(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2012-256861
(P2012-256861A)
(43)公開日　平成24年12月27日(2012.12.27)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
H01L 21/60	***(2006.01)***	H01L 21/60	301G	5F044

審査請求 未請求　請求項の数 22　ＯＬ　（全 46 頁）

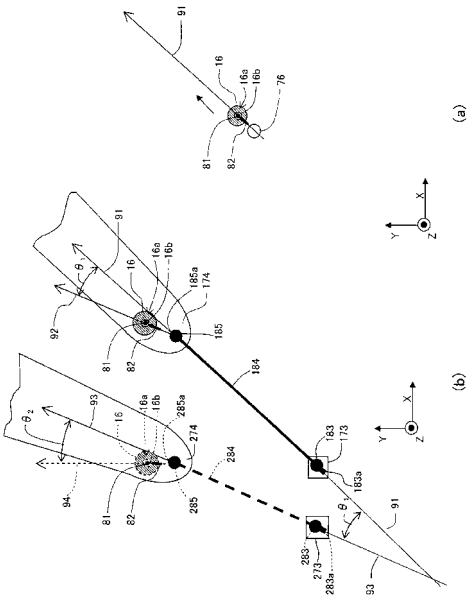
(21)出願番号　特願2012-96242(P2012-96242)
(22)出願日　平成24年4月20日(2012.4.20)
(31)優先権主張番号　特願2011-110093(P2011-110093)
(32)優先日　平成23年5月17日(2011.5.17)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(71)出願人　000146722
株式会社新川
東京都武蔵村山市伊奈平２丁目５１番地の１
(74)代理人　110001210
特許業務法人ＹＫＩ国際特許事務所
(72)発明者　萩原　美仁
東京都武蔵村山市伊奈平２丁目５１番地の１　株式会社新川内
(72)発明者　関根　直希
東京都武蔵村山市伊奈平２丁目５１番地の１　株式会社新川内
(72)発明者　高橋　浩一
東京都武蔵村山市伊奈平２丁目５１番地の１　株式会社新川内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ワイヤボンディング装置及びボンディング方法

(57)【要約】
【課題】高速ウェッジワイヤボンディングを行うワイヤボンディング装置を提供する。
【解決手段】貫通孔１６ｂとワイヤを押圧する押圧面１６ａとを有するボンディングツール１６とワイヤ８１を把持するクランパ１７と制御部３０とワイヤボンディング装置１０であって、制御部３０は、第１リード１７４にワイヤ８１をウェッジボンディングした後、ボンディングツール１６を上昇させ、第２パッド２７３と第２リード２７４を結ぶ第２の直線９３に沿って移動させ、ボンディングツール１６の貫通孔１６ｂから第２パッド２７３から第２リード２７４に向う第２の直線９３に沿った方向にワイヤ８１を延出させるワイヤテール延出手段と、ワイヤテール８２を延出させた後、クランパ１７を閉としてボンディングツール１６を第２パッド２７３と第２リード２７４を結ぶ第２の直線９３に沿った方向に移動させてワイヤテール８２を切断するテールカット手段と、を有する。
【選択図】図６



【特許請求の範囲】
【請求項１】
棒状体で、その長手方向にワイヤが挿通される貫通孔と、その先端の前記貫通孔の周縁に設けられてボンディング対象に前記ワイヤを押圧する押圧面と、を有するボンディングツールと、
前記ワイヤを把持するクランパと、
前記ボンディングツールの移動を規定すると共に前記クランパを開閉する制御部と、を含み、複数の第１ボンド点と複数の第２ボンド点とをそれぞれ前記ワイヤで接続するワイヤボンディング装置であって、
前記制御部は、
先の第２ボンド点に前記ワイヤをボンディングした後、前記クランパを開として前記ボンディングツールを上昇させ、次の第１ボンド点から次の第２ボンド点に向う直線に沿って所定距離だけ移動させ、前記ボンディングツールの前記貫通孔から前記ワイヤを前記次の第１ボンド点から前記次の第２ボンド点に向う直線に沿った方向に延出させるワイヤテール延出手段と、
前記ワイヤテールを延出させた後、前記クランパを閉として前記ボンディングツールを前記次の第１ボンド点から前記次の第２ボンド点に向う直線に沿った方向に移動させて前記ワイヤテールを切断するテールカット手段と、
を有することを特徴とするワイヤボンディング装置。
【請求項２】
請求項１に記載のワイヤボンディング装置であって、
前記ボンディングツールの先端から延出した前記ワイヤテールを引っ掛ける段部を含む折り曲げステーションを含み、
制御部は、
前記ボンディングツールを折り曲げステーションに移動させ、前記ワイヤテールを前記段部に沿った位置に配置した後、前記次の第１ボンド点から前記次の第２ボンド点に向う直線に沿って前記次の第２ボンド点の方向に前記ボンディングツールを移動させて前記ワイヤテールを前記次の第１ボンド点に向う方向に折り曲げるワイヤテール折り曲げ手段を含むこと、
を特徴とするワイヤボンディング装置。
【請求項３】
請求項２に記載のワイヤボンディング装置であって、
制御部は、
先の第１ボンド点と前記先の第２ボンド点とを結ぶ第１の直線と、前記次の第１ボンド点と前記次の第２ボンド点とを結ぶ第２の直線とのなす角度が所定の角度よりも小さい場合には、前記ワイヤテール延出手段と、前記テールカット手段によってワイヤテールの形成を行い、
前記第１の直線と前記第２の直線とのなす角度が前記所定の角度よりも同じか大きい場合には、前記ワイヤテール折り曲げ手段によってワイヤテールの形成を行うこと、
を特徴とするワイヤボンディング装置。
【請求項４】
請求項１から３のいずれか１項に記載のワイヤボンディング装置であって、
前記貫通孔の前記押圧面側の端部はストレート孔で、前記ストレート孔の内面と前記押圧面とのなす角度は略直角であること、
を特徴とするワイヤボンディング装置。
【請求項５】
請求項１から４のいずれか１項に記載のワイヤボンディング装置であって、
前記押圧面は、円環状の平面であり、
前記ワイヤテール延出手段は、前記ワイヤテールの長さが前記押圧面の外半径より僅かに長くなるように前記ボンディングツールを移動させること、

を特徴とするワイヤボンディング装置。
【請求項６】
請求項１から５のいずれか１項に記載のワイヤボンディング装置であって、
前記ワイヤテール延出手段は、前記ボンディングツールを所定のＺ方向距離だけ上昇させた後、次の第１ボンド点から次の第２ボンド点に向う直線に沿って所定のＸＹ方向距離だけ水平に移動させること、
を特徴とするワイヤボンディング装置。
【請求項７】
請求項１から５のいずれか１項に記載のワイヤボンディング装置であって、
前記ワイヤテール延出手段は、前記ボンディングツールを次の第１ボンド点から次の第２ボンド点に向う直線に沿って所定の斜め方向距離だけ斜め上方に移動させること、
を特徴とするワイヤボンディング装置。
【請求項８】
請求項１から７のいずれか１項に記載のワイヤボンディング装置であって、
前記複数の第１ボンド点は、基板のリードであり、
前記複数の第２ボンド点は、半導体チップのパッドであること、
を特徴とするワイヤボンディング装置。
【請求項９】
請求項２から８のいずれか１項に記載のワイヤボンディング装置であって、
前記折り曲げステーションの段部は、
前記ワイヤテールを引っ掛ける壁面と、前記壁面につながる上平面とを有し、
前記ワイヤテール折り曲げ手段は、
前記ボンディングツールの前記押圧面が前記折り曲げステーションの前記段部の前記上平面より前記ワイヤの直径よりも僅かに高い高さで前記ボンディングツールを移動させること、
を特徴とするワイヤボンディング装置。
【請求項１０】
棒状体で、その長手方向にワイヤが挿通される貫通孔と、その先端の前記貫通孔の周縁に設けられてボンディング対象に前記ワイヤを押圧する押圧面と、を有するボンディングツールと、前記ワイヤを把持するクランパと、を含むワイヤボンディング装置によって、複数の第１ボンド点と複数の第２ボンド点とをそれぞれ前記ワイヤで接続するワイヤボンディング方法であって、
先の第２ボンド点に前記ワイヤをボンディングした後、前記クランパを開として前記ボンディングツールを上昇させ、次の第１ボンド点から次の第２ボンド点に向う直線に沿って前記ボンディングツールを所定距離だけ移動させ、前記ボンディングツールの前記貫通孔から前記ワイヤを前記次の第１ボンド点から前記次の第２ボンド点に向う直線に沿った方向に延出させるワイヤテール延出工程と、
前記ワイヤテール延出工程の後、前記クランパを閉として前記ボンディングツールを前記次の第１ボンド点から前記次の第２ボンド点に向う直線に沿った方向に移動させて前記ワイヤテールを切断するテールカット工程と、
を有することを特徴とするワイヤボンディング方法。
【請求項１１】
請求項１０に記載のワイヤボンディング方法であって、
前記ボンディング装置が前記ボンディングツールの先端から延出した前記ワイヤテールを引っ掛ける段部を含む折り曲げステーションを含み、
前記ボンディングツールを折り曲げステーションに移動させ、前記ワイヤテールを前記段部に沿った位置に配置した後、前記次の第１ボンド点から前記次の第２ボンド点に向う直線に沿って前記次の第２ボンド点の方向に前記ボンディングツールを移動させて前記ワイヤテールを前記次の第１ボンド点に向う方向に折り曲げるワイヤテール折り曲げ工程を含むこと、

