

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5996853号  
(P5996853)

(45) 発行日 平成28年9月21日 (2016. 9. 21)

(24) 登録日 平成28年9月2日 (2016. 9. 2)

(51) Int. Cl.

H 0 1 L 21/60 (2006.01)

F I

H 0 1 L 21/60 3 0 1 F

請求項の数 5 (全 11 頁)

|           |                              |           |                              |
|-----------|------------------------------|-----------|------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2011-186132 (P2011-186132) | (73) 特許権者 | 000108742                    |
| (22) 出願日  | 平成23年8月29日 (2011. 8. 29)     |           | タツタ電線株式会社                    |
| (65) 公開番号 | 特開2013-48169 (P2013-48169A)  |           | 大阪府東大阪市岩田町2丁目3番1号            |
| (43) 公開日  | 平成25年3月7日 (2013. 3. 7)       | (74) 代理人  | 100130513                    |
| 審査請求日     | 平成26年6月30日 (2014. 6. 30)     |           | 弁理士 鎌田 直也                    |
|           |                              | (74) 代理人  | 100074206                    |
|           |                              |           | 弁理士 鎌田 文二                    |
|           |                              | (74) 代理人  | 100084858                    |
|           |                              |           | 弁理士 東尾 正博                    |
|           |                              | (74) 代理人  | 100112575                    |
|           |                              |           | 弁理士 田川 孝由                    |
|           |                              | (72) 発明者  | 長谷川 剛                        |
|           |                              |           | 大阪府東大阪市岩田町2丁目3番1号 タツタ電線株式会社内 |
| 最終頁に続く    |                              |           |                              |

(54) 【発明の名称】 ボールボンディング用ワイヤ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体素子の電極 (a) と回路配線基板の導体配線 (c) をボールボンディング法によって接続するためのボンディング用ワイヤ (W) であって、

Pd、Auから選ばれる1種以上の元素を合計で0.5質量%以上、3.0質量%以下含み、Ca、Y、La、Ceから選ばれる1種以上の元素を合計で1質量ppm以上、10質量ppm以下含み、Cuを5質量ppm以上、300質量ppm以下含み、残部がAg及び不可避不純物からなって、固有抵抗が $3.0 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 以下であることを特徴とするボールボンディング用ワイヤ。

【請求項 2】

上記電極 (a) がPd電極であることを特徴とする請求項1に記載のボールボンディング用ワイヤ。

【請求項 3】

上記Pd、Auから選ばれる1種以上の元素を合計で0.7質量%以上、1.5質量%以下含むことを特徴とする請求項1又は2に記載のボールボンディング用ワイヤ。

【請求項 4】

上記Cuを20質量ppm以上、300質量ppm以下含むことを特徴とする請求項1～3の何れか一つに記載のボールボンディング用ワイヤ。

【請求項 5】

上記Pd、Auから選ばれる1種以上の元素は、Pdを必ず含むことを特徴とする請求

10

20

項1～4の何れか一つに記載のボールボンディング用ワイヤ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、パワーIC、LSI、トランジスタ、BGA (Ball Grid Array package)、QFN (Quad Flat Non lead package)等の半導体パッケージにおける半導体素子のニッケル・パラジウム・金 (Ni/Pd/Au)電極やニッケル・パラジウム (Ni/Pd)電極 (以下、これらを「Pd電極 (パッド)」と言う。)等の電極と、リードフレーム、セラミック基板、プリント基板等の回路配線基板の導体配線とをボールボンディング法によって接続するためのボールボンディング用ワイヤに関するものである。

10

【背景技術】

【0002】

上記BGA等の半導体パッケージは、例えば、図1に示すように、配線板1上にはんだボール2を介してパッケージ基板3を設け、さらに、そのパッケージ基板3にダイボンディング材4を介して半導体チップ (素子) 5を設けて、その半導体チップ5を封止材6によって封止した構造である。この半導体パッケージにおける半導体チップ5の電極aとパッケージ基板3の導体配線 (端子) cとの電気接続は、上記ボールボンディング法によって行われる。

【0003】

そのボールボンディング法による接続方法は、図2 (a)～(h)に示す態様が一般的であり、同図 (a)に示す、ワイヤWがキャピラリー10aに挿通されてその先端にボール (FAB: Free Air Ball) bが形成された状態から、クランプ10bが開いて、キャピラリー10aが集積回路素子上の電極aに向かって降下する。このとき、ボール (FAB) bはキャピラリー10a内に捕捉される。

20

【0004】

ターゲットである電極aに溶融ボールbが接触すると (キャピラリー10aが電極aに至ると) キャピラリー10aが溶融ボールbをグリップし、溶融ボールbに熱・荷重・超音波を与え、それによって溶融ボールbが圧着されて (圧着ボールb'となって) 電極aと固相接合され、1stボン드가形成されて電極aと接着する (1st接合、図2 (b))。

