下、700質量ppm以下、650質量ppm以下又は600質量ppm以下である。本発明のボンディングワイヤにおいて、さらにS i、A u、A gの1種以上を上記の好適範囲にて含むことにより、uHASTにおいて3000時間経過後においてもワイヤの腐食を抑制して良好な電氣的接続を維持できることを見出した。

[0035] −F e、M g−

本発明のボンディングワイヤは、さらにF e、M gの1種以上を総計で3質量ppm以上700質量ppm以下含んでもよい。これにより、ウェッジ接合部のせん断強度をさらに向上させることができる。

[0036] 本発明のボンディングワイヤにおいて、さらにF e、M gの1種以上を所定量含むことによりウェッジ接合部のせん断強度が向上する理由に関しては、主に固溶強化によってワイヤ軸方向の降伏応力が高められるためと推察される。

[0037] ウェッジ接合部のせん断強度を向上させる観点から、本発明のボンディングワイヤに含まれるF e、M gの1種以上の総計濃度は、好ましくは3質量ppm以上、より好ましくは5質量ppm以上、さらに好ましくは6質量ppm以上、8質量ppm以上、10質量ppm以上、12質量ppm以上、

14質量ppm以上又は15質量ppm以上である。また、Fe、Mgの1種以上の総計濃度は、好ましくは700質量ppm以下であり、より好ましくは700質量ppm未満、650質量ppm以下、600質量ppm以下、550質量ppm以下、500質量ppm以下、450質量ppm以下又は400質量ppm以下である。

[0038] 本発明のボンディングワイヤの残部は、Alを含む。ボンディングワイヤを製造する際のアルミニウム原料としては、純度が4N（Al：99.99質量%以上）のAlを使用することができる。さらに不純物量の少ない5N（Al：99.999質量%以上）以上のAlを用いることがより好適である。本発明の効果を阻害しない範囲において、本発明のボンディングワイヤの残部は、Al以外の元素を含有してよい。本発明のボンディングワイヤにおいて、Alの含有量は、本発明の効果を阻害しない限りにおいて特に限定されないが、好ましくは95質量%以上、96質量%以上、又は97質量%以上であり、より好ましくは98質量%以上、98.5質量%以上、98.6質量%以上、98.8質量%以上、又は99質量%以上である。好適な一実施形態において、本発明のボンディングワイヤの残部は、Al及び不可避不純物からなる。

[0039] 好適な一実施形態において、本発明のボンディングワイヤは、該ワイヤの外周に、Al以外の金属を主成分とする被覆を有していない。ここで、「Al以外の金属を主成分とする被覆」とは、Al以外の金属の含有量が50質量%以上である被覆をいう。

[0040] 本発明のボンディングワイヤは、ウェッジ接合性、電気伝導性、耐熱性等の基本特性を満足した上で、次世代の車載向けパワーデバイスに要求される高温高湿環境において良好な高温高湿寿命をもたらすことができる。したがって本発明のボンディングワイヤは、半導体装置用、特にパワー半導体装置用（中でも車載向けパワー半導体装置用）のAlボンディングワイヤとして好適に使用することができる。

[0041] 本発明のボンディングワイヤの線径は特に限定されず、例えば、50～6

00 μ mであってよい。

[0042] (ボンディングワイヤの製造方法)

本発明のAⅠ配線材の製造方法は特に限定されず、例えば、押し出し加工、スエーピング加工、伸線加工、圧延加工等の公知の加工方法を用いて製造してよい。ある程度線径が細くなると、ダイヤモンドダイスを用いた伸線加工を施すことが好ましい。伸線を室温で行う冷間加工が、製造装置など比較的簡単な構成であり、作業性に優れている。また伸線時の抵抗を下げて生産性を高める場合には、加熱して伸線する熱間加工を用いてもよい。

[0043] 各添加元素の含有量が特定範囲となるように、AⅠおよび各添加元素の純金属を出発原料として秤量した後、これを混合して溶解凝固することでインゴットを作製する。または、各添加元素の原料としては、添加元素を高濃度を含む母合金を用いてもよい。このインゴットを作る溶解過程では、バッチ式、連続鋳造式が使用できる。円柱状のインゴットの直径はその後の加工工程における加工性を考慮して ϕ 8mm以下（例えば ϕ 3mm以上8mm以下）とすることが好ましい。