を特徴とするワイヤボンディング方法。
【請求項１２】
請求項１１に記載のワイヤボンディング方法であって、
先の第１ボンド点と前記先の第２ボンド点とを結ぶ第１の直線と、前記次の第１ボンド点と前記次の第２ボンド点とを結ぶ第２の直線とのなす角度が所定の角度よりも小さい場合には、前記ワイヤテール延出工程と、前記テールカット工程によってワイヤテールの形成を行い、
前記第１の直線と前記第２の直線とのなす角度が前記所定の角度よりも同じか大きい場合には、前記ワイヤテール折り曲げ工程によってワイヤテールの形成を行うこと、
を特徴とするワイヤボンディング方法。
【請求項１３】
請求項１０から１２のいずれか１項に記載のワイヤボンディング方法であって、
前記押圧面は、円環状の平面であり、
前記ワイヤテール延出工程は、前記ワイヤテールの長さが前記押圧面の外半径より僅かに長くなるように前記ボンディングツールを移動させること、
を特徴とするワイヤボンディング方法。
【請求項１４】
請求項１０から１３のいずれか１項に記載のワイヤボンディング方法であって、
前記ワイヤテール延出工程は、前記ボンディングツールを所定のＺ方向距離だけ上昇させた後、次の第１ボンド点から次の第２ボンド点に向う直線に沿って所定のＸＹ距離だけ水平に移動させること、
を特徴とするワイヤボンディング方法。
【請求項１５】
請求項１０から１４のいずれか１項に記載のワイヤボンディング方法であって、
前記ワイヤテール延出工程は、前記ボンディングツールを次の第１ボンド点から次の第２ボンド点に向う直線に沿って所定の斜め方向距離だけ斜め上方に移動させること、
を特徴とするワイヤボンディング方法。
【請求項１６】
請求項１０から１５のいずれか１項に記載のワイヤボンディング方法であって、
前記複数の第１ボンド点は、基板のリードであり、
前記複数の第２ボンド点は、半導体チップのパッドであること、
を特徴とするワイヤボンディング方法。
【請求項１７】
請求項３から７のいずれか１項に記載のワイヤボンディング装置であって、
制御部は、
共通の基板に複数の半導体チップを配置し、各半導体チップの複数のパッドと各パッドに対応する基板の各リードとをそれぞれワイヤで接続する際に、
先の半導体チップの最後のパッドとそのパッドに対応する基板のリードとをワイヤで接続した後、該パッドから該リードに向かう方向に沿ってパッドとそのパッドに対応するリードが配置されている後の半導体チップの該パッドと該リードの組からワイヤの接続を開始すること、を特徴とするワイヤボンディング装置。
【請求項１８】
請求項３から７のいずれか１項に記載のワイヤボンディング装置であって、
制御部は、
共通の基板に複数の半導体チップを配置し、各半導体チップの複数のパッドと各パッドに対応する基板の各リードとをそれぞれワイヤで接続する際に、
各パッドと各パッドに対応する各リードとを結ぶ線の方向が同様となっている各パッドと各リードの組ごとに順次ワイヤで接続すること、
を特徴とするワイヤボンディング装置。
【請求項１９】

請求項１から５のいずれか１項に記載のワイヤボンディング装置であって、
前記ワイヤテール延出手段は、前記ボンディングツールを所定のＺ方向距離だけ上昇させ、第２ボンド点から第１ボンドの方向に所定のＸＹ方向距離だけ水平に移動させた後、次の第１ボンド点から次の第２ボンド点に向う直線に沿って所定のＸＹ方向距離だけ水平に移動させること、
を特徴とするワイヤボンディング装置。
【請求項２０】
請求項１２から１５のいずれか１項に記載のワイヤボンディング方法であって、
共通の基板に複数の半導体チップを配置し、各半導体チップの複数のパッドと各パッドに対応する基板の各リードとをそれぞれワイヤで接続する際に、
先の半導体チップの最後のパッドとそのパッドに対応する基板のリードとをワイヤで接続した後、該パッドから該リードに向かう方向に沿ってパッドとそのパッドに対応するリードが配置されている後の半導体チップの該パッドと該リードの組からワイヤの接続を開始すること、を特徴とするワイヤボンディング方法。
【請求項２１】
請求項１２から15のいずれか１項に記載のワイヤボンディング装置であって、
共通の基板に複数の半導体チップを配置し、各半導体チップの複数のパッドと各パッドに対応する基板の各リードとをそれぞれワイヤで接続する際に、
各パッドと各パッドに対応する各リードとを結ぶ線の方向が同様となっている各パッドと各リードの組ごとに順次ワイヤで接続すること、
を特徴とするワイヤボンディング方法。
【請求項２２】
請求項１０から１３のいずれか１項に記載のワイヤボンディング方法であって、
前記ワイヤテール延出手段は、前記ボンディングツールを所定のＺ方向距離だけ上昇させた、第２ボンド点から第１ボンドの方向に所定のＸＹ方向距離だけ水平に移動させた後、次の第１ボンド点から次の第２ボンド点に向う直線に沿って所定のＸＹ方向距離だけ水平に移動させること、
を特徴とするワイヤボンディング方法。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、ワイヤボンディング装置の構造及びそのボンディング装置を用いたボンディング方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
半導体チップと基板との接続にはワイヤボンディング装置が多く用いられている。ワイヤボンディング装置には、ボールワイヤボンディング装置とウェッジワイヤボンディング装置の２つの種類がある。ボールワイヤボンディング装置はキャピラリの先端に延出したワイヤをスパークなどによりイニシャルボールに形成し、このイニシャルボールを半導体チップのパッドの上に押圧すると共に超音波振動を印加して圧着ボールとしてパッドにボンディングし、その後キャピラリからワイヤを繰り出しながら基板のリードに向ってループングし、基板のリードの上にワイヤを押圧してボンディングし、その後キャピラリを上昇させてキャピラリの先端にワイヤテールを延出させた後、ワイヤを切断し、そのワイヤテールをスパーク等によりイニシャルボールに形成して次のパッドにボンディングすることを繰り返し、半導体チップの複数のパッドと基板の複数のリードをそれぞれ接続していくものである。
【０００３】
また、ウェッジワイヤボンディング装置は、ワイヤガイドと押圧面を持つツールを用い、イニシャルボールを形成せずにワイヤガイドでワイヤの方向を保持した状態で押圧面に

よってワイヤの側面を半導体チップのパッドの上に押圧すると共に超音波加振を印加してワイヤを半導体チップのパッドにボンディングし、その後ツールを上昇させて基板のリードの上にループングし、ツールの押圧面によってワイヤ側面をリードの表面に押圧してボンディングし、その後ツールをワイヤの接続方向に向かって斜めに上昇させてワイヤを切断すると共にツールの押圧面の下にワイヤテールを延出させる。そして、次のパッドの上にツールを移動させ、押圧面の下に延出したワイヤテールの側面を半導体チップのパッドの上に押圧してボンディングすることを繰り返し、半導体チップの複数のパッドと基板の複数のリードをそれぞれ接続していくものである（例えば、特許文献１参照）。

【０００４】

特許文献１に記載されたようなウェッジボンディング装置では、ワイヤガイドでワイヤの方向を保持した状態で押圧面によってワイヤの側面を半導体チップのパッドの上に押圧するので、ワイヤは常にワイヤの接続方向に向いた方向に延びていることが必要となる。しかし、半導体チップのパッドと基板のリードとを結ぶ方向は様々に変化するので、例えば、ボンディングツールのワイヤガイドの方向をワイヤの接続方向に合わせられるように、ボンディングヘッドを回転式にしたり（例えば、特許文献２参照）、あるいは半導体チップや基板を保持しているボンディングステージを回転させたりする方法が用いられている。

