

明 細 書

発明の名称：

ボンディングワイヤ用銅素線、及びボンディングワイヤ用銅素線の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、ボンディングワイヤを形成するためのボンディングワイヤ用銅素線に関する。

本願は、2013年10月10日に、日本に出願された特願2013-213114号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 一般に、半導体素子を搭載した半導体装置においては、半導体素子とリードとが、ボンディングワイヤによって接続されている。従来、ボンディングワイヤとしては、伸線性及び導電性等の観点から主にAu線が使用されている。しかしながら、Auは高価であることから、Au線を代替するボンディングワイヤとして、Cu線からなるボンディングワイヤが提供されている。

[0003] Cu線からなるボンディングワイヤは、例えば、線径4mm～8mmの casting材を0.5mmまで伸線加工して、ボンディングワイヤ用銅素線とした後に、このボンディングワイヤ用銅素線をさらに伸線加工して、線径30μmから50μmに加工することによって製造される。例えば特許文献1、2には、純度が99.9999質量%以上の高純度銅（いわゆる6NCu）のCu線からなるボンディングワイヤが提案されている。このボンディングワイヤは純度が高いため強度が低く、ワイヤのループ形状等が形成され易く、信頼性が向上する。また、純度が高いため介在物が少なく、伸線加工時に断線が生じることを抑制できる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開昭62-111455号公報

特許文献2：特開平04－247630号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0005] ところで、近年、半導体装置の小型化や低コスト化のために、ボンディングワイヤの細線化が求められており、今後、ボンディングワイヤの線径は、例えば10 μ m以下まで細くなることが想定される。したがって、ボンディングワイヤを形成するためのボンディングワイヤ用銅素線には、細線化しても伸線加工時において断線することのない加工性が必要とされている。
- [0006] しかしながら、特許文献1、2に示されたボンディングワイヤの製造時において、ボンディングワイヤ用銅素線を伸線加工して例えば線径10 μ mまで加工すると、素線の伸びが不十分となり、高い頻度で素線の断線が生じてしまう。このようにボンディングワイヤ用銅素線を伸線加工する際に断線が生じると、生産性が著しく低下してしまう問題が生じる。
- [0007] この発明は、前述した事情に鑑みてなされたものであって、加工性が良好で、細線化しても断線が生じ難いボンディングワイヤ用銅素線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

- [0008] 本発明者らは、上述した課題を解決すべく検討した結果、ボンディングワイヤ用銅素線を伸線加工してボンディングワイヤを製造する際に、ボンディングワイヤ用銅素線において、伸線方向と垂直な断面における(001)面の面積率を特定の範囲に制御することにより、ボンディングワイヤ用銅素線の加工性を向上し、伸線加工時における断線を抑制できるとの知見を得た。

本発明は、上記の知見に基づき完成させたものであって、その要旨は以下の通りである。

- [0009] すなわち、本発明の第一の態様に係るボンディングワイヤ用銅素線は、ボンディングワイヤを形成するためのボンディングワイヤ用銅素線であって、純度が99.9999質量%以上の高純度銅からなり、線径が0.5mm以上3.5mm以下であり、伸線方向と垂直な断面において(001)面の面

積率が15%以上30%以下であることを特徴としている。

また、本発明の第二の態様に係るボンディングワイヤ用銅素線の製造方法は、純度99.9999質量%以上の高純度銅からなる鋳塊を熱間加工して素線を製出する熱間加工工程と、製出された前記素線を減面率80%以上99.6%以下の範囲内で冷間伸線加工をする伸線加工工程と、伸線加工された前記素線に対して200℃以上260℃以下、30分以上300分以下の範囲内で加熱処理を行う加熱処理工程と、を備える。

第二の態様に係るボンディング銅素線の製造方法において、前記熱間加工が、700℃以上900℃以下の温度で減面率99%以上99.95%以下まで行われる熱間押し出し加工であっても良い。

また、前記加熱処理工程においてバッチ式焼鈍炉を用いて前記素線を加熱しても良い。

[0010] 本発明の第一の態様に係るボンディングワイヤ用銅素線によれば、伸線方向と垂直な断面において(001)面の面積率が15%以上30%以下とされているので、加工性を向上することができ、伸線時における断線の発生を抑制可能となる。