30

1stボン드가形成されれば、キャピラリー10aは、一定高さまで上昇した後 (同図 (c))、導体配線cの真上まで移動する (同図 (d)～(e))。このとき、安定したループを形成するため、キャピラリー10aに特殊な動きをさせてワイヤWに「くせ」を付ける動作をする場合がある (同図 (d)の鎖線から実線参照)。

【0005】

導体配線cの真上に至ったキャピラリー10aは、導体配線cに向かって降下し、ワイヤWを導体配線 (2ndターゲット) cに押付ける (同図 (e)～(f))。これと同時に、その押付け部位に熱・荷重・超音波を与え、それによってワイヤWを変形させ、ワイヤWを導体配線c上に接合させるためのステッチボンドと、次のステップでテイルを確保するテイルボンドを形成する (2nd接合、図2 (f))。

40

【0006】

その両ボンドを形成した後、キャピラリー10aはワイヤWを残したまま上昇し、キャピラリー10aの先端に一定の長さのテイルを確保した後、クランプ10bを閉じて (ワイヤWをつかんで)、テイルボンドの部分からワイヤWを引きちぎる (図2 (g))。

【0007】

キャピラリー10aは、所要の高さまで上昇すると停止し、そのキャピラリー10aの先端に確保されたワイヤWの先端部分に、放電棒gでもって高電圧を掛けて放電し (スパークし)、その熱でワイヤWを溶かし、この溶けたワイヤ素材は表面張力によって球状に近い溶融ボールbになって固まる (図2 (h))。

【0008】

50

以上の作用で一サイクルが終了し、以後、同様な作用によって、電極 a と導体配線 c とのボールボンディング法による接続がなされる。

#### 【0009】

このボールボンディング法に使用されるボンディング線（ワイヤ）Wの材質としては、4N（純度：99.99質量%以上）～2N（純度：99質量%以上）の金（Au）が使用されている。このようにAuが多用されるのはAuボールbの形状が真球状となるとともに、形成されるAuボールbの硬さが適切であって、接合時の荷重、超音波によってチップ5を損傷することがなく、確実な接合ができ、その信頼性が高いからである。

一方、AuボンディングワイヤWは高価であることから、安価な銅（Cu）ボンディングワイヤへの置き換えもなされている。さらに、そのCuボンディングワイヤ表面にパラジウム（Pd）等を被覆してボンディング性を高めたものが開発され、一部では使用されている（特許文献1）。また、銀（Ag）ボンディングワイヤについても開発され、一部では使用されている。（特許文献2、3、4）

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0010】

【特許文献1】特開2007-123597号公報

【特許文献2】特開昭57-194232号公報

【特許文献3】特開昭58-6948号公報

【特許文献4】特開平11-288962号公報

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0011】

Auボンディングワイヤは高価である。その代替材であるCuボンディングワイヤは安価ではあるが、Auボンディングワイヤに比べてFABが硬く、電極aのチップが脆弱であるとチップダメージ発生の恐れが高くなる。また、Auボンディングワイヤに比べて2nd接合性が悪く、連続ボンディング性に問題がある。

表面被覆Cuボンディングワイヤは、Cuボンディングワイヤに比べて2nd接合性がよく、連続ボンディング性がよいが、FABがCuボンディングワイヤよりもさらに硬くなるため、チップダメージ発生の問題がある。

#### 【0012】

また、従来、電極aにはAl-Si-Cu合金等のAl電極（パッド）が用いられていたが、高温信頼性、例えば150℃以上における信頼性が求められる車載などの用途ではPd電極aが検討されている。さらに脆弱なチップ5に対するダメージ低減の必要もある。

このPd電極aに対し、上記表面被覆Cuボンディングワイヤは接合し難いという問題があり、Cuボンディングワイヤは、脆弱なチップ5に対してダメージを与えないような条件でボンディングしようすると、十分な接合ができないという問題がある。

#### 【0013】

さらに、従来のAgボンディングワイヤでは、ボールbを形成する際に窒素（N<sub>2</sub>）ガスを吹き付けて非酸化雰囲気中で放電するのが一般的である。これに対し、特許文献2、3に、AgにAlもしくはMgを添加することにより、窒素ガスを吹き付けることなく大気中で放電しても形状のよいボールbが得られることが記載されている。

しかし、近年、電極aが小さくなり、また、電極a同士の距離も近くなっているため、より安定した真球状のボールbを得る必要があるため、Agボンディングワイヤにおいても、一般的に窒素ガスを吹き付けて放電の方が好ましくなっている。この窒素ガスを吹き付けて放電した場合、周囲からの酸素の侵入は防ぐことができるが、ワイヤ先端が溶融した際にワイヤ表面の酸化銀から上記添加したAlもしくはMgが酸素を奪い、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>もしくはMgOができる。このとき、AlもしくはMgを多量に含有していると、このAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>もしくはMgOがボールb表面に大量に生成してしまい、電極aとの接合の際

