

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3552700号

(P3552700)

(45) 発行日 平成16年8月11日(2004.8.11)

(24) 登録日 平成16年5月14日(2004.5.14)

(51) Int. Cl.⁷

H01L 21/60

F I

H01L 21/60 301H

請求項の数 12 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2001-349083 (P2001-349083)	(73) 特許権者	000106276
(22) 出願日	平成13年11月14日(2001.11.14)		サンケン電気株式会社
(65) 公開番号	特開2003-152013 (P2003-152013A)		埼玉県新座市北野3丁目6番3号
(43) 公開日	平成15年5月23日(2003.5.23)	(74) 代理人	100083806
審査請求日	平成13年11月14日(2001.11.14)		弁理士 三好 秀和
		(74) 代理人	100068342
			弁理士 三好 保男
		(74) 代理人	100100712
			弁理士 岩▲崎▼ 幸邦
		(74) 代理人	100087365
			弁理士 栗原 彰
		(74) 代理人	100100929
			弁理士 川又 澄雄
		(74) 代理人	100095500
			弁理士 伊藤 正和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ワイヤボンダ及びボンディング方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ワイヤを繰り出すキャピラリと、
 前記ワイヤをクランプするワイヤクランプと、
 該ワイヤクランプに電氣的に接続されたワイヤ接触感知装置と、
 前記キャピラリからの繰り出された前記ワイヤの先端との間で放電を生じさせるための平坦な表面を有する電気トーチ本体部、前記ワイヤの繰り出し長が最適値よりも長すぎる場合には、前記ワイヤが接触するように、前記電気トーチ本体部の端部に一定の障壁高さを有するように設けられた電気トーチ突出部とを備えた電気トーチと、
 前記電気トーチに接続され、前記電気トーチ突出部が前記ワイヤに接触したとき、前記電気トーチ、前記ワイヤ、前記ワイヤクランプ、前記ワイヤ接触感知装置を経由する閉回路を形成し、前記電気トーチ突出部と前記ワイヤとの接触を前記ワイヤ接触感知装置に検知させる低圧電源と、
 前記電気トーチを水平方向に移動させる電気トーチ駆動装置
 とを備えることを特徴とするワイヤボンダ。

【請求項2】

前記電気トーチ突出部は、中央部が前記障壁高さであり、その両側は中央部に比して高く構成されていることを特徴とする請求項1に記載のワイヤボンダ。

【請求項3】

前記電気トーチ突出部は、垂直の側壁を有した凹多角形のブロックとして形成され、前記

10

20

中央部に構成された凹部の底部が前記障壁高さを定義するように、一定の横幅の範囲内において、平坦に構成されていることを特徴とする請求項 2 に記載のワイヤボンダ。

【請求項 4】

前記障壁高さは、所望の大きさのボールを前記ワイヤの先端に形成するための最適放電ギャップに設定されていることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載のワイヤボンダ。

【請求項 5】

前記ワイヤ接触感知装置は、
前記ワイヤクランプと接地間に電氣的に挿入された感知抵抗と、
該感知抵抗に並列接続されたフォトカプラと、
該フォトカプラの出力をベース端子に入力する増幅用トランジスタ
とを含むことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載のワイヤボンダ。

10

【請求項 6】

前記ワイヤクランプと接地間に、前記感知抵抗、ダイオード及び感知回路保護抵抗とからなる直列回路が挿入されていることを特徴とする請求項 5 に記載のワイヤボンダ。

【請求項 7】

前記フォトカプラは、半導体発光素子と該半導体発光素子の光を検出するフォトトランジスタとからなり、該フォトトランジスタと前記増幅用トランジスタとはダーリントン接続されていることを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載のワイヤボンダ。

【請求項 8】

前記電気トーチと前記低圧電源との間に挿入された 2 端子切り替えリレーと、
前記ワイヤ接触感知装置の出力信号を入力し前記リレーを駆動するリレー駆動回路
とを更に備えることを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載のワイヤボンダ。

20

【請求項 9】

前記 2 端子切り替えリレーの一方の端子に前記低圧電源が接続され、
前記 2 端子切り替えリレーの他方の端子に、前記低圧電源より高電圧の高圧電源が接続され、

該高圧電源により、前記電気トーチと前記ワイヤの先端との間に放電を生じさせることを可能としたことを特徴とする請求項 8 に記載のワイヤボンダ。

【請求項 10】

キャピラリからワイヤを、繰り出す工程と、
平坦な表面を有する電気トーチ本体部、該電気トーチ本体部の端部に一定の障壁高さを有するように設けられた電気トーチ突出部とを備えた電気トーチを水平移動させる工程と、
該水平移動により得られる、前記電気トーチ突出部と前記ワイヤとの相対関係を、前記ワイヤをクランプしているワイヤクランプに電氣的に接続されたワイヤ接触感知装置で判定する工程と、
該ワイヤ接触感知装置により、前記ワイヤの先端と前記電気トーチ本体部の表面との距離が、最適放電ギャップであると判定された場合に、前記ワイヤと前記電気トーチ本体部との間に高電圧を印加し、前記ワイヤの先端にボールを形成する工程
とを含むことを特徴とするボンディング方法。

30

40

【請求項 11】

前記電気トーチを一定速度で水平移動して、前記ワイヤと前記電気トーチ突出部とを接触させることを特徴とする請求項 10 に記載のボンディング方法。

【請求項 12】

前記ワイヤ接触感知装置は、前記ワイヤクランプと接地間に電氣的に挿入された感知抵抗と、該感知抵抗に並列接続された半導体発光素子とを備え、
前記キャピラリから繰り出された前記ワイヤの余分な長さに対応した時間、前記半導体発光素子を点灯させることにより、前記ワイヤの長さを検知し、前記ワイヤの先端と前記電気トーチ本体部の表面との距離が最適放電ギャップであるか否かを判定することを特徴とする請求項 11 に記載のボンディング方法。

50

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、半導体装置の組立技術に係り、特に、ワイヤボンダ及びこのワイヤボンダを用いたボンディング方法に関する。