【０００５】

しかし、ボンディングヘッドやボンディングステージを回転させることはボンディング装置全体が大型になる上、ボンディング速度が遅く、高速ボンディングができないという問題があった。このため、キャピラリを用いつつ、イニシャルボールを形成せずに半導体のパッド、基板のリードにワイヤをボンディングする方法が提案されている（例えば、特許文献３参照）。特許文献３に記載されたウェッジワイヤボンディング方法は、第２ボンド点へのボンディングの後、キャピラリを一旦上昇させてワイヤテールを延出させた後、次のワイヤの接続方向に沿った方向に向かってキャピラリを水平移動させ、その後キャピラリの先端が第２ボンド点にボンディングされているワイヤにほんの少し接する程度の位置までキャピラリを降下させ、最後に次のワイヤの接続方向に沿った方向に向かってキャピラリを再度水平移動させてワイヤテールを切断する方法が提案されている（同文献、段落００４０から００４９参照）。この方法によると、ワイヤテールをキャピラリの先端に次のワイヤの接続方向に向かって折り曲げておくことができるので、次のボンディングの際にこのワイヤの折れ曲がった部分をキャピラリの先端で押圧することによってボンディングヘッドを回転させず、イニシャルボールの形成もせずにワイヤをウェッジワイヤボンディングすることができる。また、同文献には、最初にボンディングする際にはイニシャルボールを形成してボールを基板の適当な位置にボールワイヤボンディングし、ワイヤテールの切断の際にワイヤの方向を次のワイヤの接続方向に沿った方向に向けて折り曲げてからウェッジワイヤボンディングを行うことが記載されている（同文献、段落００５０参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００６】

【特許文献１】特開昭５８－９３３２号公報

【特許文献２】特開昭５５－７４１５号公報

【特許文献３】米国特許出願公開２００５－０１６７４７３号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

ところで、特許文献３に記載された従来技術のウェッジワイヤボンディング方法は、ボールワイヤボンディングを行うキャピラリを用いてウェッジワイヤボンディングを行うものであり、特許文献３の図４Ａから図４Ｅ、図７Ａから図７Ｄに示されているように、キャピラリの先端にはイニシャルボールをパッド等の第１ボンド点にボンディングするため

のテーパ状のチャンファ部が設けられている。このため、キャピラリの先端に延出したワイヤテールをウェッジワイヤボンディングできるようにキャピラリ先端の面に沿った方向に折り曲げるためには、一旦キャピラリを下降させてキャピラリの先端にワイヤテールを押し付けることが必要となる。このため、特許文献３に記載されたウェッジワイヤボンディング方法では、ボンディング速度をあまり上げられないという問題があった。

【０００８】

また、特許文献３に記載された従来技術のウェッジワイヤボンディング方法では、特許文献３の図３に示されているように、隣接するワイヤの接続方向の変化角度が小さい場合には対応することができるが、例えば、ワイヤの接続方向が反転する場合のように、その方向が大きく変化する場合には、すでにボンディングの終了しているパッドとリードとを接続する接続ワイヤにキャピラリあるいはワイヤテールが引っかかってしまい、次のワイヤの接続方向にワイヤテールを折り曲げることができないという問題があった。

【０００９】

本発明は、高速ウェッジワイヤボンディングを行うワイヤボンディング装置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】

【００１０】

本発明のワイヤボンディング装置は、棒状体で、その長手方向にワイヤが挿通される貫通孔と、その先端の貫通孔の周縁に設けられてボンディング対象にワイヤを押圧する押圧面と、を有するボンディングツールと、ワイヤを把持するクランパと、ボンディングツールの移動を規定すると共にクランパを開閉する制御部と、を含み、複数の第１ボンド点と複数の第２ボンド点とをそれぞれワイヤで接続するワイヤボンディング装置であって、制御部は、先の第２ボンド点にワイヤをボンディングした後、クランパを開として前記ボンディングツールを上昇させ、次の第１ボンド点から次の第２ボンド点に向う直線に沿って所定距離だけ移動させ、ボンディングツールの貫通孔からワイヤを次の第１ボンド点から次の第２ボンド点に向う直線に沿った方向に延出させるワイヤテール延出手段と、ワイヤテールを延出させた後、クランパを閉としてボンディングツールを次の第１ボンド点から次の第２ボンド点に向う直線に沿った方向に移動させてワイヤテールを切断するテールカット手段と、を有することを特徴とする。

【００１１】

本発明のワイヤボンディング装置において、ボンディングツールの先端から延出したワイヤテールを引っ掛ける段部を含む折り曲げステーションを含み、制御部は、ボンディングツールを折り曲げステーションに移動させ、ワイヤテールを段部に沿った位置に配置した後、次の第１ボンド点から次の第２ボンド点に向う直線に沿って次の第２ボンド点の方向にボンディングツールを移動させてワイヤテールを次の第１ボンド点に向う方向に折り曲げるワイヤテール折り曲げ手段を含むこと、としても好適である。

【００１２】

本発明のワイヤボンディング装置において、制御部は、先の第１ボンド点と先の第２ボンド点とを結ぶ第１の直線と、次の第１ボンド点と次の第２ボンド点とを結ぶ第２の直線とのなす角度が所定の角度よりも小さい場合には、ワイヤテール延出手段と、テールカット手段によってワイヤテールの形成を行い、第１の直線と第２の直線とのなす角度が所定の角度よりも同じか大きい場合には、ワイヤテール折り曲げ手段によってワイヤテールの形成を行うこと、としても好適である。

【００１３】

本発明のワイヤボンディング装置において、貫通孔の押圧面側の端部はストレート孔で、ストレート孔の内面と押圧面とのなす角度は略直角であること、としても好適であるし、押圧面は、円環状の平面であり、ワイヤテール延出手段は、ワイヤテールの長さが押圧面の外半径より僅かに長くなるようにボンディングツールを移動させること、としても好適であるし、ワイヤテール延出手段は、ボンディングツールを所定のＺ方向距離だけ上昇させた後、次の第１ボンド点から次の第２ボンド点に向う直線に沿って所定のＸＹ方向距

離だけ水平に移動させることとしても好適であるし、ワイヤテール延出手段は、ボンディングツールを次の第１ボンド点から次の第２ボンド点に向う直線に沿って所定の斜め方向距離だけ斜め上方に移動させること、としても好適であるし、複数の第１ボンド点は、基板のリードであり、複数の第２ボンド点は、半導体チップのパッドであること、としても好適である。

【００１４】

本発明のワイヤボンディング装置において、折り曲げステーションの段部は、ワイヤテールを引っ掛ける壁面と、壁面につながる上平面とを有し、ワイヤテール折り曲げ手段は、ボンディングツールの押圧面が折り曲げステーションの段部の上平面よりワイヤの直径よりも僅かに高い高さでボンディングツールを移動させること、としても好適である。

【００１５】

本発明のワイヤボンディング方法は、棒状体で、その長手方向にワイヤが挿通される貫通孔と、その先端の貫通孔の周縁に設けられてボンディング対象にワイヤを押圧する押圧面と、を有するボンディングツールと、ワイヤを把持するクランパと、を含むワイヤボンディング装置によって、複数の第１ボンド点と複数の第２ボンド点とをそれぞれワイヤで接続するワイヤボンディング方法であって、先の第２ボンド点にワイヤをボンディングした後、クランパを開としてボンディングツールを上昇させ、次の第１ボンド点から次の第２ボンド点に向う直線に沿って所定距離だけ移動させ、ボンディングツールの貫通孔からワイヤを次の第１ボンド点から次の第２ボンド点に向う直線に沿った方向に延出させるワイヤテール延出工程と、ワイヤテール延出工程の後、クランパを閉としてボンディングツールを次の第１ボンド点から次の第２ボンド点に向う直線に沿った方向に移動させてワイヤテールを切断するテールカット工程と、を有することを特徴とする。

【００１６】

本発明のワイヤボンディング方法は、ボンディング装置がボンディングツールの先端から延出したワイヤテールを引っ掛ける段部を含む折り曲げステーションを含み、ボンディングツールを折り曲げステーションに移動させ、ワイヤテールを段部に沿った位置に配置した後、次の第１ボンド点から次の第２ボンド点に向う直線に沿って次の第２ボンド点の方向にボンディングツールを移動させてワイヤテールを次の第１ボンド点に向う方向に折り曲げるワイヤテール折り曲げ工程を含むこと、としても好適である。

【００１７】

本発明のワイヤボンディング方法は、先の第１ボンド点と先の第２ボンド点とを結ぶ第１の直線と、次の第１ボンド点と次の第２ボンド点とを結ぶ第２の直線とのなす角度が所定の角度よりも小さい場合には、ワイヤテール延出工程と、テールカット工程によってワイヤテールの形成を行い、第１の直線と第２の直線とのなす角度が所定の角度よりも同じか大きい場合には、ワイヤテール折り曲げ工程によってワイヤテールの形成を行うこと、としても好適である。