10

20

30

40

50

に硬質な  $\text{Al}_2\text{O}_3$  もしくは  $\text{MgO}$  が電極 a を損傷する問題がある。

【0014】

同様に、特許文献 4 にワイヤ強度や耐熱性を向上させるために、 $\text{Ca}$ 、 $\text{Sr}$ 、 $\text{Y}$ 、 $\text{La}$ 、 $\text{Ce}$ 、 $\text{Eu}$ 、 $\text{Be}$ 、 $\text{Ge}$ 、 $\text{In}$ 、 $\text{Sn}$  を添加することが記載されているが、これらの元素についても多量に添加すると、それらの元素の酸化物が電極 a を損傷する問題がある。

また、特許文献 4 にはワイヤの接合信頼性を高めるために、 $\text{Pt}$ 、 $\text{Pd}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{Ru}$ 、 $\text{Os}$ 、 $\text{Rh}$ 、 $\text{Ir}$ 、 $\text{Au}$  を添加することが記載されているが、このような元素を多量に添加すれば、ワイヤ自体の電気抵抗が上がり、ボンディングワイヤとしての性能を損なう問題が生じる。すなわち、上述のとおり、電極 a はより小さく、その距離もより近くなっているため、1st 接合部を小さくすることが求められている。そのためには、ボンディングワイヤの直径を小さくする必要があるが、ワイヤの電気抵抗が高くなると、ワイヤの直径を小さくすることができなくなる問題がある。

10

【0015】

因みに、 $\text{Au}$  ボンディングワイヤと  $\text{Pd}$  電極 a の接合であれば、高温信頼性は得られるが、材料費が高価になるという問題がある。

【0016】

この発明は、以上の実状の下、半導体素子の  $\text{Pd}$  電極等の電極 a との接合性がよく、かつ  $\text{Au}$  ボンディングワイヤより安価なボンディング用ワイヤとすることを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0017】

20

上記課題を達成するため、この発明は、半導体素子の電極と回路配線基板の導体配線をボールボンディング法によって接続するためのボンディング用ワイヤにおいて、 $\text{Pd}$ 、 $\text{Au}$  から選ばれる 1 種以上の元素を合計で 0.5～3.0 質量% (0.5 質量%以上、3.0 質量%以下、この後の記載において、「～」は同様に「以上」から「以下」の意とする。) 含み、 $\text{Ca}$ 、 $\text{Y}$ 、 $\text{La}$ 、 $\text{Ce}$  から選ばれる 1 種以上の元素を合計で 1～10 質量 ppm 含み、 $\text{Cu}$  を 5～300 質量 ppm 含み、残部が  $\text{Ag}$  及び不可避不純物からなる構成としたものである。

【0018】

$\text{Ag}$  を主体とするボンディングワイヤは、半導体素子の電極、特に  $\text{Pd}$  電極に対し、 $\text{Cu}$  ボンディングワイヤや表面被覆  $\text{Cu}$  ボンディングワイヤに比べて接合性がよく、一方、 $\text{Au}$  ボンディングワイヤに比べれば、安価なものとし得る。

30

因みに、 $\text{Ag}$  ボンディングワイヤと  $\text{Pd}$  電極との接合箇所の耐食性は高いが、 $\text{Ag}$  ボンディングワイヤと  $\text{Al}$  電極との接合箇所は耐食性が低い。

【0019】

$\text{Pd}$ 、 $\text{Au}$  は、耐食性及び良好な電気特性を得るために添加するが、図 2 (h) に示すように、FAB を作製する時にワイヤ先端部と放電棒 g との間で放電させてワイヤ先端を溶融させる際、 $\text{Ag}$  に比べて高融点な  $\text{Au}$ 、 $\text{Pd}$  が FAB 表面に集積するため、FAB (ボール b) 表面が  $\text{Au}$  もしくは  $\text{Pd}$  の高濃度層になり、同図 (b) の、次に続く 1st 接合時に電極 a との接合界面の信頼性向上に寄与する。このとき、この FAB 表面への集積は  $\text{Au}$ 、 $\text{Pd}$  の融点に関わり、 $\text{Pd}$  の融点 (1555℃) は  $\text{Au}$  の融点 (1064℃) に比べて高く、 $\text{Pd}$  のほうがより高濃度化するから、接合部の信頼性をより向上させるためには  $\text{Au}$  よりも  $\text{Pd}$  のほうが好ましい。