【0002】**【従来の技術】**

半導体装置の組み立て工程においては、半導体チップの表面に配設されたボンディングパッドとパッケージ基板（若しくはリードフレームの支持基板）のリード端子との間を、それぞれ電氣的に接続する必要がある。このため、図8に示すように、ワイヤボンダを用いて、パッケージ基板（リードフレームの支持基板）11に、半導体チップ9を搭載（マウント）し、半導体チップ9の表面のボンディングパッド8とリード端子（図示省略）の先端のポストとの間を、それぞれワイヤ（金属細線）3で結線する。

10

【0003】

従来のワイヤボンダは、図8に示すように、パッケージ載置ステージ（リードフレーム載置ステージ）12を備え、このパッケージ載置ステージ（リードフレーム載置ステージ）12には、半導体チップ9が搭載されたパッケージ基板11が載置される。更に、図8に示すように、ワイヤ5を繰り出すワイヤキャピラリ（以下において「キャピラリ」と略記する。）3、このキャピラリ3の動きに同期してワイヤ5をクランプするワイヤクランプ4、平板状の電気トーチ36とを備える。平板状の電気トーチ36にはリレー29を介して電源28が接続されている。半導体チップ9の表面のボンディングパッド8にワイヤ5をボンディングする際には、前もって、ワイヤ5の先端にボールを形成しておく必要がある。このため、図8に示す平板状の電気トーチ36は、キャピラリ3の直下に相対的に水平移動可能で、キャピラリ3の直下に配置された状態で、リレー29を閉じ、電源28から高電圧を供給し、電気トーチ6とキャピラリ3から繰り出されたワイヤ5の先端との間に放電をなさせ、ワイヤ5の先端を溶融してボールを形成する。このボールを半導体チップ9の表面のボンディングパッド8に押圧し、熱圧着又は超音波ワイヤボンディングを行う。

20

【0004】**【発明が解決しようとする課題】**

しかし、従来の平板状の電気トーチ36では、ワイヤ先端にボールを形成する際、平板状の電気トーチ36とワイヤとの間が広すぎると放電がなされないか、放電がなされてもボールの直径が規格に満たない小さな場合がある。一方、このギャップが狭すぎても、ボールが大きく形成されてしまい、不良ボールが形成されるという問題点があった。

30

【0005】

本発明は、上記課題を解決するためになされたものである。即ち、本発明の目的は、ワイヤボンディング時に適正な大きさのボールワイヤの先端にが再現性良く確実に形成出来るワイヤボンダを提供することにある。

【0006】

更に、本発明の他の目的は、不良ボールの発生を抑制出来るボンディング方法を提供することにある。

40

【0007】**【課題を解決するための手段】**

上記目的を達成するために、本発明の第1の特徴は、（イ）ワイヤを繰り出すキャピラリと、（ロ）ワイヤをクランプするワイヤクランプと、（ハ）このワイヤクランプに電氣的に接続されたワイヤ接触感知装置と、（ニ）ワイヤの先端との間で放電を生じさせるための平坦な表面を有する電気トーチ本体部、この電気トーチ本体部の端部に一定の障壁高さを有するように設けられた電気トーチ突出部とを備えた電気トーチと、（ホ）電気トーチに接続された低圧電源と、（ヘ）電気トーチを水平方向に移動させる電気トーチ駆動装置とを備えるワイヤボンダであることを要旨とする。

50

【0008】

本発明の第1の特徴に係るワイヤボンダにおいて、キャピラリからのワイヤの繰り出し長が最適値よりも長すぎる場合には、電気トーチを水平移動すると、電気トーチ突出部がワイヤに接触する。このとき、低圧電源、電気トーチ、ワイヤ、ワイヤクランプ、ワイヤ接触感知装置により閉回路が形成され、この閉回路に短絡電流が流れる。ワイヤの繰り出し長が長ければ長いほど、ワイヤの繰り出し部の腹が引きずられて電気トーチ突出部に接触している時間が長くなり、短絡電流が流れる時間が長くなる。ワイヤの繰り出し長が、最適値より更に障壁高さ分を超えて長ければ、水平移動して電気トーチ突出部を通過した後、電気トーチ本体部の表面にまでワイヤの先端部が接触することになる。一方、ワイヤの繰り出し長が、最適値より長い、障壁高さ分を超えるほどには長すぎなければ、水平移動により電気トーチ突出部を通過した後は、電気トーチ本体部の表面にはワイヤの先端部は接触しないので、電気トーチ突出部の厚さに相当する一定の時間のみ短絡電流が流れる。一方、キャピラリからのワイヤの繰り出し長が短か過ぎる場合には、電気トーチを水平移動しても電気トーチ突出部がワイヤに接触しないため、短絡電流は流れない。

10

【0009】

又、ワイヤの繰り出し長が最適値より長い場合は、ワイヤの繰り出し長が短くなるにつれ、水平移動により電気トーチ突出部にワイヤが引きずられている時間が短くなり、短絡電流が流れる時間が次第に短くなる。ワイヤの繰り出し長が次第に短く調整され、所望の長さに近くなった場合には、電気トーチ突出部にワイヤの先端が、電気トーチ突出部の厚さに相当する時間だけ接触することになる。或いは、電気トーチ突出部のミクロな凹凸に起因して、移動中、瞬間的、断続的に接触する状態となる。このため、ワイヤの繰り出し長が適正の長さに調整された場合においては、低圧電源、電気トーチ、ワイヤ、ワイヤクランプ、ワイヤ接触感知装置からなる閉回路には、電気トーチ突出部の厚さに対応する時間だけ短絡電流が流れる。したがって、短絡電流が流れる時間を計測することにより、ワイヤの繰り出し長を適正の長さに調整することが出来る。即ち、電気トーチ突出部が定義する障壁高さにより、電気トーチとワイヤの先端との間の距離を最適放電ギャップに調整出来るので、この間の放電により、ワイヤの先端に設計通りの大きさのボールを再現性良く確実に形成出来る。

20

【0010】

この様に、本発明の第1の特徴に係るワイヤボンダによれば、電気トーチの放電によるボール形成において、不良ボールの発生を抑制出来、ボンディング時の歩留まりが高いワイヤボンダを提供することが出来る。