【００１８】

本発明のワイヤボンディング方法において、押圧面は、円環状の平面であり、ワイヤ延出工程は、ワイヤテールの長さが押圧面の外半径より僅かに長くなるようにボンディングツールを移動させることとしても好適であるし、ワイヤテール延出工程は、ボンディングツールを所定のＺ方向距離だけ上昇させた後、次の第１ボンド点から次の第２ボンド点に向う直線に沿って所定のＸＹ方向距離だけ水平に移動させること、としても好適であるし、ワイヤテール延出工程は、ボンディングツールを次の第１ボンド点から次の第２ボンド点に向う直線に沿って所定の斜め方向距離だけ斜め上方に移動させること、としても好適であるし、複数の第１ボンド点は、基板のリードであり、複数の第２ボンド点は、半導体チップのパッドであること、としても好適である。

【００１９】

本発明のワイヤボンディング装置において、共通の基板に複数の半導体チップを配置し、各半導体チップの複数のパッドと各パッドに対応する基板の各リードとをそれぞれワイヤで接続する際に、先の半導体チップの最後のパッドとそのパッドに対応する基板のリー

ドとをワイヤで接続した後、該パッドから該リードに向かう方向に沿ってパッドとそのパッドに対応するリードが配置されている後の半導体チップの該パッドと該リードの組からワイヤの接続を開始すること、としても好適である。

【００２０】

本発明のワイヤボンディング装置において、共通の基板に複数の半導体チップを配置し、各半導体チップの複数のパッドと各パッドに対応する基板の各リードとをそれぞれワイヤで接続する際に、各パッドと各パッドに対応する各リードとを結ぶ線の方向が同様となっている各パッドと各リードの組ごとに順次ワイヤで接続すること、としても好適である。

【００２１】

本発明のワイヤボンディング装置において、ワイヤテール延出手段は、ボンディングツールを所定のＺ方向距離だけ上昇させ、第２ボンド点から第１ボンドの方向に所定のＸＹ方向距離だけ水平に移動させた後、次の第１ボンド点から次の第２ボンド点に向う直線に沿って所定のＸＹ方向距離だけ水平に移動させること、としても好適である。

【００２２】

本発明のワイヤボンディング方法において、共通の基板に複数の半導体チップを配置し、各半導体チップの複数のパッドと各パッドに対応する基板の各リードとをそれぞれワイヤで接続する際に、先の半導体チップの最後のパッドとそのパッドに対応する基板のリードとをワイヤで接続した後、該パッドから該リードに向かう方向に沿ってパッドとそのパッドに対応するリードが配置されている後の半導体チップの該パッドと該リードの組からワイヤの接続を開始すること、としても好適である。

【００２３】

本発明のワイヤボンディング方法において、共通の基板に複数の半導体チップを配置し、各半導体チップの複数のパッドと各パッドに対応する基板の各リードとをそれぞれワイヤで接続する際に、各パッドと各パッドに対応する各リードとを結ぶ線の方向が同様となっている各パッドと各リードの組ごとに順次ワイヤで接続すること、としても好適である。

【００２４】

本発明のワイヤボンディング方法において、ワイヤテール延出手段は、ボンディングツールを所定のＺ方向距離だけ上昇させ、第２ボンド点から第１ボンドの方向に所定のＸＹ方向距離だけ水平に移動させた後、次の第１ボンド点から次の第２ボンド点に向う直線に沿って所定のＸＹ方向距離だけ水平に移動させること、としても好適である。

【発明の効果】

【００２５】

本発明は、高速ウェッジワイヤボンディングを行うワイヤボンディング装置を提供することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【００２６】

【図１】本発明の実施形態におけるワイヤボンディング装置の構成を示す系統図である。示す系統図である。

【図２】本発明の実施形態におけるワイヤボンディング装置のボンディングツールの先端部を示す説明図である。

【図３】本発明の実施形態におけるワイヤボンディング装置のウィンドクランパとウェッジボンディング後の半導体チップと基板と接続ワイヤとを示す説明図である。

【図４】本発明の実施形態におけるワイヤボンディング装置の動作を示すフローチャートである。

【図５Ａ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置のワイヤ折り曲げ動作を示す説明図である。

【図５Ｂ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置のワイヤ折り曲げ動作を示す説明図である。

【図５Ｃ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置のワイヤ折り曲げ動作を示す説明図である。
【図５Ｄ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置による半導体チップのパッドへのウェッジボンディング動作を示す説明図である。
【図５Ｅ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置による半導体チップのパッドへのウェッジボンディング動作を示す説明図である。
【図５Ｆ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置によるボンディングツールの上昇動作を示す説明図である。
【図５Ｇ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置による半導体チップのパッドから基板のリードへのルーピング動作を示す説明図である。
【図５Ｈ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置による半導体チップのパッドから基板のリードへのルーピング動作を示す説明図である。
【図５Ｊ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置による基板のリードへのウェッジボンディング動作を示す説明図である。
【図５Ｋ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置によるワイヤテール延出動作を示す説明図である。
【図５Ｌ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置によるテールカット動作を示す説明図である。
【図５Ｍ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置による次のパッドへの移動動作を示す説明図である。
【図６】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置によるワイヤ折り曲げ動作とワイヤテール延出動作、テールカット動作を示す説明図である。
【図７Ａ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置によるワイヤ折り曲げ動作を示す説明図である。
【図７Ｂ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置によるワイヤ折り曲げ動作を示す説明図である。
【図８Ａ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置によるワイヤテール延出動作を示す説明図である。
【図８Ｂ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置によるワイヤテール延出動作を示す説明図である。
【図９Ａ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置によるテールカット動作を示す説明図である。
【図９Ｂ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置によるテールカット動作を示す説明図である。
【図１０】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置によるワイヤ折り曲げ動作とワイヤテール延出動作、テールカット動作を示す説明図である。
【図１１Ａ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置によるワイヤテール延出動作を示す説明図である。
【図１１Ｂ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置によるテールカット動作を示す説明図である。
【図１１Ｃ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置のワイヤ折り曲げ動作を示す説明図である。
【図１１Ｄ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置のワイヤ折り曲げ動作を示す説明図である。
【図１１Ｅ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置のワイヤ折り曲げ動作を示す説明図である。
【図１１Ｆ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置による半導体チップのパッドへのウェッジボンディング動作を示す説明図である。
【図１１Ｇ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置による半導体チップのパッドへのウェッジボンディング動作を示す説明図である。

【図１１Ｈ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置によるボンディングツールの上昇動作を示す説明図である。
【図１１Ｊ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置による半導体チップのパッドから基板のリードへのルーピング動作を示す説明図である。
【図１１Ｋ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置による半導体チップのパッドから基板のリードへのルーピング動作を示す説明図である。
【図１１Ｌ】本発明の実施形態のワイヤボンディング装置による基板のリードへのウェッジボンディング動作を示す説明図である。
【図１２】本発明の他の実施形態におけるワイヤボンディング装置のボンディングツールの先端部を示す説明図である。
【図１３Ａ】本発明の他の実施形態におけるワイヤボンディング装置のボンディングツールの上昇軌跡を示す説明図である。
【図１３Ｂ】本発明の他の実施形態におけるワイヤボンディング装置のボンディングツールの上昇軌跡を示す説明図である。
【図１４Ａ】本発明の他の実施形態におけるワイヤボンディング装置のボンディングツールの軌跡を示す説明図である。
【図１４Ｂ】本発明の他の実施形態におけるワイヤボンディング装置のボンディングツールの軌跡を示す説明図である。
【図１５Ａ】本発明の他の実施形態のワイヤボンディング装置のワイヤ折り曲げ動作を示す説明図である。
【図１５Ｂ】本発明の他の実施形態のワイヤボンディング装置のワイヤ折り曲げ動作を示す説明図である。
【図１６Ａ】本発明の他の実施形態のワイヤボンディング装置のワイヤ折り曲げ動作を示す説明図である。
【図１６Ｂ】本発明の他の実施形態のワイヤボンディング装置のワイヤ折り曲げ動作を示す説明図である。
【図１６Ｃ】本発明の他の実施形態のワイヤボンディング装置のワイヤ折り曲げ動作を示す説明図である。
【図１７】本発明の他の実施形態におけるワイヤボンディング装置の動作を示すフローチャートである。
【図１８Ａ】本発明の他の実施形態のワイヤボンディング装置によるワイヤテール延出動作を示す説明図である。
【図１８Ｂ】本発明の他の実施形態のワイヤボンディング装置によるワイヤテール延出動作を示す説明図である。
【図１８Ｃ】本発明の他の実施形態のワイヤボンディング装置によるテールカット動作を示す説明図である。
【図１９】本発明の他の実施形態のワイヤボンディング装置によるワイヤテール延出動作を示す説明図である。
【図２０】本発明の他の実施形態におけるワイヤボンディング装置の動作を示すフローチャートである。
【図２１Ａ】本発明の他の実施形態のワイヤボンディング装置のワイヤ折り曲げ動作を示す説明図である。
【図２１Ｂ】本発明の他の実施形態のワイヤボンディング装置のワイヤ折り曲げ動作を示す説明図である。
【図２１Ｃ】本発明の他の実施形態のワイヤボンディング装置のワイヤ折り曲げ動作を示す説明図である。
【図２１Ｄ】本発明の他の実施形態のワイヤボンディング装置による基板のリードへのウェッジボンディング動作を示す説明図である。
【図２１Ｅ】本発明の他の実施形態のワイヤボンディング装置による基板のリードへのウェッジボンディング動作を示す説明図である。