伸線方向と垂直な断面において、(001)面の面積率が15%未満の場合、(111)面をはじめとする他の方位が増加してしまい、強度が低下し、伸線加工時に破断が生じ易くなる。また、伸線方向と垂直な断面において(001)面の面積率が30%超の場合、伸びが低下し、伸線加工時に破断が生じ易くなる。したがって、(001)面の面積率は、上述の範囲に設定されている。

さらに、ボンディングワイヤ用銅素線が、純度99.9999質量%以上の高純度銅からなるので、このボンディングワイヤ用銅素線を用いたボンディングワイヤの強度を十分に低くし、ボンディングワイヤの信頼性を向上できる。また、純度が99.9999質量%以上の高純度銅は、介在物が少ないので、伸線加工時において介在物に起因する断線の発生を抑制できる。

本発明の第二の態様に係るボンディングワイヤ用銅素線の製造方法によれ

ば、ボンディングワイヤ用銅素線の伸線方向と垂直な断面において（００１）面の面積率が１５％以上３０％以下とすることができる。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、加工性が良好で、細線化しても断線が生じ難いボンディングワイヤ用銅素線を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明の実施形態に係るボンディングワイヤ用銅素線の製造方法のフロー図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下に、本発明の実施形態に係るボンディングワイヤ用銅素線、及びボンディングワイヤ用銅素線の製造方法について説明する。

[0014] 本実施形態に係るボンディングワイヤ用銅素線は、線径８０μm以下、望ましくは線径５μm以上５０μm以下のボンディングワイヤを製造する際の素線として使用されるものである。また、ボンディングワイヤ用銅素線は、線径が０．５mm以上３．５mm以下とされている。

[0015] ボンディングワイヤ用銅素線は、純度が９９．９９９９質量％以上の高純度銅（６ＮＣｕ）からなる。

そして、このボンディングワイヤ用銅素線は、伸線方向と垂直な断面において（００１）面の面積率が１５％以上３０％以下とされている。本実施形態において、伸線方向と垂直な断面とは、ボンディングワイヤ用銅素線の中心軸を含み、この中心軸と直交する断面である。また、本実施形態では、伸線方向と垂直な断面に配向される、（００１）面に対してズレ角１５°以内の結晶面の合計の面積率、すなわち、伸線方向に対し１５°以内に＜００１＞方向が配向された領域の面積率を（００１）面の面積率としている。

[0016] ここで、伸線方向と垂直な断面において（００１）面の面積率が１５％未満の場合、（１１１）面をはじめとする他の方位が増加するので強度が低下し、伸線加工時に破断が生じ易くなる。また、伸線方向と垂直な断面において（００１）面の面積率が３０％超の場合、伸びが低下し、伸線加工時に破

断が生じ易くなる。

このような理由により、伸線方向と垂直な断面において（００１）面の面積率は、上述の範囲に設定されている。（００１）面の面積率は１８％以上２８％以下とすることが好ましいが、これに限定されない。

[0017] なお、伸線方向と垂直な断面の（００１）面の面積率については、電子後方散乱回折像（Electron Back Scatter Diffraction Patterns）法（EBSD法）によって測定することができる。このEBSD法は、SEM（走査電子顕微鏡）にEBSD検出器を接続し、収束電子ビームを試料表面に照射したときに発生する個々の結晶の回折像（EBSD）の方位を解析し、解析により得られた方位データと測定点の位置情報から材料の結晶方位を測定する方法である。

[0018] 次に、本実施形態に係るボンディングワイヤ用銅素線の製造方法について説明する。ボンディングワイヤ用銅素線の製造方法は、例えば図１に示すように、熱間加工工程Ｓ１と、伸線加工工程Ｓ２と、加熱処理工程Ｓ３とを備えている。以下に、各工程の詳細を説明する。

[0019] （熱間加工工程Ｓ１）

まず、純度が９９．９９９９質量％以上の高純度銅からなる直径２５０ｍｍ、長さ７００ｍｍのビレット（鋳塊）を用意する。

そして、このビレットを７００℃以上９００℃以下の温度範囲に加熱し、減面率９９％以上９９．９５％以下の範囲で熱間押し出し加工し、線径６ｍｍ以上２０ｍｍ以下の素線を製出する。この熱間加工工程Ｓ１においては、ビレット（鋳塊）が有する鋳造組織を破壊し、鋳造組織に比較して微細で均一な熱間加工組織にするために、上述の温度範囲及び減面率で熱間押し出し加工を行っている。