30

【0011】

本発明の第2の特徴は、(イ)キャピラリからワイヤを繰り出す工程と、(ロ)平坦な表面を有する電気トーチ本体部、この電気トーチ本体部の端部に一定の障壁高さをもつように設けられた電気トーチ突出部とを備えた電気トーチを水平移動させる工程と、(ハ)この水平移動により得られる、電気トーチ突出部とワイヤとの相対関係を、ワイヤをクランプしているワイヤクランプに電氣的に接続されたワイヤ接触感知装置で判定する工程と、(ニ)このワイヤ接触感知装置により、ワイヤの先端と電気トーチ本体部の表面との距離が、最適放電ギャップであると判定された場合に、ワイヤと電気トーチ本体部との間に高電圧を印加し、ワイヤの先端にボールを形成する工程とを含むボンディング方法であることを要旨とする。

40

【0012】

本発明の第2の特徴に係るボンディング方法は、第1の特徴で説明したワイヤボンダを用いるボンディング方法である。即ち、電気トーチとワイヤの先端との間の距離を最適放電ギャップに調整してから、この間で放電を発生し、ワイヤの先端にボールを形成しているので、ワイヤの先端に設計通りの大きさのボールを再現性良く確実に形成出来る。このため、本発明の第2の特徴に係るボンディング方法によれば、不良ボールの発生が少なくボンディング時の歩留まりが高いボンディング方法を提供することが出来る。

【0013】

50

【発明の実施の形態】

以下本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。以下の図面の記載において、同一又は類似の部分には同一又は類似の符号を付している。但し、図面は模式的なものであり、厚みと平面寸法との関係、各層の厚みの比率等は現実のものとは異なることに留意すべきである。したがって、具体的な厚みや寸法は以下の説明を参酌して判断すべきものである。又、図面相互間においても互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれていることは勿論である。

【0014】

(ワイヤボンダ)

図1に示すように、本発明の実施の形態に係るワイヤボンダは、中央にワイヤ5を繰り出す貫通孔を備えるキャピラリ3、このキャピラリ3の動きに同期してワイヤ5をクランプするワイヤクランパ4、このワイヤクランパ4に接続されたワイヤ接触感知装置7、このワイヤ接触感知装置7の一端に接続され、先端に電気トーチ突出部6aを有する電気トーチ6とを備える。更に、図1に示すワイヤボンダは、パッケージ基板(若しくはリードフレーム)11を載置するパッケージ載置ステージ(リードフレーム載置ステージ)12を備える。ワイヤ5は、アルミニウム(A1)線や金(Au)線からなる金属細線である。

10

【0015】

キャピラリ3は、パッケージ基板(若しくはリードフレーム)11に搭載された半導体チップ9の上のボンディングパッド8及びリード端子(図示省略)にワイヤ5を供給し、このワイヤ5をボンディングパッド8及びリード端子(図示省略)に対して押圧する。即ち、キャピラリ3の先端部は、ワイヤ5を導出する機能と共に、ワイヤ5に形成されたボール5aを押圧することが出来る機能を有している。このキャピラリ3は、図示を省略したボンディングアームの先端に装着され、キャピラリ駆動装置3aにより駆動される。キャピラリ駆動装置3aは、ボンディングパッド8(又はリード端子(図))に対し、キャピラリ3を相対的に上下に移動し、且つ相対的に水平方向にも移動するように駆動する。ワイヤクランパ4は、ワイヤ5を挟むことが出来るように構成されており、ワイヤ5の切断時等にワイヤ5を挟持する。更に、ワイヤクランパ4は、ワイヤ5に微小電流を流すために、ワイヤ5にワイヤ接触感知装置7を電氣的に接続する機能を有する。ワイヤクランパ4も、図示を省略したボンディングアームに装着され、ワイヤクランパ駆動装置4aにより駆動される。ボンディングアームは、例えば揺動モータによる揺動駆動等の駆動・制御がなされるようにしても良い。更にこのボンディングヘッドは、例えば、Xテーブル駆動モータにより駆動されるXテーブル上に配置され、又、XテーブルはYテーブル駆動モータにより駆動されるYテーブル上に配置されるようにしても良い。キャピラリ駆動装置3a、ワイヤクランパ駆動装置4a、ボンディングアーム揺動モータ、Xテーブル駆動モータ及びYテーブル駆動モータは、図示を省略した制御装置により制御される。

20

30

【0016】

パッケージ載置ステージ(リードフレーム載置ステージ)12は、例えば金属材料から構成され、平坦な上部端面を有する。即ち、パッケージ載置ステージ(リードフレーム載置ステージ)12は、パッケージ基板11若しくはリードフレームの少なくとも一枚分を載置出来る平坦な上部端面を有する。

40

【0017】

ボンディングパッド8及びリード端子(図示省略)の先端部表面は、それぞれボンディング用のポストとして機能する。即ち、パッケージ基板11の上に搭載される半導体チップ9の表面のボンディングパッド8とそれぞれのポストとの間は、複数のワイヤ5を通して、それぞれ電氣的に接続される。

【0018】

本発明の実施の形態に係るワイヤボンダに用いられるパッケージ基板(リードフレームの支持基板)11には、絶縁性基板若しくは導電性基板が用いられる。絶縁性基板としてはアルミナ(Al_2O_3)、窒化アルミニウム(AlN)等のセラミックが使用可能である。一方、導電性基板としては、打ち抜き成形やエッチング等で所定の形状にパターンング

50

された金属板材、例えばアルミニウム (Al)、銅 (Cu)、Cu - Fe、Cu - Cr、Cu - Ni - Si、Cu - Sn等の銅合金、Ni - Fe、Fe - Ni - Co等のニッケル・鉄合金、或いは銅とステンレスの複合材料等を用いることが可能である。リードフレームの場合は、リード端子 (図示省略) も、パッケージ基板 11 と同一の材料から構成することが可能である。更に、これらの金属にニッケル (Ni) メッキや金 (Au) メッキ等を施したもなどから構成しても良い。パッケージ基板 11 には半導体チップ 9 が半田や接着剤を介して固着されている。ワイヤ 5 は、アルミニウム (Al) 線や金 (Au) 線からなる金属細線である。