[0044] 得られた円柱状のインゴットに対し、伸線加工等を行い、所定の線径のワイヤを製造することができる。最終線径に到達する前の線径（以下、「中間線径」という。）あるいは最終線径で調質熱処理を実施することが好ましい。調質熱処理により、加工ひずみの除去や再結晶などを起こすことができる。調質熱処理の条件としては、例えば、300℃以上600℃以下の温度範囲で1秒間以上600秒間未満での加熱が挙げられる。

[0045] ボンディングワイヤのワイヤ軸を含むワイヤ軸方向に平行な断面の結晶方位を測定した結果、ワイヤ軸方向に対して角度差が15度以下である<100>結晶方位の方位比率を30%以上90%以下に制御するためには、例えば、中間線径での熱処理（以下、「中間熱処理」ともいう。）を実施することが有効である。

[0046] 中間熱処理はワイヤを連続的に掃引する方法を用いることができる。この方法を用いる場合、中間線径で、300℃以上550℃以下の温度範囲で中

間熱処理を複数回行うことが有効である。中間熱処理時の熱処理時間は1秒間以上600秒間未満とすることが有効である。中間熱処理を行う回数は、最終線径の1.3～2.0倍、2.3～4.0倍の線径で、それぞれ1回実施することが有効である。熱処理の雰囲気は酸化を防ぐためにArガス雰囲気等の不活性雰囲気とすることが好ましい。

[0047] この手法が上記<100>結晶方位の方位比率を30%以上90%以下に制御することに対して有効である理由について説明する。上記<100>結晶方位を有する結晶粒は、中間熱処理あるいは最終線径での熱処理工程で、再結晶が起こることで形成される。したがって、中間熱処理工程を所定の線径で実施することで結晶粒の成長を制御することが重要である。ここで、結晶粒の成長は、伸線加工により材料に蓄積されたひずみエネルギーを駆動力として成長するため、所定の線径で中間熱処理を実施し、結晶粒の成長を制御することが重要である。また、結晶粒の成長速度は熱処理温度が高いほど速くなるため、熱処理温度や熱処理時間の制御が重要となる。本発明では、中間熱処理工程を所定の線径、熱処理温度及び熱処理時間で実施することで結晶粒の成長を制御することができ、最終熱処理工程を経て製造されたワイヤの<100>結晶方位の方位比率を目的とする範囲に制御できると考えられる。

[0048] [半導体装置]

本発明のボンディングワイヤを用いて、半導体チップ上の電極と、リードフレームや基板上の外部電極とを接続することによって、半導体装置を製造することができる。

[0049] 一実施形態において、本発明の半導体装置は、回路基板、半導体チップ、及び回路基板と半導体チップとを導通させるためのボンディングワイヤを含み、該ボンディングワイヤが本発明のボンディングワイヤであることを特徴とする。

[0050] 本発明の半導体装置において、回路基板及び半導体チップは特に限定されず、半導体装置を構成するために使用し得る公知の回路基板及び半導体チッ

プを用いてよい。あるいはまた、回路基板に代えてリードフレームを用いてもよい。例えば、特開2002-246542号公報に記載される半導体装置のように、リードフレームと、該リードフレームに実装された半導体チップとを含む半導体装置の構成としてよい。

- [0051] 半導体装置としては、電気製品（例えば、コンピューター、携帯電話、デジタルカメラ、テレビ、エアコン、太陽光発電システム等）及び乗物（例えば、自動二輪車、自動車、電車、船舶及び航空機等）等に供される各種半導体装置が挙げられ、特に電力用半導体装置（パワー半導体装置）、中でも車載向けパワー半導体装置が好適である。