40

【0020】

この  $\text{Pd}$ 、 $\text{Au}$  の添加において、 $\text{Pd}$ 、 $\text{Au}$  の合計が 0.5 質量%未満であると、接合部の信頼性が低くなるため、0.5 質量%以上とする。0.7 質量%以上とすれば、特に湿潤環境下での信頼性が確保できる。一方、3.0 質量%を超えた量を添加すると、一般的に用いられている  $\text{Au-Pd}$  合金ボンディングワイヤの電気抵抗 (固有抵抗  $3.0 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ ) よりも本発明に係るワイヤの電気抵抗が高くなり、直径を小さくすることが難しくなるため、3.0 質量%以下とする。また、より好ましい範囲を 1.5 質量%以下とすると、一般的に用いられている 4N の  $\text{Au}$  ボンディングワイヤと同等以上の電気抵抗 (固

50

有抵抗  $2.3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$  以下) を得ることができる。

#### 【0021】

Ca、Y、La、Ce は、ワイヤ強度や耐熱性を向上させるために添加するが、その 1 種以上の元素の合計が 1 質量 ppm 未満であると、そのワイヤの耐熱性が低くなって実用上の問題が生じるため、1 質量 ppm 以上とする。すなわち、耐熱性が低ければ、ボール b 生成の際の放電による熱影響によってボール b 直上のワイヤ部分の強度が低くなり、樹脂封止時にその部分が曲がったり断線したりする不具合が生じる。一方、合計添加量が 10 質量 ppm を超えると、添加元素がワイヤ表面の酸化銀から酸素を奪い、それらの元素の酸化物となって大量にボール b 表面に生じる。この酸化物の大量析出によって、1 st 接合時に電極 a が損傷するため、合計添加量は 10 質量 ppm 以下とする。

10

ここで、Y、La、Ce は希土類元素であり、入手性に難があるため、Ca の添加が最も好ましい。

#### 【0022】

また、ワイヤの強度を上げるために Cu を 5 質量 ppm 以上添加する。Ag の強度を上げるために添加する元素としては、Ni、Ti など挙げられるが、Ni は添加するための鑄造・凝固の際に 2 相に分離することがあるため、添加が難しく、Ti は Ag、Pd および Au と反応してそれぞれ脆弱な金属間化合物を作るので、好ましくない。Cu については Ag 中に安定して添加できるため最適である。

Cu が 5 質量 ppm 未満であると、ワイヤの強度が不足するため、ワイヤボンディング後の樹脂封止の際にワイヤフローを起こしやすくなる。さらに、より高いワイヤフロー性を得るためには 20 質量 ppm 以上の Cu を添加することが好ましい。また、Cu の添加量が 300 質量 ppm を超えると、ボール b の形状が安定して真球状にならず、異形のボール b が発生しやすくなるため、その添加量は 300 質量 ppm 以下とする。

20

#### 【0023】

このワイヤ W の線径はボンディングワイヤとして使用し得れば任意であるが、例えば、 $10 \sim 50.8 \mu\text{m}$  とする。 $50.8 \mu\text{m}$  以下とすると溶融ボール b をより小さくでき、 $10 \mu\text{m}$  未満であると、ボンディング前にオペレータがワイヤ W をキャピラリー 10 a に通すのが困難になり、作業性が悪くなるうえに、空気圧によりワイヤに十分な張力をかけることができなくなり、ループ制御が困難になる恐れがある。

#### 【発明の効果】

30

#### 【0024】

この発明は、以上のように Ag を主体としたので、Au ボンディングワイヤに比べれば、安価なものとし得て、かつ、Pd、Au、Ca、Y、La、Ce 及び Cu の適量の添加によって、適度な強度のワイヤとなって良好な FAB 及び Pd 電極等との接合性が良いものとなることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0025】

【図 1】半導体パッケージの概略図

【図 2】ボールボンディング接続法の説明図であり、(a) ～ (h) はその途中図

【図 3】FAB 形状の写真であり、(a) は表面に析出物の生成がみられないもの、(b) は表面に析出物が生成したもの

40

【図 4】(a)、(b) は図 3 (a)、(b) のそれぞれ模式図

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0026】

純度が 99.99 質量% 以上 (4N) の高純度 Ag を用いて、表 1 に示す化学成分の Ag 合金を鑄造し、 $8 \text{ mm}\phi$  のワイヤロッドを作成した。そのワイヤロッドを伸線加工し最終線径を  $30 \mu\text{m}$  の Ag 合金線とし、窒素雰囲気中  $400 \sim 600^\circ\text{C}$  で連続焼鈍して伸び  $5 \sim 10\%$ 、所定の引張強度になるように調製した。化学成分の定量は ICP-OES (高周波誘導結合プラズマ発光分光分析法) により行った。そのボンディング用ワイヤ W として、実施例 1 ～ 20、比較例 1 ～ 15 を得た。