【図２１Ｆ】本発明の他の実施形態のワイヤボンディング装置によるボンディングツールの上昇動作を示す説明図である。
【図２１Ｇ】本発明の他の実施形態のワイヤボンディング装置による基板のリードから半導体チップのパッドへのループピング動作を示す説明図である。
【図２１Ｈ】本発明の他の実施形態のワイヤボンディング装置による基板のリードから半導体チップのパッドへのループピング動作を示す説明図である。
【図２１Ｊ】本発明の他の実施形態のワイヤボンディング装置による半導体チップのパッドへのウェッジボンディング動作を示す説明図である。
【図２１Ｋ】本発明の他の実施形態のワイヤボンディング装置によるワイヤテール延出動作を示す説明図である。
【図２１Ｌ】本発明の他の実施形態のワイヤボンディング装置によるワイヤテール延出動作を示す説明図である。
【図２１Ｍ】本発明の他の実施形態のワイヤボンディング装置によるテールカット動作を示す説明図である。
【図２１Ｎ】本発明の他の実施形態のワイヤボンディング装置による次のリードへの移動動作を示す説明図である。
【図２２】本発明の他の実施形態のワイヤボンディング装置によるワイヤ折り曲げ動作とワイヤテール延出動作、テールカット動作を示す説明図である。
【図２３】本発明の他の実施形態におけるワイヤボンディング装置のウィンドクランパとウェッジボンディング後の半導体チップと基板と接続ワイヤとを示す説明図である。
【図２４】本発明の他の実施形態におけるワイヤボンディング装置のボンディングの順序を示す説明図である。
【図２５】本発明の他の実施形態におけるワイヤボンディング装置のボンディングの順序を示す説明図である。
【図２６】本発明の他の実施形態におけるワイヤボンディング装置のボンディングの順序を示す説明図である。
【図２７】本発明の他の実施形態におけるワイヤボンディング装置のボンディングの順序を示す説明図である。
【図２８】本発明の他の実施形態におけるワイヤボンディング装置のボンディングツールの軌跡を示す説明図である。
【発明を実施するための形態】
【００２７】
以下、図面を参照しながら本発明の実施形態であるワイヤボンディング装置１０について説明する。図１において、信号線は１点鎖線で示す。図１に示すように、ワイヤボンディング装置１０はＸＹテーブル２０の上にボンディングヘッド１９が設置され、ボンディングヘッド１９にはボンディングアーム１３が取り付けられている。ボンディングアーム１３はＺ方向モータによって回転中心の回りに駆動され、その先端に超音波ホーン１３ｂが取り付けられ、超音波ホーン１３ｂの先端がボンディング面である半導体チップ７２のパッド面に対して弧状に接離動作するように構成されている。超音波ホーン１３ｂの先端は、半導体チップ７２のパッド面又は基板７１の表面の近傍では上下方向であるＺ方向に移動する。超音波ホーン１３ｂの先端には、ボンディングツール１６が取り付けられている。ＸＹテーブル２０とボンディングヘッド１９は移動機構１８を構成し、移動機構１８はＸＹテーブル２０によってボンディングヘッド１９をボンディング面に沿った面内(ＸＹ面内)で自在な位置に移動することができ、これに取り付けられたボンディングアーム１３をＺ方向モータで駆動させることによって、ボンディングアーム１３の先端に取り付けられた超音波ホーン１３ｂの先端及びその先端に取り付けられたボンディングツール１６をＸＹＺの方向に自在に移動させることができる。ＸＹテーブル２０のボンディングアーム１３の先端側には基板７１を吸着固定するボンディングステージ１４が設けられている。また、ボンディングステージ１４の上部には、ボンディングステージ１４の表面に基板７１を押し付けて固定するためのウィンドクランパ７５が設けられている。

【００２８】
図２（ａ）に示すように、ボンディングツール１６は先端が平らな円錐体で、中心部に長手方向に設けられた貫通孔１６ｂにアルミ線や金線等で製造されたワイヤ８１を挿通させることができる構造となっている。ボンディングツール１６の先端の貫通孔１６ｂの周縁はボンディング対象である半導体チップ７２のパッドや基板７１のリードにワイヤ８１を押圧する押圧面１６ａとなっている。図２（ｂ）に示すように押圧面１６ａは、中心に貫通孔１６ｂがある円環状の平面である。図２（ａ）に示すように、貫通孔１６ｂは押圧面１６ａから略垂直に延びるストレート状の孔であり、押圧面１６ａと貫通孔１６ｂの内面とのなす角度は略直角となっている。また、貫通孔１６ｂの内面と押圧面１６ａとの角部１６ｃは貫通孔１６ｂあるいはワイヤ８１の直径に比べて非常に小さい半径の曲面となっており、押圧面１６ａとボンディングツール１６の外面との角部１６ｄも同様の曲面となっている。
【００２９】
図１に示すように、ワイヤ８１はボンディングヘッド１９の上に取り付けられたスプール１１から供給される。超音波ホーン１３ｂは、超音波振動子１５で発生した超音波エネルギをボンディングツール１６に供給し、ボンディングツール１６に挿通されたワイヤ８１をボンディング面である半導体チップ７２のパッド面、及び基板７１のリードの表面に押し付けてウェッジボンディングにより接合させる機能を有している。
【００３０】
ボンディングヘッド１９にはボンディングツール１６に挿通されるワイヤ８１を把持、開放するクランパ１７が設けられている。クランパ１７はボンディングアーム１３と連動してＸＹＺ方向に移動する。ワイヤボンディング装置１０はクランパ開閉機構２７を備えており、クランパ１７はクランパ開閉機構２７の動作によって開閉駆動されるよう構成されている。
【００３１】
図１に示すように、ワイヤボンディング装置１０は内部にＣＰＵを持つ制御部３０によって各部の位置の検出及び動作制御が行われ、半導体チップ７２と基板７１との間をワイヤ８１によって接続する。ＸＹテーブル２０には、ボンディングヘッド１９のＸＹ方向位置を検出するＸＹ位置検出手段が設けられている。また、ボンディングヘッド１９にはボンディングアーム１３の回転中心の回りの回転角度を検出することによってボンディングツール１６先端のＺ方向高さを検出するボンディングツール高さ検出器２９が設けられている。ボンディングツール高さ検出器２９は回転角度を検出するものでなく、ボンディングアーム１３先端やボンディングツール１６先端の位置を直接検出するようなものであってもよい。また、ボンディングツール高さ検出器２９も非接触式であってもよいし、接触式であってもよい。
【００３２】
ボンディングヘッド１９には、半導体チップ７２、基板７１などの画像を取得する撮像手段であるカメラ２８が取り付けられ、カメラ２８によって撮像した画像に基づいてボンディングツール１６のＸＹ方向の位置決めを行うよう構成されている。カメラ２８は画像信号を取得することができるものであれば絞り機構やシャッタ等の無い撮像素子とレンズ等によって構成されるものでもよい。
【００３３】
上記のボンディングツール高さ検出器２９の検出信号はボンディングツール高さ検出インターフェース４２を介してデータバス３１から制御部３０に入力される。また、ＸＹテーブル２０とボンディングヘッド１９によって構成される移動機構１８、クランパ開閉機構２７、超音波振動子１５はそれぞれ移動機構インターフェース４４、クランパ開閉機構インターフェース４１、超音波振動子インターフェース４３を介してデータバス３１から制御部３０に接続され、ＣＰＵを含む制御部３０からの指令によって各機器が動作するように構成されている。
【００３４】

データバス３１には記憶部３２が接続されている。記憶部３２は、制御部３０の行う位置検出処理や制御指令出力動作に必要な制御データを保持しており、制御部３０からの指令によって制御データを制御部３０に出力し、或いは入力された信号データなどを記憶、保持する。制御部３０とデータバス３１と記憶部３２と各インターフェース４１～４４とは、一体として構成されたコンピュータ６０であり、記憶部３２には制御データ３８以外にボンディング制御全般をコントロールする制御プログラム３７や、ワイヤテール延出手段であるワイヤテール延出プログラム３４、テールカット手段であるテールカットプログラム３５、ワイヤテール折り曲げ手段であるワイヤテール折り曲げプログラム３６が格納されている。また、記憶部３２にはボンディングの際のＸＹ面内でのボンディングツール１６の移動方向を計算するボンディング方向計算プログラム３３が格納されている。