実施例

- [0052] 以下、本発明について、実施例を示して具体的に説明する。ただし、本発明は、以下に示す実施例に限定されるものではない。

- [0053] （サンプル）

まずサンプルの製造方法について説明する。原材料となるAlは純度が4N（99.99質量%以上）で、残部が不可避不純物から構成されるものを用いた。Pd、Pt、Si、Au、Ag、Fe、Mgは、純度が99.9質量%以上で残部が不可避不純物から構成されるものを用いた。ボンディングワイヤに用いるAl合金は、内径が $\phi 40\text{ mm}$ 以上 70 mm 未満であるアルミナるつぼに、Al原料と合金化したい原料を装填し、高周波溶解炉を用いて溶解することにより製造した。溶解時の炉内の雰囲気はAr雰囲気とし、溶解時の最高到達温度は 1050°C 以上 1300°C 未満の範囲とした。なお、このインゴットを作る溶解過程には、バッチ式の高周波溶解炉を使用した。溶解後の冷却は空冷とした。溶解後のインゴットの表面に有機物等が付着していた場合は、必要に応じて研磨、脱脂、酸洗を行った。

- [0054] 溶解により $\phi 3\text{ mm}$ 以上 8 mm 以下の円柱状のインゴットを得、該インゴットに対し、ダイスを用いて伸線加工等を行い、 $\phi 300\text{ }\mu\text{ m}$ のワイヤを製作した。伸線加工時には、ワイヤとダイスとの接触界面における潤滑性を確保するため、市販の潤滑液を使用した。伸線加工時のダイス1個当たりの減

面率は、10%以上15%未満とした。ここで、減面率とは、伸線加工を行う前のワイヤの断面積に対する、伸線加工によって減少したワイヤの断面積の比率を百分率で表した値である。伸線加工時のワイヤ送り速度は10m/分以上300m/分未満とした。中間線径における中間熱処理および最終線径における最終熱処理は、後述の条件で実施した。

[0055] 中間熱処理はワイヤを連続的に掃引しながら行った。中間熱処理時の雰囲気はArガス雰囲気とした。中間熱処理の熱処理温度は300℃以上550℃以下、熱処理時間は1秒間以上600秒間未満とした。中間熱処理は、最終線径の1.3～2.0倍、2.3～4.0倍の線径で、それぞれ1回ずつ実施した。

[0056] 伸線加工後のワイヤは、最終的に引張強度が25MPa以上85MPa以下、破断伸びが15%以上25%未満となるように最終熱処理を実施した。最終熱処理はワイヤを連続的に掃引しながら行った。最終熱処理時の雰囲気はArガス雰囲気とした。最終熱処理の熱処理温度は、400℃以上600℃以下、熱処理時間は1秒間以上600秒間未満とした。

[0057] なお、比較例7～11のワイヤを製造するにあたっては、中間熱処理温度は250℃、熱処理時間は5秒間とした。中間熱処理は500μm、900μmの線径で、それぞれ1回ずつ実施した。最終熱処理温度は400℃未満、熱処理時間は1秒間未満とした。また、比較例12のワイヤを製造するにあたっては、中間熱処理温度は350℃、熱処理時間は8秒間とした。中間熱処理は450μm、1100μmの線径で、それぞれ1回ずつ実施した。最終熱処理温度は450℃、熱処理時間は4秒間とした。さらに、実施例39～44のワイヤを製造するにあたっては、中間熱処理温度を570℃、熱処理時間は400秒間とした。中間熱処理は600μm、1000μmの線径で、それぞれ一回ずつ実施した。最終熱処理温度は600℃以上、熱処理時間は600秒間以上とした。

[0058] (元素含有量の測定)

ボンディングワイヤ中の元素の含有量は、分析装置として、ICP-OE

S（（株）日立ハイテクサイエンス製「PS3520UVDDII」）又は
ICP-MS（アジレント・テクノロジーズ（株）製「Agilent 7
700x ICP-MS」）を用いて測定した。

[0059] （＜100＞結晶方位の方位比率の測定）

ボンディングワイヤのワイヤ軸を含み、ワイヤ軸に平行な断面を検査面とし、＜100＞結晶方位の方位比率を測定した。本発明において、ワイヤ軸とは、図1に示す軸A、すなわちボンディングワイヤの中心軸を意味する。また、ワイヤ軸方向に平行な断面とは、図1に示す平面B、すなわちボンディングワイヤの中心軸を含み、ワイヤ軸方向（ワイヤ長手方向）に平行な断面を意味する。＜100＞結晶方位の方位比率の値は5箇所の測定領域で得られた各値の算術平均とした。測定対象のボンディングワイヤは、測定用の試料をワイヤ軸方向に対して、1m以上の間隔で取得し、測定に供した。測定領域は、ワイヤ軸方向の長さが300μm以上600μm未満、ワイヤ軸方向と垂直な方向の長さはワイヤ全体が入るようにした。結晶方位を測定する手法には、EBSD法を利用した。EBSD法によって得られたデータの解析には専用ソフト（株式会社TSLソリューションズ製 OIM analysis等）を用いた。測定結果は、表1-1、表1-2、表1-3、表1-4及び表2-1の「＜100＞結晶方位の方位比率」の欄に示した。