本実施形態においては、８００℃に加熱し、減面率９９．９％の条件で熱間押し出し加工を行い、線径８ｍｍの素線を製出した。

[0020] （伸線加工工程Ｓ２）

上述の熱間加工工程Ｓ１において製出された素線を、減面率８０％以上９

9. 6%以下の範囲内で伸線加工（冷間伸線加工）し、線径0.5mm以上3.5mm以下に加工する。ここで、伸線加工は、1パスで行われても良いが、複数パスに分けて行われることが好ましい。この伸線加工工程S2においては、熱間加工工程S1で形成された熱間加工組織（結晶粒）が伸線加工方向に伸長し、繊維状の金属組織となる。

本実施形態においては、15パスで直径（線径）8mmから1mmまで加工を行っており、減面率は98%とされている。

なお、伸線加工工程S2においては、皮剥ぎ伸線加工が行われても良い。

[0021]（加熱処理工程S3）

上述の伸線加工工程S2において伸線された素線に対して200℃以上260℃以下、30分以上300分以下の範囲内で加熱処理を行う。ここで、加熱処理工程S3は、還元雰囲気とされたバッチ式焼鈍炉で行われる。この加熱処理工程S3においては、伸線加工工程S2で繊維状とされた金属組織のうちの一部が再結晶し、繊維状の金属組織と等軸の再結晶組織とが混在した金属組織となっている。

本実施形態においては、バッチ式焼鈍炉によって、220℃で60分の条件で、還元ガス雰囲気中で素線の加熱処理が行われている。

[0022] 以上のようにして本実施形態に係るボンディングワイヤ用銅素線が製造される。

なお、このボンディングワイヤ用銅素線をボンディングワイヤに加工する場合、例えば減面率99.96%で伸線加工することにより、20μmのボンディングワイヤとされる。

[0023] 以上のような構成とされた本実施形態に係るボンディングワイヤ用銅素線によれば、伸線方向と垂直な断面において（001）面の面積率が15%以上30%以下とされているので、加工性を向上させることができ、伸線時における断線の発生を抑制可能となる。

[0024] さらに、ボンディングワイヤ用銅素線が、純度99.9999質量%以上の高純度銅からなるので、このボンディングワイヤ用銅素線を用いたボンデ

ィングワイヤの強度を十分に低くし、ボンディングワイヤの信頼性を向上できる。また、純度が99.9999質量%以上の高純度銅は、介在物が少ないので、伸線加工時において介在物に起因する断線の発生を抑制できる。

[0025] また、本実施形態に係るボンディングワイヤ用銅素線の製造方法は、高純度銅からなる鋳塊を熱間加工して素線を製出する熱間加工工程S1と、素線を減面率80%以上99.6%以下の範囲内で伸線加工をする伸線加工工程S2と、この伸線加工された素線に対して200℃以上260℃以下、30分以上300分以下の範囲内で加熱処理を行う加熱処理工程S3と、を備える。このため、伸線方向と垂直な断面において(001)面の面積率が15%以上30%以下とされたボンディングワイヤ用銅素線を製造することができる。

[0026] 熱間加工工程S1で製出された素線に対して、減面率80%以上99.6%以下の範囲内で伸線加工工程S2を行うと、結晶粒が伸線方向に繊維状に伸びた金属組織となり、伸線方向と垂直な断面において(001)面が増加する。この繊維状に伸びた金属組織は、さらに伸線加工を行うと、伸びが少ない(伸び難い)ために破断が生じてしまうことがある。そこで、上述した条件で加熱処理工程S3を行うことによって、繊維状に伸びた金属組織の一部を再結晶させて(001)面の面積率を所定の範囲に制御して伸びを改善し、伸線時の加工性を向上させている。伸線加工工程S2における減面率は89%以上99.5%以下とすることが好ましいが、これに限定されない。

[0027] また、加熱処理工程S3においては、伸線加工工程S2で伸線された素線に対して、バッチ式焼鈍炉によって、200℃以上260℃以下、30分以上300分以下の範囲内で加熱処理を行う。このため、伸線方向と垂直な断面における(001)面の面積率を15%以上30%以下に確実に制御することができる。