50

【0027】

【表1】

|     | No. | 芯材組成 |     |     |       |    |    |    |    |     | 線徑<br>(um) |
|-----|-----|------|-----|-----|-------|----|----|----|----|-----|------------|
|     |     | (%)  |     |     | (ppm) |    |    |    |    |     |            |
|     |     | Pd   | Au  | 小計  | Ca    | Y  | La | Ce | 小計 | Cu  |            |
| 実施例 | 1   | 0.6  |     | 0.6 | 4     |    |    |    | 4  | 50  | 18         |
|     | 2   |      | 0.5 | 0.5 |       | 1  |    |    | 1  | 15  | 18         |
|     | 3   |      | 0.5 | 0.5 |       |    | 2  |    | 2  | 20  | 25         |
|     | 4   | 0.4  | 0.3 | 0.7 | 5     |    |    |    | 5  | 300 | 18         |
|     | 5   | 0.4  | 0.3 | 0.7 |       |    | 10 |    | 10 | 210 | 20         |
|     | 6   | 0.7  |     | 0.7 |       |    |    | 4  | 4  | 200 | 38         |
|     | 7   | 1.5  |     | 1.5 | 4     |    |    |    | 4  | 32  | 50         |
|     | 8   |      | 1.6 | 1.6 |       |    |    | 8  | 8  | 25  | 20         |
|     | 9   | 1.0  |     | 1.0 | 5     |    |    |    | 5  | 5   | 30         |
|     | 10  | 2.0  |     | 2.0 |       | 9  |    |    | 9  | 5   | 12         |
|     | 11  | 1.2  |     | 1.2 | 5     |    |    |    | 5  | 10  | 18         |
|     | 12  | 1.5  | 1.5 | 3.0 |       |    | 8  |    | 8  | 17  | 15         |
|     | 13  | 2.8  |     | 2.8 | 9     |    |    |    | 9  | 35  | 20         |
|     | 14  | 1.3  |     | 1.3 | 10    |    |    |    | 10 | 120 | 18         |
|     | 15  | 1.0  |     | 1.0 |       | 2  |    |    | 2  | 200 | 33         |
|     | 16  | 0.9  |     | 0.9 |       |    | 2  | 2  | 4  | 300 | 50         |
|     | 17  | 1.2  | 0.4 | 1.6 | 5     | 3  |    |    | 8  | 5   | 12         |
|     | 18  | 1.2  |     | 1.2 | 9     |    |    |    | 9  | 62  | 12         |
|     | 19  | 0.8  |     | 0.8 | 5     |    | 2  |    | 7  | 27  | 18         |
|     | 20  | 1.0  | 1.0 | 2.0 | 4     |    |    |    | 4  | 30  | 20         |
| 比較例 | 1   | 0.7  |     | 0.7 | 20    |    |    |    | 20 | 4   | 30         |
|     | 2   |      | 0.4 | 0.4 |       | 9  |    |    | 9  | 3   | 30         |
|     | 3   | 1.0  | 1.0 | 2.0 |       |    |    | 11 | 11 | 2   | 30         |
|     | 4   | 1.0  |     | 1.0 | 11    |    |    |    | 11 | 2   | 18         |
|     | 5   |      | 0.6 | 0.6 |       |    |    |    | 0  | 3   | 12         |
|     | 6   | 0.3  | 1.2 | 1.5 | 8     |    | 3  |    | 11 | 320 | 50         |
|     | 7   | 1.2  | 0.4 | 1.6 |       |    |    |    | 0  | 52  | 50         |
|     | 8   |      | 0.3 | 0.3 | 10    |    |    |    | 10 | 301 | 25         |
|     | 9   |      | 0.1 | 0.1 |       |    | 5  | 3  | 8  | 301 | 23         |
|     | 10  | 0.1  |     | 0.1 |       | 12 | 2  |    | 14 | 120 | 25         |
|     | 11  | 0.2  | 0.7 | 0.9 |       |    | 15 |    | 15 | 136 | 38         |
|     | 12  | 0.5  |     | 0.5 | 13    |    |    |    | 13 | 2   | 50         |
|     | 13  | 1.6  | 1.5 | 3.1 | 4     |    |    |    | 4  | 302 | 30         |
|     | 14  | 3.2  |     | 3.2 |       |    |    |    | 0  | 360 | 30         |
|     | 15  |      | 3.5 | 3.5 |       | 2  | 3  | 3  | 8  | 4   | 25         |

【0028】

この各実施例及び各比較例に対し、下記の試験を行った。

『評価項目』

得られた各ボンディング用ワイヤWについて、自動ワイヤボンダで、図2に示すボールボンディングを行った。すなわち、放電棒gによるアーク放電によりワイヤW先端にFAB（ボールb）を作製し、それをチップ5上のNi/Pd/Au電極aに接合し、ワイヤ他端をリード端子（導体配線）cに接合した。なお、FAB作製時にはワイヤW先端部に窒素（ $\text{N}_2$ ）ガスを流しながらアーク放電を行った。リード端子cにはAg被覆42%Ni-Fe合金を使用した。

そのボンディングにおける、FAB外観（析出物の有無）、耐熱性、HAST、1st接合部のチップ損傷、電気抵抗、樹脂封止時のワイヤフロー、FAB形状の安定性及び総合評価を表2に示す。それらの評価方法等は以下の通りである。