[0060] （引張強度の測定）

ボンディングワイヤの引張強度は、引張試験により測定した。引張試験には、市販の引張試験機（A&D社製TENSILON RTF-1225）を用い、標点間距離100mm、引張速度10mm/分、ロードセル定格荷重250Nの条件で測定した。引張試験における最大応力を引張強度とした。10本のボンディングワイヤの引張強度の算術平均値を、表1-1、表1-2、表1-3、表1-4及び表2-1の「引張強度」の欄に示した。

[0061] （ボンディングワイヤの評価方法）

次にボンディングワイヤの評価方法について説明する。評価に用いたボンディングワイヤの線径はφ300μmとした。基板にはNiめっきされたA

Ⅰ基板を用いた。ボンディングワイヤの接合には市販のワイヤボンダー（超音波工業製REBO-7）を用いた。接合時の温度は常温とし、接合時の雰囲気は大気雰囲気とした。

[0062] （高温高湿寿命の評価方法）

高温高湿寿命の評価方法について説明する。高温高湿寿命は、高温高湿環境下における加速評価試験であるuHASTにより評価した。uHASTの条件はより高温環境での動作を意識して、通常よりも高温の150℃、85%RHとした。

[0063] 一般的なAⅠワイヤの接合条件で、基板上に5本、ウェッジ接合を行った。次いで、作製したサンプルを高温高湿炉内に放置した。uHASTの条件は150℃、85%RHとし、高温高湿炉内の雰囲気は大気雰囲気とした。uHAST終了後のサンプルについて、ワイヤループ部分についてワイヤ軸を含みワイヤ軸方向に平行な断面を機械研磨によって露出させ、ワイヤに腐食が発生しているかどうかを調べた。腐食の有無の確認には走査型電子顕微鏡（SEM: Scanning Electron Microscope）を用いた。観察する視野は、線径の99%以上、ワイヤ軸方向の長さは1mm以上とした。腐食の有無を確認する箇所は観察する視野内全体とした。2000時間経過後に倍率200倍で5本のワイヤの断面全体を観察し、1本でもワイヤの腐食が面積率で10%以上認められた場合は実用上問題があると判断し「×」、5本ともワイヤの腐食が面積率で10%未満であった場合は実用上問題ないと判断し「○」と評価した。ここで面積率とは、観察する視野内において腐食している領域をワイヤの断面積で除して算出した値である。さらに、3000時間経過した時点で5本ともワイヤの腐食が面積率で10%未満であった場合は、優れていると判断し「◎」と評価した。評価結果は、表1-1、表1-2、表1-3、表1-4及び表2-1の「高温高湿寿命」の欄に表記した。×が不合格であり、○及び◎は合格である。

[0064] （長スパンのループ形成時のループ直進性の評価方法）

長スパンのループ形成時のループ直進性の評価方法について説明する。ル

ープの形成条件は、長スパンのループを意識して、通常のループ形成条件よりも厳しい条件であるワイヤ接合部間の距離30.0mm、ループ高さ6mmとした。ワイヤ接合部間の距離をa、基板を真上から光学顕微鏡で観察した際のワイヤ軸を通る線の長さをbとしたとき、接合した10本のボンディングワイヤについてbをaで除した値（すなわち、 b/a ）が $1.02 \leq b/a$ となる箇所が1箇所でもあれば不良と判定し「×」、 $1.02 \leq b/a$ となる箇所が1箇所もなければ良好と判定し「○」と評価した。評価結果は、表1-1、表1-2、表1-3、表1-4及び表2-1の「ループ直進性」の欄に示した。×が不合格であり、○は合格である。