[0028] 加熱処理工程S3において、加熱温度が200℃未満の場合、再結晶粒が十分に発生せず(001)面の面積率を30%以下に制御することが困難となるので、伸びが低下し、その結果伸線加工時に破断が発生するおそれがある。

る。また、加熱温度が260℃超の場合、再結晶が進行し過ぎて(001)面の面積率を15%以上に制御することが困難となるので、強度が低下し、伸線加工時に破断し易くなってしまふ。加熱処理工程S3における加熱温度は210℃以上250℃以下とすることが好ましいが、これに限定されない。

[0029] また、加熱処理工程S3において、加熱時間が30分未満の場合、再結晶粒が十分に発生せず(001)面の面積率を30%以下に制御することが困難となる。また、加熱時間が300分超の場合、再結晶が進行し過ぎて(001)面の面積率を15%以上に制御することが困難となる。加熱温度は60分以上180分以下とすることが好ましいが、これに限定されない。

以上の理由により、加熱処理工程の熱処理条件は、200℃以上260℃以下、30分以上300分以下の範囲内とされている。

[0030] 例えば、電流焼鈍のような高温短時間の加熱処理では、伸線加工によって形成された繊維状の組織中に再結晶組織を安定して形成することができず、伸線方向と垂直な断面における(001)面の面積率を上述の範囲に制御することが困難となる。一方、本実施形態では、バッチ式焼鈍炉を用いて上述の加熱条件で加熱処理を行うことにより、安定して(001)面の面積率を上述の範囲に制御することができるのである。

[0031] 以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれに限定されることはなく、その発明の技術的思想を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。

[0032] なお、純度99.9999質量%以上の高純度銅からなる鑄塊の形状やサイズに限定はなく、本実施形態に限定されることはない。

実施例

[0033] 以下に、本発明の有効性を確認するために行った確認実験の結果について説明する。

(本発明例1～5)

まず、純度99.9999質量%以上の高純度銅からなる直径250mm

、長さ700mmのビレットを用意した。このビレットを800℃に加熱し、熱間押し出し加工を行い、直径8mmの素線を製出した。

次に、直径8mmの素線に対して、冷間皮剥ぎ伸線を含め、直径1mmまで伸線加工を行った。なお、この伸線加工は、減面率98%とし、パス回数は15回とした。

次いで、伸線加工された素線をバッチ式焼鈍炉に装入して、表1に示す加熱温度、加熱時間で加熱処理を行った。なお、バッチ式焼鈍炉の雰囲気は、還元雰囲気とした。

以上のようにして、本発明例1～5のボンディングワイヤ用銅素線を製造した。

[0034] (比較例1)

比較例1では、伸線加工後の加熱処理を行わずにボンディングワイヤ用銅素線を製造した。すなわち、伸線加工後の加熱処理を行わないこと以外は、上述した本発明例と同様にして、比較例1のボンディングワイヤ用銅素線を製造した。

[0035] (比較例2)

まず、純度99.9999%以上の高純度銅からなる鋳塊を用意した。この鋳塊を原料として直径8mmの素線を鋳造した。

次に、直径8mmの素線に対して、冷間皮剥ぎ伸線を含め、直径1mmまで伸線加工を行った。なお、この伸線加工は、減面率98%とし、パス回数は15回とした。

このようにして、比較例2のボンディングワイヤ用銅素線を製造した。なお、比較例2においても、伸線加工後の加熱処理を行っていない。

[0036] 上述のようにして製造されたボンディングワイヤ用銅素線において、伸線方向に垂直な断面のEBSD測定を行い、(001)面の面積率を測定した。

EBSD測定の手順について以下に説明する。まず、ボンディングワイヤ用銅素線の伸線方向に垂直な断面を耐水研磨紙、及びダイヤモンド砥粒を用

いて機械研磨した後、コロイダルシリカ溶液を用いて仕上げ研磨した。そして、EBSD測定装置（HITACHI社製 S4300-SEM、EDAX/TSL社製 OIM Data Collection）と、解析ソフト（EDAX/TSL社製 OIM Data Analysis ver. 5.2）によって、ボンディングワイヤ用銅素線の伸線方向に垂直な断面の結晶方位を測定した。具体的には、試料表面（ボンディングワイヤ用銅素線の伸線方向に垂直な断面）の測定範囲内の個々の測定点に電子線を照射し、電子線を試料表面に2次元で走査させ、後方散乱電子線回折による方位解析を行った。なお、測定点間隔を $1.80\mu\text{m}$ とし、 $600\mu\text{m}\times 940\mu\text{m}$ の領域についてEBSD測定を行った。