【0029】

『評価方法』

「FAB外観（析出物の有無）」

FAB径／ワイヤ径の比率が1.9～2.1のボールbを30本作製し、走査型電子顕微鏡（SEM）で観察した。図3（a）のように表面に析出物の生成がみられないもの（図4（a）参照）を「A」、図3（b）のように表面に析出物が生成したボールbが1本

でも見られたもの（図4（b）参照、t：析出物）を「D」とした。

【0030】

「耐熱性」

ワイヤ長：5mmのボンディング試料をエポキシ樹脂で封止した後で、X線非破壊観察装置にて1st接合部直上のワイヤの状態を観察した。観察は50本行い、1st接合部直上のワイヤ部分が曲がったり、破断したりせずにすべてが良好な形状であるものを「A」、1本でも1st接合部直上のワイヤ部分に曲がりや破断というような異常がある場合は実用上の問題があると考えて「D」とした。

【0031】

「HAST(Highly Accelerated temperature & humidity Stress Test)による信頼性評価」

10

ボンディング試料を130℃/85%RH(Relative Humidity)の試験槽中に1000時間装入し、1000時間経過後のシェア強度H(1000)を初期のシェア強度H(Initial)で除した割合R( $R=H(1000)/H(Initial) \times 100$ )を用いて評価した。Rが80%以上なら「A」、60%以上80%未満では「B」、60%未満では「D」とした。

【0032】

「ボンディング後、1st接合部直下のチップ損傷の評価」

1st接合部および電極膜を王水で溶解し、チップ5のクラックを光学顕微鏡と走査型電子顕微鏡(SEM)で観察した。100個の1st接合部を観察して3μm未満の微小なピットが1個もしくはまったく見られない場合は「A」、3μm以上のクラックが2個以上認められた場合を「D」とした。

20

【0033】

「電気抵抗」

4端子法を用いて室温での電気抵抗を測定した。固有抵抗が $2.3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 未満であれば十分な導電性を有すると考えられるので「A」、固有抵抗が $2.3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 以上 $3.0 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 未満であれば「B」、固有抵抗が $3.0 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 以上であれば「D」とした。

【0034】

「樹脂封止時のワイヤフローの評価」

ワイヤ長：5mmのボンディング試料をエポキシ樹脂で封止した後で、X線非破壊観察装置にて最大ワイヤフロー量を測定した。測定は20本行い、その平均値をワイヤ長5mmで除した割合をワイヤフロー率とした。このワイヤフロー率が5%未満なら「A」、5%以上7%未満では「B」、7%以上では実用上の問題があると考えて評価を「D」とした。

30

【0035】

「FAB形状の安定性の評価」

ワイヤ径に対するFAB径の比率が小さくなると、安定性の確保が難しいことから、FAB径/ワイヤ径の比率が1.9～2.1の時の真球性を評価した。接合前のボールを50本観察して、FAB形状が真球状であるか否かを判定した。真球状が95%以上であれば「A」、真球状が95%未満であれば、「D」とした。ここで、FAB(ボールb)の作製はN<sub>2</sub>ガスを吹き付けながら行なった。