【0019】

電気トーチ 6 は、図 2 (a) に示すように、平板上の電気トーチ本体部 6 b の上面、即ち電気トーチ放電面 6 c の一部に高さ h の電気トーチ突出部 6 a を備えた側面形状を有している。即ち、電気トーチ突出部 6 a は、電気トーチ本体部 6 b の先端 (右端) に垂直の側壁を有した矩形ブロックとして形成され、側面から見ると L 字形である。図 2 (b) に示すように、電気トーチ突出部 6 a は正面から見ると、矩形 (四角形) を基礎とした凹多角形の形状を有した U 字ブロックである。即ち、正面から見て、電気トーチ突出部 6 a の中央には、深さ d、幅 (横幅) W の凹部 (U 字形溝) が形成されている。U 字形溝の側壁は垂直で、底面は水平で有り、側壁と底面は直交している。しかし、より一般の U 字形溝と同様に、側壁と底面とは、単一若しくは複数の曲率半径を有した曲線で交わり、丸コーナを構成しても良い。又側壁と底面とのなすコーナを直線上に面取りした面取りコーナを有しても良い。但し、凹部の深さ d が一定の深さに設定された直線状 (平面状) の底面を有していることが好ましく、丸コーナの丸め部や面取りコーナの面取り部はなるべく小さい方が良い。電気トーチ突出部 6 a の凹部の幅 W は、ワイヤ 5 の径よりも十分大きく設定される。例えば、ワイヤ 5 の径を 30 ~ 50 μm とすれば、電気トーチ突出部 6 a の凹部の幅 W は、150 ~ 250 μm 程度にすれば良い。丸コーナの丸め部や面取りコーナの面取り部があると、実効的な幅 W が小さくなるので留意すべきである。

【0020】

一方、凹部の深さ d は、以下に述べるように電気トーチ 6 を一定速度でスイングしたときに、キャピラリ 3 から繰り出されたワイヤ 5 の長さが正常なときにはワイヤ 5 がこの凹部を通過して電気トーチ放電面 6 c に接触しない寸法に設定される。即ち、所望の大きさのボールを形成するためのワイヤ 5 の先端と電気トーチ放電面 6 c との距離、即ち "最適放電ギャップ" となるように障壁高さ を設定しておけば、常に一定の最適放電ギャップで放電し、ボールを形成することが可能になる。図 2 から分かるように、障壁高さ は：

$$= h - d \quad \dots \dots (1)$$

で与えられる。例えば、本発明の実施の形態では、この凹部の深さ d を 50 ~ 100 μm に、障壁高さ (即ち最適放電ギャップ) は、所望のボールの大きさが 70 μm ならば、30 ~ 150 μm 程度に設定している。図 3 に示すように、キャピラリ 3 から繰り出されたワイヤ 5 の繰り出し長が、必要以上に長い場合は、ワイヤ 5 の繰り出し部が電気トーチ突出部 6 a に接触し、ワイヤクランプ 4 に接続されたワイヤ接触感知装置 7 に微小電流が流れる。又、図 4 に示すように、繰り出し長が適正であっても、キャピラリ 3 から繰り出されたワイヤ 5 の先端が曲がっている場合には、電気トーチ突出部 6 a 分にワイヤ 5 が接触するため、ワイヤ接触感知装置 7 に微小電流が流れる。即ち、ワイヤクランプ 4 は、ワイヤクランプ 4 に接続されたワイヤ接触感知装置 7 を用いて、電気トーチ 6 を水平移動した際に、ワイヤ 5 が電気トーチ 6 に接触したかを検知し、キャピラリ 3 からのワイヤ 5 の繰り出し長が正常であるか、繰り出し部が曲がっていないか否かを検出する。電気トーチ 6 は、図 1 に示すように電気トーチ駆動装置 6 d に接続されており、キャピラリ 3 の下方に一定速度で水平移動 (スイング) 可能なように構成されている。電気トーチ 6 の一端は、図 7 に示すように、低圧側保護抵抗 R 4 及び 2 端子切り替えリレー 2 6 を介して低圧電源 2 3 のプラス端子に接続されている。低圧電源 2 3 のマイナス端子は接地されている。

【0021】

ワイヤ接触感知装置 7 は、図 7 のように、ダイオード D 1、感知回路保護抵抗 R 1 及び感

10

20

30

40

50

知抵抗 R 2 からなる直列回路と、感知抵抗 R 2 に並列接続されたフォトキャパ 2 1 と、フォトキャパ 2 1 の出力をベース端子に入力する増幅用トランジスタ Q 2 とから構成されている。この結果、ワイヤクランプ 4 は、ダイオード D 1 及び感知回路保護抵抗 R 1 及び感知抵抗 R 2 を介して接地される。したがって、2 端子切り替えリレー 2 6 を低圧電源 2 3 側に接続して（閉じて）、電気トーチ 6 に低圧電源 2 3 からの電圧を印加したときに、電気トーチ 6 がワイヤ 5 に接触すると、低圧電源 2 3、低圧側保護抵抗 R 4、2 端子切り替えリレー 2 6、電気トーチ 6、ワイヤ 5、ワイヤクランプ 4、ダイオード D 1、感知回路保護抵抗 R 1 及び感知抵抗 R 2 の閉回路に短絡電流 I が流れる。感知抵抗 R 2 には並列にフォトキャパ 2 1 の半導体発光素子（発光ダイオード）D 2 が接続されており、このフォトキャパ 2 1 を構成するフォトトランジスタ Q 1 の出力は、増幅用トランジスタ Q 2 のベ
10
ースに入力される。即ち、フォトトランジスタ Q 1 と増幅用トランジスタ Q 2 とはダーリントン接続されている。フォトトランジスタ Q 1 と増幅用トランジスタ Q 2 とからなるダーリントン回路の出力は、リレー駆動回路 2 7 の制御信号となる。