【００３５】

図１及び図３に示すように、ボンディングステージ１４の表面に基板７１を押し付けて固定するためのウィンドクランパ７５は、平板状でその中央に四角い開口７７が空けられたものである。ウィンドクランパ７５の底面の開口７７の周縁は基板７１の上に押し付けられて基板７１を図１に示すボンディングステージ１４に固定する。図３に示すように、本実施形態では基板７１はリードフレームである。そして、開口７７からボンディングツール１６の先端が半導体チップ７２のパッド７３の表面あるいは基板７１のリード７４の表面に移動してボンディングを行うものである。ウィンドクランパ７５の表面の開口７７の四隅には円筒形の孔７６が設けられている。この孔７６の直径はワイヤ８１の直径よりも大きくなっている。図５Ａ～図５Ｃに示すように、ウィンドクランパ７５の上面７５ａは平面で、孔７６の内面７６ａは円筒面であり、ウィンドクランパ７５の上面７５ａと孔７６の内面７６ａとは段部を構成し、この部分が折り曲げステーション７８である。

【００３６】

以上のように構成されたワイヤボンディング装置１０によって半導体チップ７２のパッド７３と基板７１のリード７４とをワイヤで接続する工程について説明する。図３に示すように、本実施形態では、半導体チップ７２の上下の各辺に沿って各パッド７３が等ピッチで配置され、それに対応する各リード７４が半導体チップ７２の上下に各パッド７３よりも広いピッチで配置され、各パッド７３と各リード７４と接続する接続ワイヤ８４が半導体チップ７２の中心から上方向、下方向にそれぞれ斜めに延びて各パッド７３とリード７４とを接続する場合について説明する。本実施形態では、最初に図３に示す半導体チップ７２の右上の第１パッド１７３と第１リード１７４とを第１接続ワイヤ１８４で接続する（第１ボンディング）、次に第１パッド１７３の左隣にある第２パッド２７３と第１リード１７４の左隣のある第２リード２７４とを第２接続ワイヤ２８４で接続する（第２ボンディング）。以下同様に図３に示す矢印のように、各パッド７３とリード７４とを反時計周りに順次接続していく（第ｎボンディング、ｎは整数）。そして各パッド７３とリード７４とを反時計周りに一周回るとボンディングを終了する。

【００３７】

まず、制御部３０は、記憶部３２に格納されている制御プログラム３７、ワイヤテール延出プログラム３４、テールカットプログラム３５、ワイヤテール折り曲げプログラム３６、ボンディング方向計算プログラム３３と制御データ３８を読み出して、内部のメモリにストアする。また、図５Ａに示すように、ボンディングツール１６は、ウィンドクランパ７５の開口７７の外側で、孔７６よりも外側に位置している。後で図７Ａ、図７Ｂを参照して説明するが、初期状態ではボンディングツール１６の先端の押圧面１６ａからワイヤテール８２が直線状に延出長さ$Ｄ_{s}$だけ延出し、クランパ１７は閉とされている。ワイヤテール８２の延出長さ$Ｄ_{s}$は、ボンディングツール１６の円環状の押圧面１６ａの幅、或いは押圧面１６ａの外半径$ｒ_{11}$よりも突出部８２ａの長さ$Ｄ_{82}$だけ長くなっている。そして、制御部３０は図４のステップＳ１０１に示すように、整数ｎを１に初期設定する。整数ｎが１の場合、第１パッド１７３、第１リード１７４、第２パッド２７３、第２リード２７４は、それぞれ各請求項に記載の先の第１ボンド点、先の第２ボンド点、次の第１ボンド点、次の第２ボンド点となる。

【００３８】
図４のステップＳ１０２に示すように、制御部３０は、ボンディングツール１６を折り曲げステーション７８に移動する指令を出力する。この指令によって移動機構インターフェース４４からの信号がＸＹテーブル２０に出力され、図５Ａに示すように、ＸＹテーブル２０はボンディングツール１６の中心がウィンドクランパ７５の孔７６の直上に来るようボンディングヘッド１９を移動させる。そして、図５Ｂに示すように、ボンディングツール１６が孔７６の直上に来たら、制御部３０はボンディングツール１６の先端の押圧面１６ａがウィンドクランパ７５の上面７５ａから高さH_1だけ高い位置まで降下させる指令を出力する。この指令によって移動機構インターフェース４４からの信号がボンディングヘッド１９に出力され、ボンディングヘッド１９の中に取り付けられているＺ方向モータが駆動され、ボンディングアーム１３が回転してボンディングツール１６の先端の押圧面１６ａがウィンドクランパ７５の上面７５ａから高さH_1だけ高い位置まで降下する。この高さH_1はワイヤ８１の直径よりも僅かに高い高さとなっている。ボンディングツール１６の押圧面１６ａが高さH_1まで降下すると、ボンディングツール１６の先端から直線状に延出しているワイヤテール８２の先端はウィンドクランパ７５の孔７６の中に入っている。

【００３９】
整数ｎは１に設定されているので、図４のステップＳ１０３に示すように、制御部３０は最初に接続する第１パッド１７３と第１リード１７４を結ぶ第１ボンディングのボンディング方向を計算する。記憶部３２の制御データ３８の中には、ボンディングを行う半導体チップ７２の各パッド７３のＸＹ方向の位置のデータと、各リード７４のＸＹ方向の位置のデータとが格納されている。制御部３０はこの制御データ３８から図３に示す第１パッド１７３のＸＹ方向の位置と、第１リード１７４のＸＹ方向の位置を読み出し、図６（ｂ）に示すように第１パッド１７３と第１リード１７４を結ぶ第１ボンディングの方向を第１の直線９１の方向として計算する。

【００４０】
図４のステップＳ１０４に示すように制御部３０は、ワイヤテール折り曲げ動作を行う指令を出力する。この指令によって、移動機構インターフェース４４からの信号がＸＹテーブル２０に出力され、図５Ｃ、図６（ａ）に示すように、ＸＹテーブル２０はボンディングツール１６の中心を第１の直線９１の方向に沿って第１リード１７４の側に水平に移動させる。すると、図７Ａに示すように、孔７６の中に入っていたワイヤテール８２は孔７６の内面７６ａとウィンドクランパ７５の上面７５ａとの角部に引っ掛かり、ボンディングツール１６の水平移動に従って横方向に折り曲げられていく。そして、ボンディングツール１６の中心が孔７６の外側まで移動すると、ワイヤテール８２は押圧面１６ａと上面７５ａとの間に挟まれるようになる。ボンディングツール１６の貫通孔１６ｂは押圧面１６ａから垂直方向に延びるストレート状の孔であることから、ワイヤテール８２は貫通孔１６ｂに挿通されているワイヤ８１に対して略直角方向に折り曲げられる。そして、図６（ａ）、図７Ｂに示すように、折り曲げられたワイヤテール８２の先端は直線９１の方向に沿って第１パッド１７３の側に向いている。初期状態ではボンディングツール１６の先端の押圧面１６ａからワイヤテール８２が直線状に延出長さD_sだけ延出しており、ワイヤテール８２の延出長さD_sは、ボンディングツール１６の円環状の押圧面１６ａの幅、或いは押圧面１６ａの外半径r_{11}よりも突出部８２ａの長さD_{82}だけ長くなっている。このため、図７Ａ、図７Ｂに示すように、押圧面１６ａに沿った方向に折り曲げられたワイヤテール８２の先端は、突出部８２ａの長さD_{82}だけボンディングツール１６の押圧面１６ａから外側に突出している（ワイヤテール折り曲げ工程）。

【００４１】
ワイヤテール８２の折り曲げが終わったら、整数ｎは１に設定されているので、制御部３０は、図４のステップＳ１０５に示すように、第１パッド１７３の上に移動する指令を出力する。この指令によって移動機構インターフェース４４からの信号がＸＹテーブル２０に出力され、図５Ｄに示すように、ＸＹテーブル２０はボンディングツール１６の中心