[0065] （ウェッジ接合部のせん断強度の評価方法）

ウェッジ接合部のせん断強度の評価方法について説明する。ウェッジ接合部のせん断強度の評価は、一般的な接合条件で10箇所ウェッジ接合を行い、ウェッジ接合部のせん断強度を測定して評価した。せん断強度の測定には、市販の微小せん断強度試験機を用いた。せん断速度は200 μ m/秒、せん断ツールの基板からの高さは10 μ mとした。せん断強度の測定は、ワイヤを接合した基板を治具で固定して行った。ウェッジ接合部のせん断強度試験によって得られたせん断強度の値が9N未満となる箇所が1箇所でもあれば不合格と判断し「×」、10箇所ともウェッジ接合部のせん断強度試験によって得られたせん断強度が9N以上14N未満である場合は実用上問題ないと判断し「○」と評価した。さらに、10箇所ともウェッジ接合部のせん断強度試験によって得られたせん断強度が14N以上である場合は、優れていると判断し「◎」と評価した。評価結果は表1-1、表1-2、表1-3、表1-4及び表2-1の「ウェッジ接合部のせん断強度」の欄に示した。×が不合格であり、○及び◎は合格である。

[0066] 実施例に係るボンディングワイヤの組成、 $\langle 100 \rangle$ 結晶方位の方位比率（%）、引張強度、及び評価結果を、表1-1、1-2、1-3及び1-4にまとめて示す。また、比較例に係るボンディングワイヤの組成等は表2-1に示す。

[0067] [表1-1]

(表1-1)

No.	Pd, Pt濃度 (質量ppm)			Si, Al, Ag濃度 (質量ppm)				Fe, Mg濃度 (質量ppm)			<100>結晶方位 の方位比率*1 (%)	引張強度 (MPa)	高温高圧寿命	ループ 直進性	ウェッジ接合部の せん断強度
	Pd	Pt	総計	Si	Au	Ag	総計	Fe	Mg	総計					
1	3	-	3	-	-	-	0	-	-	0	33	28	○	○	○
2	496	-	496	-	-	-	0	-	-	0	31	83	○	○	○
3	3	-	3	-	-	-	0	-	-	0	88	27	○	○	○
4	492	-	492	-	-	-	0	-	-	0	87	82	○	○	○
5	10	-	10	-	-	-	0	-	-	0	87	36	○	○	○
6	20	-	20	-	-	-	0	-	-	0	66	39	○	○	○
7	31	-	31	-	-	-	0	-	-	0	60	42	○	○	○
8	50	-	50	-	-	-	0	-	-	0	63	44	○	○	○
9	100	-	100	-	-	-	0	-	-	0	55	50	○	○	○
10	302	-	302	-	-	-	0	-	-	0	42	80	○	○	○
11	-	3	3	-	-	-	0	-	-	0	34	26	○	○	○
12	-	484	484	-	-	-	0	-	-	0	32	85	○	○	○
13	-	3	3	-	-	-	0	-	-	0	88	28	○	○	○
14	-	495	495	-	-	-	0	-	-	0	85	81	○	○	○
15	-	50	50	-	-	-	0	-	-	0	65	37	○	○	○
16	-	71	71	-	-	-	0	-	-	0	59	46	○	○	○
17	-	100	100	-	-	-	0	-	-	0	56	52	○	○	○
18	-	150	150	-	-	-	0	-	-	0	51	63	○	○	○
19	-	300	300	-	-	-	0	-	-	0	41	81	○	○	○
20	10	30	40	-	-	-	0	-	-	0	57	32	○	○	○
21	11	40	51	-	-	-	0	-	-	0	72	36	○	○	○
22	10	72	82	-	-	-	0	-	-	0	65	42	○	○	○
23	20	30	50	-	-	-	0	-	-	0	57	38	○	○	○
24	20	50	70	-	-	-	0	-	-	0	68	39	○	○	○
25	20	100	120	-	-	-	0	-	-	0	60	48	○	○	○
26	40	20	60	-	-	-	0	-	-	0	72	44	○	○	○
27	40	50	90	-	-	-	0	-	-	0	67	53	○	○	○
28	51	50	101	-	-	-	0	-	-	0	63	60	○	○	○
29	50	99	149	-	-	-	0	-	-	0	59	70	○	○	○
30	100	101	201	-	-	-	0	-	-	0	52	74	○	○	○