【 0 0 2 2 】

図 3 に示すようにキャピラリ 3 からのワイヤ 5 の繰り出し長が長い場合、及び図 4 に示すようにワイヤの繰り出し部 5 が曲がっている場合には、電気トーチ 6 を一定速度で水平移動すると、少なくとも電気トーチ突出部 6 a の凹部の底部がワイヤ 5 に接触する。このとき、低圧電源 2 3、低圧側保護抵抗 R 4、2 端子切り替えリレー 2 6、電気トーチ 6、ワイヤ 5、ワイヤクランプ 4、ダイオード D 1、感知回路保護抵抗 R 1 及び感知抵抗 R 2 の閉回路が形成され、この閉回路に短絡電流 I が流れる。この短絡電流 I に基づいて感知抵
20
抗 R 2 の両端間に所定の電位差が生じると半導体発光素子（発光ダイオード）D 2 が点灯して、フォトトランジスタ Q 1 に電流が流れ、増幅用トランジスタ Q 2 のコレクターエミッタ間電圧が低下する。ワイヤ 5 の繰り出し長が長ければ長いほど、電気トーチ突出部 6 a の凹部の底部にワイヤ 5 の繰り出し部が、長い時間接触することが可能であるので、その分長い時間、発光ダイオード D 2 が点灯し、増幅用トランジスタ Q 2 のコレクターエミッタ間電圧の低下が顕著になる。ワイヤ 5 の繰り出し長が、所定の値（最適値）より更に障壁高さ 分を超えて長ければ、一定速度で水平移動して、電気トーチ突出部 6 a の凹部のスイング方向に測った検出距離を通過した後、電気トーチ放電面 6 c にまでワイヤの先端部が接触することになる。「検出距離」は、スイング方向に測られ、電気トーチ突出部 6 a の厚さに相当する。一方、ワイヤ 5 の繰り出し長が、最適値より長い
30
が、障壁高さ 分を超えるほど長くなければ、水平移動により電気トーチ突出部 6 a の凹部の検出距離を通過した後は、電気トーチ放電面 6 c にはワイヤの先端部は接触しないので、ワイヤの繰り出し部 5 の腹が引きずられて接触している一定の時間のみ発光ダイオード D 2 が点灯する。発光ダイオード D 2 の点灯時間は、ワイヤ 5 の繰り出し長の最適値より長い分にほぼ比例することが可能である。発光ダイオード D 2 の点灯時間が所定の時間より長ければ、増幅用トランジスタ Q 2 のコレクターエミッタ間電圧は所定の値（ボンディング下限電圧）より低い値に低下する。このボンディング下限電圧より低下した増幅用トランジスタ Q 2 のコレクターエミッタ間電圧を制御信号として、リレー駆動回路 2 7 に入力し、2 端子切り替えリレー 2 6 を低圧電源 2 3 側に接続したままに維持する。この場合は、ワイヤボンディングを行わない。そして、キャピラリ駆動装置 3 a により、キャピラリ 3 を相対的
40
に上方に移動するか、キャピラリ 3 からのワイヤ 5 の繰り出し長を短くするように再調整する。

【 0 0 2 3 】

一方、キャピラリ 3 からのワイヤ 5 の繰り出し長が短か過ぎる場合には、電気トーチ 6 を水平移動しても電気トーチ突出部 6 a がワイヤ 5 に接触しないため、低圧電源 2 3、低圧側保護抵抗 R 4、2 端子切り替えリレー 2 6、電気トーチ 6、ワイヤ 5、ワイヤクランプ 4、ダイオード D 1、感知回路保護抵抗 R 1 及び感知抵抗 R 2 の閉回路に短絡電流 I は流れない。したがって、感知抵抗 R 2 間に電位差は生ぜず、発光ダイオード D 2 が点灯しないのでフォトトランジスタ Q 1 に電流が流れることはなく、増幅用トランジスタ Q 2 のコレクターエミッタ間電圧は高いままであり、ワイヤ 5 先端にボール 5 a は形成されない。
50

したがって、この場合もワイヤボンディングを行われたい。そして、キャピラリ駆動装置 3 a により、キャピラリ 3 を相対的に下方に移動するか、キャピラリ 3 からのワイヤ 5 の繰り出し長を長くするように再調整する。

【0024】

上述したように、ワイヤ 5 の繰り出し長が最適値より長い場合は、ワイヤ 5 の繰り出し長が短くなるにつれ、水平移動により電気トーチ突出部 6 a の凹部にワイヤの接触する時間が短くなり、発光ダイオード D 2 の点灯時間が次第に短くなる。ワイヤ 5 のキャピラリ 3 からの繰り出し長が次第に短く調整され、所望の長さに近くなった場合には、電気トーチ突出部 6 a の底部にワイヤ 5 の先端が、検出距離に対応する時間だけ接触することになる。或いは、電気トーチ突出部 6 a の底部のミクロな凹凸に起因して、スイング方向に移動中、瞬間的、突発的に接触する状態となる。電気トーチ突出部 6 a とワイヤ 5 とが、機械的には接触していないが、トンネル電流、電界放出電流や放電電流等が流れる場合もある。このため、ワイヤ 5 の繰り出し長が適正の長さに調整された場合においては、低圧電源 2 3、低圧側保護抵抗 R 4、2 端子切り替えリレー 2 6、電気トーチ 6、ワイヤ 5、ワイヤクランプ 4、ダイオード D 1、感知回路保護抵抗 R 1 及び感知抵抗 R 2 の閉回路には、検出距離（電気トーチ突出部 6 a の厚さ）に対応する時間だけ短絡電流 I が流れる。この短時間の短絡電流 I に基づいて感知抵抗 R 2 の両端間に電位差が生じ、発光ダイオード D 2 が検出距離に対応した短時間のみ点灯（若しくは断続的 point 灯）して、フォトランジスタ Q 1 に微小電流が流れる。発光ダイオード D 2 の全光量が、ワイヤ 5 の繰り出し長が長い場合に比し少ないので、フォトランジスタ Q 1 から出力される電流は、微小になる。このため、増幅用トランジスタ Q 2 のコレクターエミッタ間電圧は、相対的に高い下限値（ボンディング下限電圧）を有する。しかし、増幅用トランジスタ Q 2 のコレクターエミッタ間電圧は、ワイヤ 5 が短すぎ、発光ダイオード D 2 が全く点灯しない場合に比しては、相対的に低い上限値（ボンディング上限電圧）を有する。したがって、この下限値（ボンディング下限電圧）と上限値（ボンディング上限電圧）との間の範囲内の電圧値が、ボンディング可能な制御信号である。このボンディング可能な制御信号がリレー駆動回路 2 7 に入力されると、リレー駆動回路 2 7 は、2 端子切り替えリレー 2 6 を駆動して電気トーチ 6 の一端に高圧側保護抵抗 R 3 を介して高圧電源 2 2 を接続する。これにより、電気トーチ 6 とワイヤ 5 の先端との間には、障壁高さ が規定する最適放電ギャップにおいて放電が生じて、ワイヤ 5 の先端が溶融して設計通りの大きさのボール 5 a が形成される。尚、フォトカプラ 2 1 等には、高電圧が印加されないように保護回路が接続されているが、それらの図示は省略する。