なお、EBSD測定されるボンディングワイヤ用銅素線の断面において、 (001) 面に対してズレ角 15° 以内の結晶面（ (001) 面との為す角度が 15° 以内にある結晶面）を (001) 面とみなして、測定領域における (001) 面の面積率を評価した。

[0037] また、製造されたボンディングワイヤ用銅素線に対して、さらに伸線加工を行い、直径 $5\mu\text{m}$ まで加工した。具体的には、直径 1mm （ $1000\mu\text{m}$ ）から $100\mu\text{m}$ に伸線加工を行い、さらに $100\mu\text{m}$ から $50\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ から $25\mu\text{m}$ 、 $25\mu\text{m}$ から $10\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ から $5\mu\text{m}$ のように伸線加工した。このとき、 $100\mu\text{m}$ から $5\mu\text{m}$ まで各直径に加工する際に断線した回数を測定した。なお、この伸線加工は、 $5\mu\text{m}$ まで加工した段階で、全長 100m のワイヤが得られるように実施した。

なお、比較例1については、伸線加工において、断線が多発したため、途中でワイヤの製造（伸線加工）を中止した。

上記の測定結果を表1に示す。

[0038]

[表1]

	加熱処理条件		EBSD測定 (001)の面積率	断線回数			
	加熱温度	時間		100 μ m →50 μ m	50 μ m →25 μ m	25 μ m →10 μ m	10 μ m →5 μ m
	°C	分		回	回	回	回
本発明例1	220	60	20	0	0	0	0
本発明例2	200	60	22	0	0	0	1
本発明例3	255	60	18	0	0	1	2
本発明例4	220	30	28	0	0	0	1
本発明例5	220	300	19	0	0	0	1
比較例1	—	—	35	3	6	10	製造中止
比較例2	—	—	9	0	1	2	18

[0039] 本発明例1～5は、表1に示すように、100 μ mから5 μ mまで伸線加工を施しても断線回数が少なく、加工性が良好であることが確認された。すなわち、本発明例1～5は、細線化しても断線が生じ難いボンディングワイヤ用銅素線であることが確認された。

[0040] 比較例1は、直径1 mmまで伸線加工した後に、加熱処理が行われていないので、(001)面の面積率が30%超となり、断線回数が本発明例と比較して多くなった。

また、比較例2は、直径8 mmの素線を鋳造し、この素線を直径1 mmまで伸線加工しており、直径1 mmまでの伸線加工の減面率が本発明例と比較して不足しているために、(001)面の面積率が15%未満となり、断線回数が本発明例と比較して多くなった。

産業上の利用可能性

[0041] 本発明に係るボンディングワイヤ用銅素線によれば、加工性が良好で、細線化しても断線が生じ難いので、ボンディングワイヤの細線化が可能となる。

符号の説明

[0042] S 1 熱間加工工程

S 2 伸線加工工程

S 3 加熱処理工程

請求の範囲

- [請求項1] ボンディングワイヤを形成するためのボンディングワイヤ用銅素線であって、
- 純度が99.9999質量%以上の高純度銅からなり、
- 線径が0.5mm以上3.5mm以下であり、
- 伸線方向と垂直な断面において(001)面の面積率が15%以上30%以下であることを特徴とするボンディングワイヤ用銅素線。
- [請求項2] 純度99.9999質量%以上の高純度銅からなる鋳塊を熱間加工して素線を製出する熱間加工工程と、
- 製出された前記素線を減面率80%以上99.6%以下の範囲内で冷間伸線加工をする伸線加工工程と、
- 伸線加工された前記素線に対して200℃以上260℃以下、30分以上300分以下の範囲内で加熱処理を行う加熱処理工程と、
- を備えるボンディングワイヤ用銅素線の製造方法。
- [請求項3] 前記熱間加工が、700℃以上900℃以下の温度で減面率99%以上99.95%以下まで行われる熱間押し出し加工である、請求項2に記載のボンディングワイヤ用銅素線の製造方法。
- [請求項4] 前記加熱処理工程においてバッチ式焼鈍炉を用いて前記素線を加熱する、請求項2または3に記載のボンディングワイヤ用銅素線の製造方法。