が第１パッド１７３の直上に来るようボンディングヘッド１９を移動させる。

【００４２】

ボンディングツール１６の中心が第１パッド１７３の直上に移動したら、制御部３０は、図４のステップＳ１０６に示すように、第１パッド１７３の上にボンディングを行う指令を出力する。この指令によって、移動機構インターフェース４４からの信号がボンディングヘッド１９に出力され、ボンディングヘッド１９の中に取り付けられているＺ方向モータが駆動され、ボンディングアーム１３が回転してボンディングツール１６の先端を第１パッド１７３の上に降下させる。そして、図５Ｅに示すように、ボンディングツール１６の先端から延出し、図６（ｂ）に示す第１の直線９１の方向に沿って折り曲げられているワイヤテール８２の側面をボンディングツール１６の先端の押圧面１６ａによって第１パッド１７３の上に押し付けると共に、超音波振動子インターフェース４３からの信号によって超音波振動子１５を駆動してボンディングツール１６を振動させ、ワイヤテール８２を第１パッド１７３の上にウェッジボンディングにより接合する。この接合によって第１パッド１７３の上面には第１接合部１８３が形成される。第１接合部１８３はワイヤテール８２の側面をボンディングツール１６の平面状の押圧面１６ａで押しつぶしたもので、図６（ｂ）、図８Ａに示すように、薄い楕円板状または円板状となっている。図８Ａに示すように、ワイヤテール８２の長さはボンディングツール１６の円環状の押圧面１６ａの幅、或いは、押圧面１６ａの外半径r_{11}よりも突出部８２ａの長さD_{82}だけ長くなっているので、楕円状または円形状の第１の接合部１８３の長さは押圧面１６ａの幅よりも若干長くなり、良好なウェッジボンディングによる接合となる。そして、図６（ｂ）に示すように、第１接合部１８３の第１リード１７４と反対側には薄板状にならなかった突出部８２ａが端部１８３ａとして残る。

【００４３】

第１パッド１７３へのワイヤテール８２の接続が終了したら、制御部３０は、図４のステップＳ１０７に示すようにボンディングツール１６を上昇させる指令を出力する。この指令によって、移動機構インターフェース４４からの信号がボンディングヘッド１９に出力され、ボンディングヘッド１９の中に取り付けられているＺ方向モータが駆動され、ボンディングアーム１３が回転してボンディングツール１６の先端を上昇させると共に、移動機構インターフェース４４からの信号がＸＹテーブル２０に出力され、ＸＹテーブル２０はボンディングツール１６の中心を図６（ｂ）に示す第１の直線９１に沿った方向に移動させる。また、この指令によってクランパ開閉機構インターフェース４１からの信号がクランパ開閉機構２７に出力され、クランパ開閉機構２７によってクランパ１７が開となる。これによって、図５Ｆに示すように、ボンディングツール１６は図６（ｂ）に示す第１の直線９１の方向に沿って斜め上方向に向かって上昇する。このように、斜め上方に向かって上昇することにより、第１パッド１７３の上に側面がウェッジボンディングにより接合されたワイヤテール８２につながるワイヤ８１を急角度に折り曲げることなくスムースにボンディングツール１６の先端から延出させることができる。

【００４４】

整数ｎは１に設定されているので、制御部３０は所定の高さまでボンディングツール１６を上昇させたら図４のステップＳ１０８に示すようにボンディングツール１６を第１リード１７４に向ってループングする指令を出力する。この指令によって、移動機構インターフェース４４からの信号がボンディングヘッド１９に出力され、ボンディングヘッド１９の中に取り付けられているＺ方向モータが駆動され、ボンディングアーム１３が回転し、図５Ｇに示すようにボンディングツール１６を所定の距離だけ上方向に上昇させた後、図５Ｈに示すようにループ形状に沿ってボンディングツール１６の先端が移動するように、移動機構インターフェース４４からの信号がＸＹテーブル２０及びボンディングヘッド１９に出力され、ＸＹテーブル２０及びボンディングヘッド１９の中に取り付けられているＺ方向モータが駆動される。この動作によってボンディングツール１６の中心は、第１パッド１７３から第１リード１７４に向かって図６（ｂ）に示す第１の直線９１に沿って移動していく。

【００４５】
そして、ボンディングツール１６の中心が第１リード１７４の直上まで移動したら、制御部３０は図４のステップＳ１０９に示すように、第１リード１７４にボンディングを行う指令を出力する。この指令によって、移動機構インターフェース４４からの信号がボンディングヘッド１９に出力され、ボンディングヘッド１９の中に取り付けられているＺ方向モータが駆動され、ボンディングアーム１３が回転してボンディングツール１６の先端を第１リード１７４の上に降下させる。そして、図５Ｊに示すように、ボンディングツール１６の先端から延出しているワイヤ８１の側面をボンディングツール１６の先端の押圧面１６ａによって第１リード１７４の上に押し付けると共に、超音波振動子インターフェース４３からの信号によって超音波振動子１５を駆動してボンディングツール１６を振動させ、ワイヤ８１の側面を第１リード１７４の上にウェッジボンディングにより接合する。この接合によって第１リード１７４の上面には第２接合部１８５が形成される。第２接合部１８５はルーピングされたワイヤ８１の側面を平面状の押圧面１６ａで押しつぶしたもので、第１接合部１８３と同様、薄い楕円板状または円板状となっている。このように、第１リード１７４にワイヤ８１をウェッジボンディングにより接合すると、図５Ｋに示すように、第１パッド１７３と第１リード１７４との間は山形のループ状で、図６（ｂ）に示すようにＸＹ平面上では第１の直線９１に沿って延びる直線状の第１接続ワイヤ１８４で接続される。

【００４６】
第１リード１７４へのボンディングが終了すると、制御部３０は、図４のステップＳ１１０に示すように、次にボンディングするパッド７３、リード７４があるかどうかを判断する。整数ｎは１に設定されており、（ｎ＋１）は２となり、本実施形態では、第２パッド２７３と第２リード２７４を接続する第２ボンディングがあるので、制御部３０は、図４のステップＳ１１０に示す、第（ｎ＋１）ボンディングがあると判断し、図４に示すステップＳ１１１に進み、次に接続する第２パッド２７３と第２リード２７４を結ぶ第２ボンディングのボンディング方向を計算する。制御部３０は制御データ３８から図３に示す第２パッド２７３のＸＹ方向の位置と、第２リード２７４のＸＹ方向の位置を読み出し、図６（ｂ）に示すように第２パッド２７３と第２リード２７４を結ぶ第２ボンディングの方向を第２の直線９３の方向として計算する。

【００４７】
そして、図４のステップＳ１１２に示すように、制御部３０は、図６（ｂ）に示す第２の直線９３と第１の直線９１との角度差θ_1を計算し、この角度差θ_1と所定の角度とを比較する。ここで所定の角度は、次に説明するワイヤテール８２を延出させる場合にボンディングツール１６や延出させたワイヤテール８２が直前にボンディングした接続ワイヤ１８４に干渉しない程度の角度、例えば、９０°程度であってもよいし、延出させるワイヤテール８２と第１リード１７４にボンディングした第２接合部１８５との間で破断が生じない程度の角度、例えば、３０°或いは４５°等にしてもよい。

【００４８】
図４のステップＳ１１２に示すように、角度差θ_1が所定の角度差よりも小さい場合には、制御部３０は、整数ｎが１にセットされているので、図４のステップＳ１１３に示すように、第２パッド２７３と第２リード２７４とを結ぶ第２ボンディングの方向である第２の直線９３の方向と平行な図６（ｂ）に示す第１のワイヤテール引き出し線９２の方向に向かってボンディングツール１６を斜め上方に向かって移動させる指令を出力する。この指令によって、移動機構インターフェース４４からの信号がボンディングヘッド１９に出力され、ボンディングヘッド１９の中に取り付けられているＺ方向モータが駆動され、ボンディングアーム１３が回転し、ボンディングツール１６を上方向に上昇させると共に、移動機構インターフェース４４からの信号がＸＹテーブル２０及びボンディングヘッド１９に出力され、ＸＹテーブル２０及びボンディングヘッド１９の中に取り付けられているＺ方向モータが駆動される。この動作によってボンディングツール１６の先端は、第１リード１７４の面から図６（ｂ）に示す第１のワイヤテール引き出し線９２の方向に向か

って図５Ｋに示すように斜め上方に移動していく。

【００４９】

図８Ａ、図８Ｂを参照しながら第１リード１７４からボンディングツール１６が斜め上方への移動していく状態についてより詳細に説明する。図８Ａ、図８Ｂにおいて、一点鎖線は、ボンディングツール１６が第１リード１７４にワイヤ８１をウェッジボンディングにより接合した状態を示している。この状態では、図８Ａの一点鎖線で示すボンディングツール１６の押圧面１６ａは、ワイヤ８１の側面を第１リード１７４の上に押しつけて楕円形状の薄板の第２接合部１８５に変形させ、第２接合部１８５を第１リード１７４の上にウェッジボンディングにより接合した状態となっている。ワイヤ８１は第２接合部１８５の端部からボンディングツール１６の貫通孔１６ｂに向かって略直角に曲がっている。