【0025】

本発明の実施の形態においては、ワイヤ 5 の繰り出し長が長すぎる場合、ワイヤ 5 の先端と電気トーチ 6 との間隔が開きすぎている場合、及びワイヤ 5 の先端が曲がっている場合に、これらの状態を簡単且つ確実に感知することが出来る。つまり、ワイヤ 5 の繰り出し長が適正の長さになるまで、ワイヤ 5 の繰り出し長の調整のステップと、電気トーチ 6 の水平移動による電気トーチ突出部 6 a のワイヤ 5 に接触・非接触の判定のステップをカット・アンド・トライで繰り返すことにより、適正且つ効率の良いワイヤボンディング動作を実行することが出来る。このため、信頼性の高く良好なワイヤボンディングを生産性良く行うことが出来る。

【0026】

（ボンディング方法）

次に、本発明の実施の形態に係るボンディング方法を、図 5 及び図 6 を用いて説明する。

【0027】

（イ）まず、パッケージ基板（又はリードフレームの支持基板）1 1 に半導体チップ 9 を搭載し、導電性ペーストや金（Au）- 錫（Sn）半田等を用いて固定する。そして、図 5（a）に示すように、半導体チップ 9 が搭載されたパッケージ基板 1 1 をワイヤボンダのパッケージ載置ステージ（リードフレーム載置ステージ）1 2 に載置する。パッケージ載置ステージ 1 2 は、熱圧着ボンディングに必要な温度にパッケージ基板 1 1 を加熱する

10

20

30

40

50

。そして、ワイヤボンダのキャピラリ3からワイヤ5を、一定の繰り出し長で導出する。

【0028】

(ロ)次に、図5(b)に示すように、電気トーチ6を第一ボンディングポイント1に一定速度でスイング(水平移動)させる。既に述べたように、キャピラリ3からのワイヤ5の繰り出し長が長すぎる場合(図3参照。)、繰り出しが曲がっている場合(図4参照。)及びワイヤ5の先端と電気トーチ6との間隔が開きすぎている場合には、電氣的にこれらの異常を検知し、ワイヤボンディング動作は実行されない。そして、ワイヤ5の繰り出し長が適正の長さになるまで、繰り出し長の調整のステップと、電気トーチ6の水平移動による電気トーチ突出部6aのワイヤ5に接触・非接触の判定のステップをカット・アンド・トライで繰り返す。ワイヤ5の繰り出し長の調整の結果、図5(c)に示すように繰り出し長が適正になれば、増幅用トランジスタQ2のコレクターエミッタ間電圧が、規定範囲内の電圧値を出力する。この規定範囲内の電圧値を、リレー駆動回路27の制御信号として入力し、2端子切り替えリレー26を駆動して電気トーチ6の一端に高圧電源22を接続する。これにより、図5(c)に示す電気トーチ6とワイヤ5の先端との間を最適放電ギャップに調整した状態で放電を生じさせ、ワイヤ5の先端を溶融してボール5aを形成する。

10

【0029】

(ハ)ワイヤ5の先端にボール5aが形成された後、図5(d)に示すように電気トーチ6は第一ボンディングポイント1から離れた位置に戻る。そして、キャピラリ駆動装置3aにより、図6(e)に示すように半導体チップ9のボンディングパッド8の真上にキャピラリ3を移動させる。更にその後、図6(f)に示すように、半導体チップ9の表面にキャピラリ3を下降させ、ボンディングパッド8の表面にワイヤ5を供給する。図6(f)に示す状態で、ワイヤ5をボンディングパッド8に押圧し熱圧着ボンディングする、或いは更に超音波を加えることにより超音波ボンディングする。

20

【0030】

(ニ)次に、キャピラリ駆動装置3aを駆動して、キャピラリ3を図6(g)に示すように上昇させる。更に、キャピラリ駆動装置3aは、図6(h)に示す状態を経由する適切な軌跡を描かせながら、キャピラリ3を図6(i)に示す第二ボンディングポイント2まで移動する。キャピラリ3の、この軌跡によって、図6(i)に示すような適切なワイヤループ5が得られる。

30

【0031】

(ホ)キャピラリ3が第二ボンディングポイント2の位置に来たら、第一ボンディングポイント1の場合と同様に、キャピラリ3の先端を用いてワイヤ5をリード端子13に押圧し、熱圧着ボンディングする。或いは更に超音波を加えることにより、超音波ボンディングする。この結果、図6(i)に示すように、ワイヤ5により、半導体チップ9の表面のボンディングパッド8とリード端子13との間が電氣的に接続される。

【0032】

(ヘ)次に、キャピラリ駆動装置3aを駆動してキャピラリ3を上昇させ、ワイヤクランプ4でワイヤ5を保持し、図6(j)に示すようにワイヤ5を第二ボンディングポイント2から切断する。これが終了すると、再び図5(a)に戻り、同様な操作を、半導体チップ9の表面の他のボンディングパッドに対して行う。

40

【0033】

(その他の実施の形態)

本発明は上記の形態によって記載したが、この開示の一部をなす部分及び図面はこの発明を限定するものであると理解すべきではない。この開示から当業者には様々な代替実施の形態、実施例及び運用技術が明らかとなる。

【0034】

例えば、ワイヤ5のキャピラリ3からの繰り出し長を、ワイヤ接触感知装置7からの信号を用いてフィードバック制御することも可能である。即ち、ワイヤ5の繰り出し長が最適値より長い場合は、ワイヤ5の繰り出し長の余分な長さは、水平移動により電気トーチ突