*1. ボンディングワイヤのワイヤ軸を含むワイヤ軸方向に平行な断面の結晶方位を測定した結果、ワイヤ軸方向に対して角度差が15度以下である<100>結晶方位の方位比率(%)

[0068]

[表1-2]

No.		Pd, Pt濃度 (質量ppm)			Si, Au, Ag濃度 (質量ppm)			Fe, Mg濃度 (質量ppm)			<100>結晶方位 の方位比率*1 (%)	引張強度 (MPa)	高温高湿寿命	ループ 直進性	ウェッジ接合部の せん断強度
		Pd	Pt	総計	Si	Au	Ag	総計	Fe	Mg					
実施 例	31	24	-	24	-	-	-	0	-	-	64	26	○	○	○
	32	50	-	50	-	-	-	0	-	-	52	84	○	○	○
	33	-	71	71	-	-	-	0	-	-	65	35	○	○	○
	34	-	103	103	-	-	-	0	-	-	51	82	○	○	○
	35	10	32	42	-	-	-	0	-	-	82	35	○	○	○
	36	20	50	70	-	-	-	0	-	-	58	40	○	○	○
	37	12	60	72	-	-	-	0	-	-	55	81	○	○	○
	38	30	40	70	-	-	-	0	-	-	52	83	○	○	○
	39	20	-	20	-	-	-	0	-	-	67	23	○	×	○
	40	-	63	63	-	-	-	0	-	-	65	24	○	×	○
	41	50	-	50	-	-	-	0	-	-	63	21	○	×	○
	42	-	100	100	-	-	-	0	-	-	60	22	○	×	○
43	10	30	40	-	-	-	-	0	-	-	73	24	○	×	○
44	15	50	65	-	-	-	-	0	-	-	71	20	○	×	○

*1 ボンディングワイヤのワイヤ軸を含むワイヤ軸方向に平行な断面の結晶方位を測定した結果、ワイヤ軸方向に対して角度差が15度以下である<100>結晶方位の方位比率(%)

*1 ボンディングワイヤのワイヤ軸を含むワイヤ軸方向に平行な断面の結晶方位を測定した結果、ワイヤ軸方向に対して角度差が15度以下である<100>結晶方位の方位比率(%)

[表1-3]

表1-3)															
No.	Pd, Pt濃度 (質量ppm)			Si, Au, Ag濃度 (質量ppm)				Fe, Mg濃度 (質量ppm)			<100>結晶方位 の方位比率*1 (%)	引張強度 (MPa)	高温高圧寿命	ループ 直進性	ウェッジ接合部の せん断強度
	Pd	Pt	総計	Si	Au	Ag	総計	Fe	Mg	総計					
45	25	-	25	4	-	-	4	-	-	0	60	38	◎	○	○
46	30	-	30	-	3	-	3	-	-	0	58	37	◎	○	○
47	29	-	29	-	-	5	5	-	-	0	55	41	◎	○	○
48	-	72	72	9900	-	-	9900	-	-	0	44	75	◎	○	○
49	-	80	80	-	9900	-	9900	-	-	0	42	77	◎	○	○
50	-	81	81	-	-	9900	9900	-	-	0	46	78	◎	○	○
51	14	-	14	50	-	-	50	-	-	0	60	40	◎	○	○
52	18	-	18	500	-	500	-	-	-	0	57	45	◎	○	○
53	12	-	12	1000	-	-	1000	-	-	0	66	56	◎	○	○
54	10	-	10	5001	-	-	5001	-	-	0	35	81	◎	○	○
55	25	-	25	52	-	-	52	-	-	0	38	40	◎	○	○
56	24	-	24	1000	-	-	1000	-	-	0	52	55	◎	○	○
57	50	-	50	503	-	-	503	-	-	0	82	40	◎	○	○
58	-	70	70	600	-	-	600	-	-	0	62	46	◎	○	○
59	-	100	100	1000	-	-	1000	-	-	0	61	51	◎	○	○
60	20	30	50	500	-	-	500	-	-	0	59	44	◎	○	○
61	50	-	50	-	102	-	102	-	-	0	60	49	◎	○	○
62	-	63	63	-	100	-	100	-	-	0	62	43	◎	○	○
63	-	100	100	-	500	-	500	-	-	0	57	52	◎	○	○
64	-	150	150	-	-	503	503	-	-	0	50	59	◎	○	○
65	50	-	50	1	-	-	1	-	-	0	82	43	◎	○	○
66	-	71	71	-	1	-	1	-	-	0	63	41	◎	○	○
67	30	-	30	-	-	2	2	-	-	0	54	50	◎	○	○
68	-	103	103	1	1	-	2	-	-	0	50	64	◎	○	○
69	20	-	20	-	1	1	2	-	-	0	59	45	◎	○	○
70	-	50	50	1	-	1	2	-	-	0	63	51	◎	○	○
71	20	50	70	2	-	-	2	-	-	0	58	60	◎	○	○
72	20	20	40	-	1	-	1	-	-	0	60	53	◎	○	○
73	10	30	40	-	-	2	2	-	-	0	64	47	◎	○	○
*1 ポンデリングワイヤのワイヤ毎を各ワイヤ毎方向に平均した断面の結晶方位を測定した結果、ワイヤ毎方向に對して角度差が15度以下である<100>結晶方位の方位比率(%)															