40

【0036】

「総合評価」

各評価において、すべて「A」のものを「A」、「A」と「B」が混在しているものを「B」、ひとつでも「D」があるものを「D」とした。

【0037】

【表 2】

|     | No. | FAB外観<br>(析出物の有無) | 耐熱性 | HAST | 1st接合<br>部のチップ<br>損傷 | 電気抵抗 | 樹脂封止<br>時のワイ<br>ヤフロー | FAB形状<br>の安定性<br>の評価 | 総合評価 |
|-----|-----|-------------------|-----|------|----------------------|------|----------------------|----------------------|------|
| 実施例 | 1   | A                 | A   | B    | A                    | A    | A                    | A                    | B    |
|     | 2   | A                 | A   | B    | A                    | A    | B                    | A                    | B    |
|     | 3   | A                 | A   | B    | A                    | A    | A                    | A                    | B    |
|     | 4   | A                 | A   | A    | A                    | A    | A                    | A                    | A    |
|     | 5   | A                 | A   | A    | A                    | A    | A                    | A                    | A    |
|     | 6   | A                 | A   | A    | A                    | A    | A                    | A                    | A    |
|     | 7   | A                 | A   | A    | A                    | A    | A                    | A                    | A    |
|     | 8   | A                 | A   | A    | A                    | B    | A                    | A                    | B    |
|     | 9   | A                 | A   | A    | A                    | A    | B                    | A                    | B    |
|     | 10  | A                 | A   | A    | A                    | B    | B                    | A                    | B    |
|     | 11  | A                 | A   | A    | A                    | A    | B                    | A                    | B    |
|     | 12  | A                 | A   | A    | A                    | B    | B                    | A                    | B    |
|     | 13  | A                 | A   | A    | A                    | B    | A                    | A                    | B    |
|     | 14  | A                 | A   | A    | A                    | A    | A                    | A                    | A    |
|     | 15  | A                 | A   | A    | A                    | A    | A                    | A                    | A    |
|     | 16  | A                 | A   | A    | A                    | A    | A                    | A                    | A    |
|     | 17  | A                 | A   | A    | A                    | B    | B                    | A                    | B    |
|     | 18  | A                 | A   | A    | A                    | A    | A                    | A                    | A    |
|     | 19  | A                 | A   | A    | A                    | A    | A                    | A                    | A    |
|     | 20  | A                 | A   | A    | A                    | B    | A                    | A                    | B    |
| 比較例 | 1   | D                 | A   | A    | D                    | A    | D                    | A                    | D    |
|     | 2   | A                 | A   | D    | A                    | A    | D                    | A                    | D    |
|     | 3   | D                 | A   | A    | D                    | B    | D                    | A                    | D    |
|     | 4   | D                 | A   | A    | D                    | A    | D                    | A                    | D    |
|     | 5   | A                 | D   | B    | A                    | A    | D                    | A                    | D    |
|     | 6   | D                 | A   | A    | D                    | A    | A                    | D                    | D    |
|     | 7   | A                 | D   | A    | A                    | B    | A                    | A                    | D    |
|     | 8   | A                 | A   | D    | A                    | A    | A                    | D                    | D    |
|     | 9   | A                 | A   | D    | A                    | A    | A                    | D                    | D    |
|     | 10  | D                 | A   | D    | D                    | A    | A                    | A                    | D    |
|     | 11  | D                 | A   | A    | D                    | A    | A                    | A                    | D    |
|     | 12  | D                 | A   | B    | D                    | A    | D                    | A                    | D    |
|     | 13  | A                 | A   | A    | A                    | D    | A                    | D                    | D    |
|     | 14  | A                 | D   | A    | A                    | D    | A                    | D                    | D    |
|     | 15  | A                 | A   | A    | A                    | D    | D                    | A                    | D    |

## 【0038】

この表1、2において、Ca、Y、La、Ceから選ばれる1種以上の元素の合計が10質量ppmを超えると、比較例1、3、4、6、10～12からFABの外観において析出物の生成が確認され、1st接合部のチップ損傷が発生するために「FAB外観」、「1st接合部のチップ損傷」がともに「D」となり、総合評価でも「D」となっている。これらの元素を含有しない場合は、比較例5、7、14から、耐熱性評価において「D」となって総合評価で「D」となっている。

また、Pd、Auから選ばれる1種以上の元素の合計が0.5質量%未満であると、比較例2、8～10から、HAST評価において「D」、3.0質量%を超えると、比較例13～15から、電気抵抗の評価において「D」となって、総合評価で「D」となっている。

さらに、Cuの添加量が5質量ppm未満であると、比較例1～5、12、15から樹脂封止の際にワイヤフローが起こるため、その評価において「D」、300質量ppmを超えると、比較例6、8、9、13、14から、FAB形状の安定性評価が「D」となり、総合評価で「D」となっている。

## 【0039】

これに対し、各実施例1～20は、いずれも、Ca、Y、La、Ceから選ばれる1種以上の元素を合計で1～10質量ppm含み、Pd、Auから選ばれる1種以上の元素を0.5～3.0質量%含み、Cuを5～300質量ppm含むことから、FAB外観、耐熱性、1st接合部のチップ損傷、及びFAB形状の安定性の各評価において、「A」を



得ており、総合評価においては、「B」以上を得て、実用上問題ない評価を得ている。

#### 【0040】

また、Pd、Auから選ばれる1種以上の元素の合計が0.7質量%以上であれば、実施例4～20、比較例1、3、4、6、7、11、13、14、15から、HAST評価において「A」となり、高い信頼性を有することが理解できる。

さらに、Pd、Auから選ばれる1種以上の元素の合計が1.5質量%以下であると、実施例1～7、9、11、14～16、18、19、比較例1、2、4～6、8～12から、電気抵抗評価において「A」となり、良好な電気特性を得られることが理解することができる。

また、Cuが20質量ppm以上であれば、実施例1、3～8、13～16、18～20、比較例6～11、13、14から、樹脂封止時のワイヤフローの評価で「A」となり、高い耐ワイヤフロー性を有することが理解できる。

10

#### 【0041】

以上から、Ca、Y、La、Ceから選ばれる1種以上の元素を合計で1～10質量ppm含み、Pd、Auから選ばれる1種以上の元素を合計で0.5～3.0質量%含み、Cuを5～300質量ppm含み、それ以外がAg及び不可避不純物からなるボンディング用ワイヤにおいて、Pd、Auから選ばれる1種以上の元素の合計が0.7質量%以上であれば、HAST評価において高い信頼性を有するものとなり、また、Pd、Auから選ばれる1種以上の元素の合計が1.5質量%以下であると、良好な電気特性を得られるものとなり、さらに、Cuが20質量ppm以上であれば、高い耐ワイヤフロー性を有するものとなることが理解でき、さらに、Pd等、Ca等及びCuの添加量が全てそれらの値のボンディングワイヤWであると、上記各評価において全て「A」を得て、実用性の高いものとなることが理解できる。