50

出部 6 a の凹部にワイヤの繰り出し部が引きずられながら接触する時間に対応するので、半導体発光素子（発光ダイオード）D 2 の点灯時間、若しくは増幅用トランジスタ Q 2 のコレクターエミッタ間電圧をキャピラリ駆動装置 3 a 及びクランパ駆動装置 4 a にフィードバックして、ワイヤ 5 の先端の位置を、電気トーチ突出部 6 a とワイヤ 5 との間が最適な間隙値になるように制御することが可能である。ワイヤ 5 の先端の位置の上下駆動は、走査型トンネル顕微鏡のように、電磁駆動又は磁歪素子若しくは電歪素子を用いて制御すれば良い。又、電気トーチ突出部 6 a とワイヤ 5 との間に存在する微小なエアーギャップ中を流れる微小電流をワイヤ接触感知装置 7 が検出し、これをフィードバックするようにしても良い。即ち、機械的には接触していない場合であっても、一定の間隙値以下であれば、電気トーチ突出部 6 a とワイヤ 5 との間には、トンネル電流、電界放出電流や放電電流等の微小な電流が流れるのでこれらを検出すればよい。この微小電流の測定は、図 7 に示すフォトキャパ 2 1 とは別に、高感度な電流検出回路を感知回路保護抵抗 R 1 , 感知抵抗 R 2 と直列接続して用いても良い。即ち、走査型トンネル顕微鏡と同様に、これらの微小電流をキャピラリ駆動装置 3 a 及びクランパ駆動装置 4 a にフィードバックして、ワイヤ 5 の先端の位置を、電気トーチ突出部 6 a とワイヤ 5 との間が最適な間隙値になるように制御しても良い。

10

【 0 0 3 5 】

この様に、本発明はここでは記載していない様々な実施の形態等を含むことは勿論である。したがって、本発明の技術的範囲は上記の説明から妥当な請求の範囲に係る発明特定事項によってのみ定められるものである。

20

【 0 0 3 6 】

【 発明の効果 】

本発明によれば、ワイヤボンディング時に適正な大きさのボールワイヤの先端に再現性良く確実に形成出来るワイヤボンダを提供することが出来る。この結果、ボンディング不良が防止され、電氣的信頼性が向上した半導体装置を実装することが出来る。

【 0 0 3 7 】

又、本発明によれば、不良ボールの発生を抑制出来るボンディング方法を提供することが出来る。この結果、ボンディング不良に伴う製品不良を減少させ、歩留まりを向上させることが出来る。

【 図面の簡単な説明 】

30

【 図 1 】本発明の実施の形態に係るワイヤボンダを説明するための模式的な構成図である。

【 図 2 】図 2 (a) は、本発明の実施の形態に係る電気トーチの側面図で、図 2 (b) は、その正面図である。

【 図 3 】図 3 (a) は、本発明の実施の形態に係る電気トーチとワイヤとの関係を示す側面図で、図 3 (b) は、その正面図である。

【 図 4 】本発明の実施の形態に係る電気トーチとワイヤとの関係を示す他の模式図（正面図）である。

【 図 5 】図 5 (a) ~ (d) は、本発明の実施形態に係るボンディング方法を説明する模式的な工程図（その 1 ）である。

40

【 図 6 】図 6 (e) ~ (j) は、本発明の実施形態に係るボンディング方法を説明する模式的な工程図（その 2 ）である。

【 図 7 】本発明の実施形態に係るボンディング装置の電流経路に着目した模式図である。

【 図 8 】従来技術に係るワイヤボンダを説明するための模式的な構成図である。

【 符号の説明 】

- 1 第一ボンディングポイント
- 2 第二ボンディングポイント
- 3 キャピラリ
- 3 a キャピラリ駆動装置
- 4 ワイヤクランパ

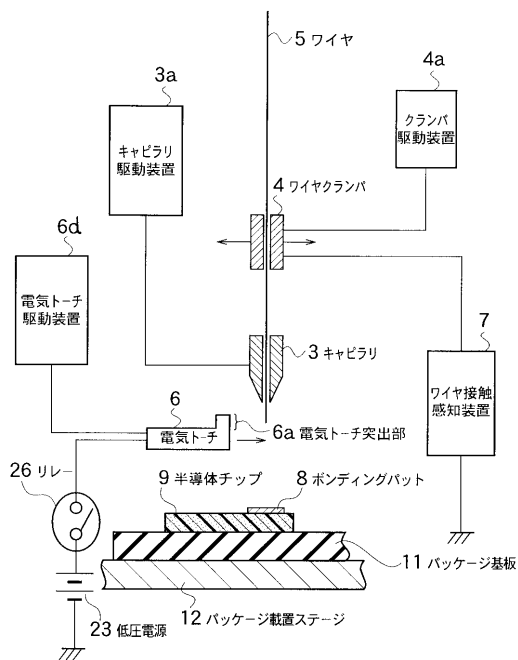
50

- 4 a ワイヤクランプ駆動装置
- 5 ワイヤ
- 5 a ボール
- 6 電気トーチ
- 6 a 電気トーチ突出部
- 6 b 電気トーチ本体部
- 6 c 電気トーチ放電面
- 6 d 電気トーチ駆動装置
- 7 ワイヤ接触感知装置
- 8 ボンディングパッド
- 9 半導体チップ
- 1 1 パッケージ基板 (若しくはリードフレーム)
- 1 2 パッケージ載置ステージ (リードフレーム載置ステージ)
- 1 3 リード端子
- 2 1 フォトカプラ
- 2 2 高圧電源
- 2 3 低圧電源
- 2 6 2 端子切り替えリレー
- 2 7 リレー駆動回路
- 2 8 電源
- 2 9 リレー
- 3 6 平板型電気トーチ