実施例

*1 ボンディングワイヤのワイヤ軸を含むワイヤ軸方向に平行な断面の結晶方位を測定した結果、ワイヤ軸方向に対して角度差が15度以下である<100>結晶方位の方位比率(%)

[表1-4]

No.		Pd, Pt濃度 (質量ppm)				Si, Au, Ag濃度 (質量ppm)				Fe, Mn濃度 (質量ppm)				<100>結晶方位 の方位比率*1 (%)	引張強度 (MPa)	高温高圧寿命	ループ 直進性	ウェッジ接合部の せん断強度
		Pd	総計	Si	Au	Ag	総計	Fe	Mn	総計								
74	19	-	19	501	-	-	501	3	-	3	56	40	◎	◎				
75	30	-	30	510	-	-	510	-	4	4	51	44	◎	◎				
76	30	-	30	916	-	-	916	698	-	698	40	77	◎	◎				
77	52	-	52	960	-	-	960	-	695	695	38	79	◎	◎				
78	50	-	50	-	51	-	51	51	-	51	62	49	◎	◎				
79	71	-	71	-	-	60	60	-	50	50	68	43	◎	◎				
80	-	51	51	500	-	-	500	202	-	202	59	54	◎	◎				
81	-	70	70	972	-	-	972	-	200	200	52	60	◎	◎				
82	-	103	103	502	-	-	502	-	400	400	50	67	◎	◎				
83	20	-	20	1001	-	-	1001	50	20	70	66	58	◎	◎				
84	50	-	50	550	-	-	550	15	41	56	65	53	◎	◎				
85	100	-	100	501	-	-	501	30	30	60	57	50	◎	◎				
86	-	80	80	-	10	-	10	30	-	30	66	41	◎	◎				
87	-	120	120	-	-	15	15	-	32	32	59	61	◎	◎				
88	10	30	40	510	-	-	510	50	-	50	63	48	◎	◎				
89	10	50	60	511	-	-	511	-	50	50	65	55	◎	◎				
90	18	-	18	505	-	-	505	2	-	2	64	52	◎	◎				
91	50	-	50	988	-	-	988	-	1	1	60	59	◎	◎				
92	-	70	70	560	-	-	560	1	-	1	58	48	◎	◎				
93	-	100	100	950	-	-	950	-	2	2	61	60	◎	◎				
94	10	30	40	510	-	-	510	2	-	2	67	52	◎	◎				
95	12	50	62	908	-	-	908	-	2	2	55	62	◎	◎				
96	10	40	50	550	-	-	550	1	1	2	59	56	◎	◎				

*1. ボンディングワイヤのワイヤ軸を含むワイヤ軸方向に平行な断面の結晶方位を測定した結果、ワイヤ軸方向に対して角度差が15度以下である<100>結晶方位の方位比率(%)

*1. ボンディングワイヤのワイヤ軸を含むワイヤ軸方向に平行な断面の結晶方位を測定した結果、ワイヤ軸方向に対して角度差が15度以下である<100>結晶方位の方位比率(%)

[表2-1]