20

#### 【0042】

なお、上記実施形態は、電極aがNi/Pd/Au電極であったが、Ni/Pd電極等のPd電極のみならず、半導体素子に現在使用されている、Al電極等の一部を除くAu電極等の種々の電極においても、この発明に係るボンディング用ワイヤはその作用効果を得ることができた。

#### 【符号の説明】

#### 【0043】

30

P ボンディング用ワイヤ

a 集積回路素子の電極

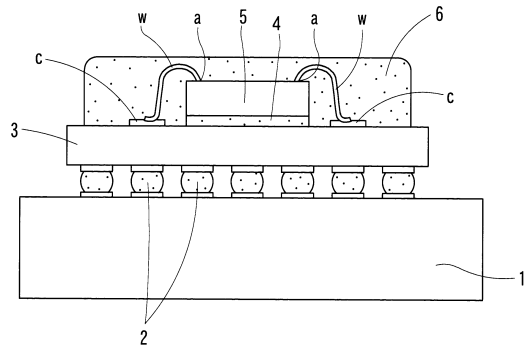
b 溶融ボール

b' 圧着ボール

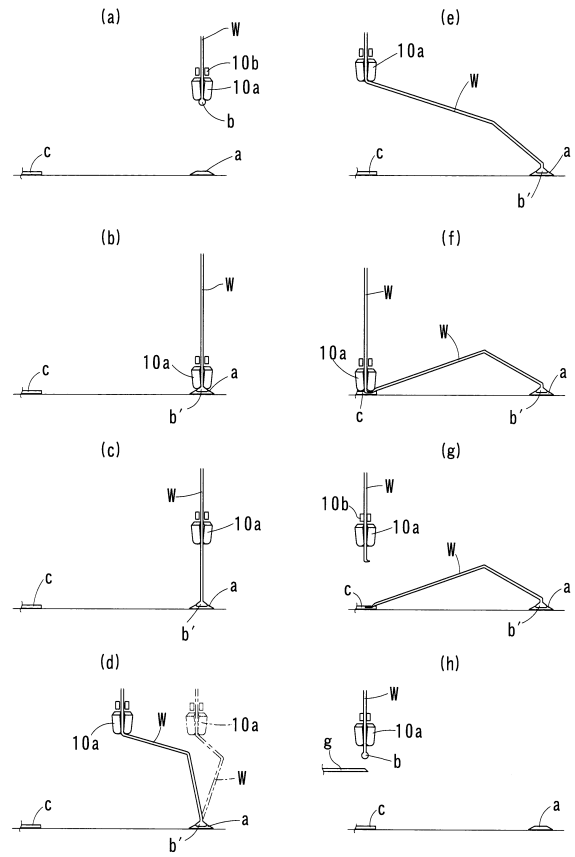
c 回路配線基板の導体配線（リード端子）

t 析出物（酸化物）

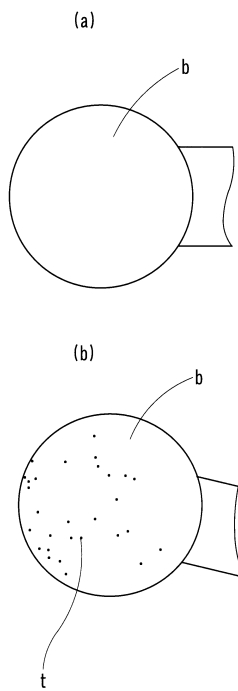
【図 1】



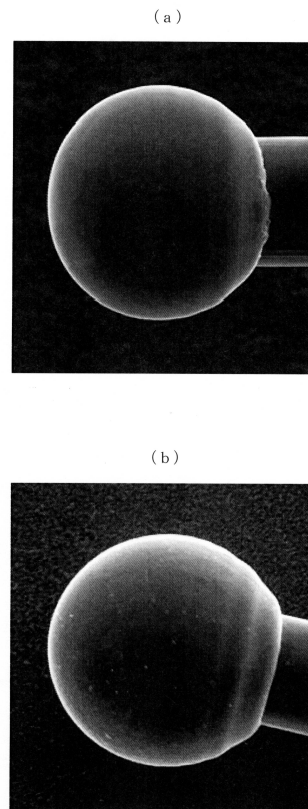
【図 2】



【図 4】



【図 3】



---

フロントページの続き

審査官 工藤 一光

(56)参考文献 特開2009-033127 (JP, A)  
特開2012-151350 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01L21/60-21/607  
C22C5/06