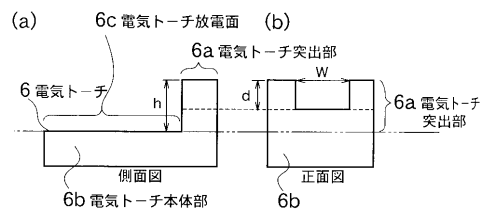
10

20

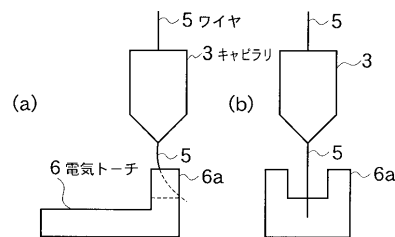
【図 1】



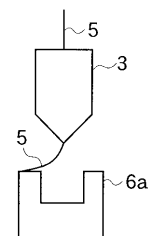
【図 2】



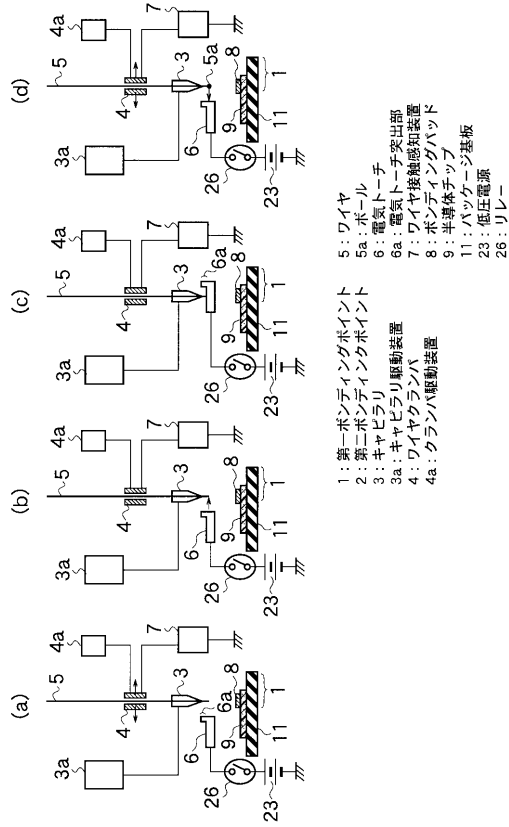
【図 3】



【図 4】

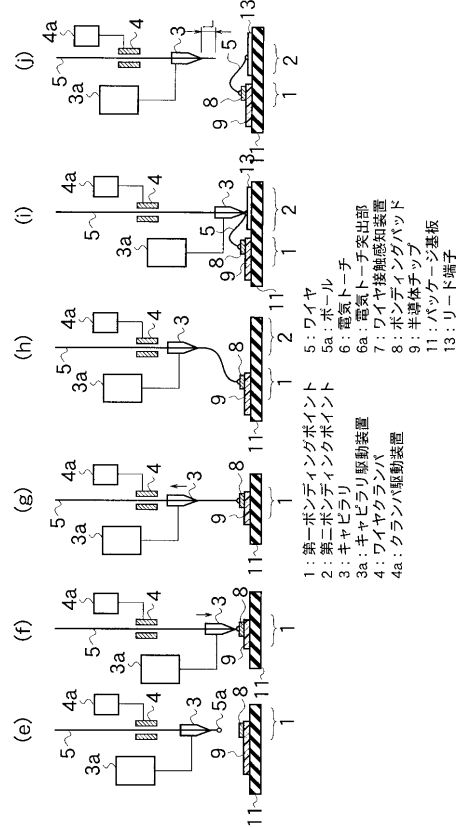


【 図 5 】



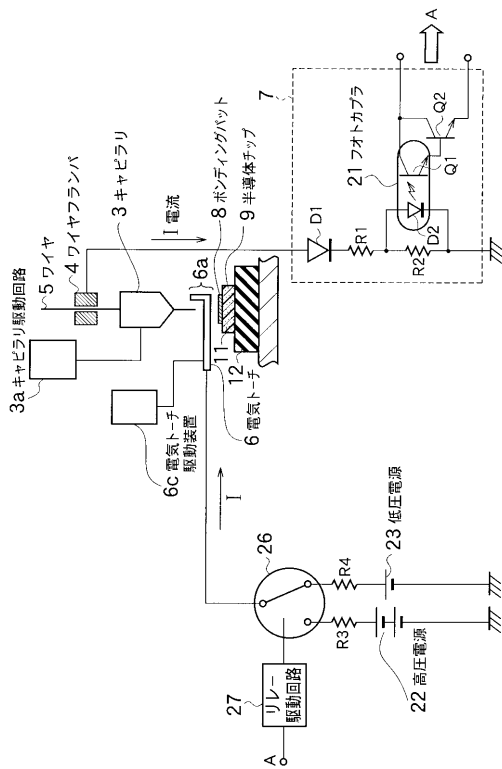
- 1: 第一ボンディングポイント
- 2: 第二ボンディングポイント
- 3: キャパシタリ駆動装置
- 3a: キャパシタリ
- 4: ワイヤクランパ
- 4a: クランパ駆動装置
- 5: ワイヤ
- 5a: ボール
- 6: 電気トーチ
- 6a: 電気トーチ突出部
- 7: ワイヤ接触感知装置
- 8: ボンディングパッド
- 9: 半導体チップ
- 11: パッケージ基板
- 23: 低圧電源
- 26: リレー

【 図 6 】

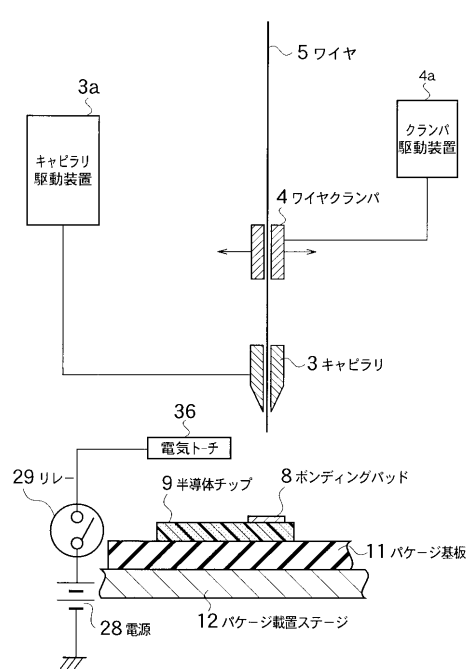


- 1: 第一ボンディングポイント
- 2: 第二ボンディングポイント
- 3: キャパシタリ
- 3a: キャパシタリ駆動装置
- 4: ワイヤクランパ
- 4a: クランパ駆動装置
- 5: ワイヤ
- 5a: ボール
- 6: 電気トーチ
- 6a: 電気トーチ突出部
- 7: ワイヤ接触感知装置
- 8: ボンディングパッド
- 9: 半導体チップ
- 11: パッケージ基板
- 13: リード端子

【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

(74)代理人 100101247

弁理士 高橋 俊一

(74)代理人 100098327

弁理士 高松 俊雄

(72)発明者 白石 修

埼玉県新座市北野3丁目6番3号 サンケン電気株式会社内

審査官 市川 篤

(56)参考文献 特開2001-189340(JP,A)

実開昭62-030340(JP,U)

特開昭64-017433(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

H01L 21/60 301