No.	Pd, Pt濃度 (質量ppm)			Si, Au, Ag濃度 (質量ppm)			Fe, Mg濃度 (質量ppm)			<100>結晶方位 の方位比率*1 (%)	引張強度 (MPa)	高温高湿寿命	ループ 直進性	ウェッジ接合部の せん断強度
	Pd	Pt	総計	Si	Au	Ag	Fe	Mg	総計					
1	2	-	2	-	-	-	-	-	0	28	76	x	x	x
2	1	-	1	-	-	-	-	-	0	91	22	x	x	x
3	-	1	1	-	-	-	-	-	0	29	74	x	x	x
4	-	2	2	-	-	-	-	-	0	95	23	x	x	x
5	1	1	2	-	-	-	-	-	0	26	75	x	x	x
6	1	1	2	-	-	-	-	-	0	92	21	x	x	x
7	33	-	33	-	-	-	-	-	0	25	86	x	x	x
8	60	-	60	-	-	-	-	-	0	24	88	x	x	x
9	108	-	108	-	-	-	-	-	0	28	91	x	x	x
10	-	80	80	-	-	-	-	-	0	27	87	x	x	x
11	11	31	42	-	-	-	-	-	0	26	86	x	x	x
12	1	1	2	-	-	-	-	-	0	66	40	x	x	x

*1 ボンディングワイヤのワイヤ軸を含むワイヤ軸方向に平行な断面の結晶方位を測定した結果、ワイヤ軸方向に対して角度差が15度以下である<100>結晶方位の方位比率(%)

[0072] 実施例No. 1～96のボンディングワイヤはいずれも、Pd、Ptの1種以上を総計で3質量ppm以上500質量ppm以下含むと共に、そのワイヤ軸を含むワイヤ軸方向に平行な断面において、ワイヤ軸方向に対して角度差が15度以下である<100>結晶方位の方位比率が30%以上90%以下であり、パワーデバイスに要求される高温高湿環境において、良好な高

温高湿寿命を呈することを確認した。

加えて、ワイヤの引張強度が25MPa以上85MPa以下である実施例No. 1～38、45～96のボンディングワイヤは、長スパンのループを形成した際に優れたループ直進性が得られることを確認した。

また、Si、Au、Agの1種以上を総計で3質量ppm以上10000質量ppm以下含む実施例No. 45～64、74～96のボンディングワイヤは、パワーデバイスに要求される高温高湿環境において、よりいっそう良好な高温高湿寿命を実現できることを確認した。

さらに、Fe、Mgの1種以上を総計で3質量ppm以上700質量ppm以下含む実施例No. 74～89のボンディングワイヤは、ウェッジ接合部のせん断強度に優れることを確認した。

他方、比較例No. 1～12のボンディングワイヤは、Pd、Ptの1種以上の総計濃度、〈100〉結晶方位の方位比率が本発明範囲外であり、パワーデバイスに要求される高温高湿環境においては腐食が進行し、十分な高温高湿寿命を得られないことを確認した。

請求の範囲

- [請求項1] Pd、Ptの1種以上を総計で3質量ppm以上500質量ppm以下含む半導体装置用Alボンディングワイヤであって、前記ボンディングワイヤのワイヤ軸を含みワイヤ軸方向に平行な断面の結晶方位を測定した結果、ワイヤ軸方向に対して角度差が15度以下である<100>結晶方位の方位比率が30%以上90%以下である、半導体装置用Alボンディングワイヤ。
- [請求項2] 引張強度が25MPa以上85MPa以下である、請求項1に記載の半導体装置用Alボンディングワイヤ。
- [請求項3] さらにSi、Au、Agの1種以上を総計で3質量ppm以上10000質量ppm以下含む、請求項1又は2に記載の半導体装置用Alボンディングワイヤ。
- [請求項4] さらにFe、Mgの1種以上を総計で3質量ppm以上700質量ppm以下含む、請求項1～3の何れか1項に記載の半導体装置用Alボンディングワイヤ。
- [請求項5] Alの含有量が98質量%以上である、請求項1～4の何れか1項に記載の半導体装置用Alボンディングワイヤ。
- [請求項6] 残部がAl及び不可避不純物からなる、請求項1～5の何れか1項に記載の半導体装置用Alボンディングワイヤ。
- [請求項7] 請求項1～6の何れか1項に記載の半導体装置用Alボンディングワイヤを含む半導体装置。