【００５０】

図８Ａに示すようにボンディングツール１６が斜め上方に向かって上昇すると、図８Ｂに示すようにボンディングツール１６は第２ボンディングの方向の第２の直線９３に平行な第１のワイヤテール引き出し線９２の方向に移動していく。この方向は第１パッド１７３と第１リード１７４とを結ぶ第１ボンディングの方向を示す第１の直線９１とは角度θ_1だけずれている。このため、ボンディングツール１６が斜め上方に上昇すると、ボンディングツール１６の先端から延出されるワイヤテール８２は、第２接合部１８５の端部との境界部分で角度θ_1だけ曲がることとなる。そして、更に図８Ａ、図８Ｂの実線に示すようにボンディングツール１６の先端が斜め上方に移動すると、ボンディングツール１６の貫通孔１６ｂと押圧面１６ａとの角部１６ｃによって延出されたワイヤテール８２は横方向に押しつけられ、角部１６ｃによってしごかれ、ボンディングツール１６の押圧面１６ａに対して折れ曲がった形状に形成される。垂直面内での折れ曲がり方向は、押圧面１６ａに対してボンディングツール１６の上昇角度と同様の角度或いは、その角度よりも深い角度で押圧面１６ａに向かって曲げられる。

【００５１】

そして、制御部３０は、図４のステップＳ１１４に示すように、図１に示すボンディングツール高さ検出器２９から取得した図８Ａに示すＺ方向移動距離H_{11}と図１に示すＸＹテーブル２０のから取得した図８Ａに示すＸＹ方向移動距離L_{11}とに基づいて、図８Ａに示すようにボンディングツール１６の先端の斜め上方向への移動距離、即ちワイヤテール８２の延出長さD_{11}を計算し、ワイヤテール８２の斜め上方向への延出長さD_{11}が所定の斜め方向移動距離D_sとなったかどうかを判断する。ここで、所定の斜め方向移動距離D_sは、ボンディングツール１６の円環状の押圧面１６ａの幅あるいは押圧面１６ａの外半径r_{11}よりも突出部８２ａの長さD_{82}だけ長いものであればよい。これは、次のボンディングの際に突出部８２ａの長さD_{82}だけワイヤテール８２がボンディングツール１６の円環状の押圧面１６ａの外側に突出し、ボンディングツール１６の押圧面１６ａ全面でワイヤテール８２をパッド７３に押しつけて薄い板状に変形してウェッジボンディングにより接合させることができるようにしてボンディングの強度と接合性を確保するためである（ワイヤテール延出工程）。

【００５２】

ここで、ボンディングツール１６のＺ方向移動距離H_{11}とＸＹ方向移動距離L_{11}との比率は、ボンディングツール１６から斜め下方に延出するワイヤテール８２の斜め上方向への曲がり角度α即ちボンディングツール１６の押圧面１６ａに対する曲がり角度αを決定する。ワイヤテール８２のボンディングツール１６の押圧面１６ａに対する曲がり角度αは、次のボンディングの際にボンディングツール１６から斜め下方向に延出したワイヤテール８２がボンディングツール１６の降下によってスムースに押圧面１６ａに向かって折れ曲がれるような角度であればよく、例えば、５°～５０°程度でもよいし、１０°～４５°程度でもよいし、３０°～４５°程度でもよい。例えば、角度αを３０°にする場合には、ボンディングツール１６のＺ方向移動距離H_{11}とＸＹ方向移動距離L_{11}との比率が１：$\sqrt{3}$となるようにボンディングツール１６を斜め上方に上昇させればよいし、４５°とする場合には、ボンディングツール１６のＺ方向移動距離H_{11}とＸＹ方向移

動距離L_{11}との比率が１：１となるようにボンディングツール１６を斜め上方に上昇させればよい。この角度αとボンディングツール１６のＺ方向移動距離H_{11}とＸＹ方向移動距離L_{11}との比率は、ボンディングするワイヤ８１の直径、材質等によって自由に選択することができる。

【００５３】

そして、ワイヤテール８２の斜め上方向への延出長さD_{11}が所定の斜め方向移動距離D_sとなったら、図４のステップＳ１１５に示すように、クランパ１７を閉とする指令を出力する。この指令によってクランパ開閉機構インターフェース４１からの信号がクランパ開閉機構２７に出力され、クランパ開閉機構２７によってクランパ１７が開となる。そして、図５Ｌに示すようにボンディングツール１６がそのまま斜め上方に移動を続けると、図９Ａ、図９Ｂに示すようにワイヤテール８２は、一番強度が低下している第１リード１７４と第２接合部１８５との境界面で切断され、ワイヤテール８２は第１リード１７４から切り離される（テールカット工程）。ワイヤテール８２が切断されても、ワイヤテール８２はボンディングツール１６が斜め上方に向かって移動する際にボンディングツール１６の押圧面１６ａと貫通孔１６ｂとの角部１６ｃによってしごかれ、図８Ａに示すワイヤテール８２の折れ曲がり部が塑性変形しているので、ボンディングツール１６の押圧面１６ａから斜め下方向への折れ曲がり角度αが保持される。また、ボンディングツール１６から延出したワイヤテール８２は、ＸＹ面内では、第２ボンディング方向である第２の直線９３と平行な第１のワイヤテール引き出し線９２の方向となっている。

【００５４】

制御部３０は、ワイヤテール８２を切断したら、図４のステップＳ１１６に示すように整数ｎを１だけインクリメントして、図４のステップＳ１０５に戻る。この際、整数ｎは１だけインクリメントされて２となっているので、図５Ｍに示すように制御部３０はボンディングツール１６の中心を第２パッド２７３の直上に移動させる。ボンディングツール１６が第２パッド２７３の直上に来ると、図６（ｂ）に示すように、ボンディングツール１６の先端から延出したワイヤテール８２は、第２ボンディングの方向である第２パッド２７３と第２リード２７４とを結ぶ直線である第２の直線９３に向かう方向で第２リード２７４と反対方向に向いている。

【００５５】

制御部３０は、図４のステップＳ１０６に示すように第２パッド２７３にボンディングする指令を出力する。先に説明したと同様に、この指令によって、移動機構インターフェース４４からの信号がボンディングヘッド１９に出力され、ボンディングヘッド１９の中に取り付けられているＺ方向モータが駆動され、ボンディングアーム１３が回転してボンディングツール１６の先端を第２パッド２７３の上に降下させる。そして、ボンディングツール１６の先端から延出しているワイヤテール８２の側面をボンディングツール１６の先端の押圧面１６ａによって第２パッド２７３の上に押し付けると共に、超音波振動子インターフェース４３からの信号によって超音波振動子１５を駆動してボンディングツール１６を振動させ、ワイヤテール８２の側面を第２パッド２７３の上にウェッジボンディングにより接合する。図６（ｂ）に示すように、接合された部分は、薄い楕円形状または円形状の第１接合部２８３となる。ワイヤテール８２の長さはボンディングツール１６の円環状の押圧面１６ａの幅よりも少しだけ長くなっているので、押圧面１６ａより突出した突出部８２ａは押圧面１６ａによって押しつぶされず、第１接合部２８３の第２リード２７４と反対方向に薄板状にならなかった端部２８３ａとして残る。このように、押圧面１６ａ全体で第２パッド２７３の上にワイヤテール８２の側面を押しつけてウェッジボンディングにより接合するので、接合不良を抑制し良好なウェッジボンディングによる接合とすることができる。

【００５６】

制御部３０は、第２パッド２７３にワイヤテール８２をボンディングすると、図４に示すステップＳ１０６～Ｓ１０９に示すように、ボンディングツール１６を上昇させて、第２リード２７４に向かってルーピングし、第２リード２７４にワイヤ８１の側面を押しつ

けて第２接合部２８５とし、第２パッド２７３と第２リード２７４との間を第２の接続ワイヤ２８４で接続する。そして、制御部３０は、図４のステップＳ１１０に示すように次の第３ボンディングがあるかどうかを判断し、第３ボンディングがある場合には、図４のステップＳ１１２～Ｓ１１５に示すように、第３ボンディングの方向を計算する。図６（ｂ）に示すように、第３ボンディングの方向と平行な第２のワイヤテール引き出し線９４の方向は第２ボンディングの方向である第２の直線９３と角度差θ_2をなし、角度差θ_2は所定の角度差よりも小さいので、制御部３０は、第３ボンディングの方向に平行な方向である図６（ｂ）に示す第２のワイヤテール引き出し線９４の方向に沿ってボンディングツール１６を斜め上方に向かって上昇させる。そして、制御部３０は、図４のステップＳ１１４～Ｓ１１５に示すように、所定の長さだけワイヤテール８２を延出させた後、クランパ１７を閉としてワイヤテール８２を切断する。そして、図４のステップＳ１１６に示すように、再度ｎを１だけインクリメントして図４のステップＳ１０５に戻ってボンディングを続けていく。

【００５７】

整数ｎが５となると、図３に示す第５パッド５７３、第５リード５７４、第６パッド６７３、第６リード６７４は、それぞれ各請求項に記載の先の第１ボンド点、先の第２ボンド点、次の第１ボンド点、次の第２ボンド点となる。そして、整数ｎが５となると、図４のステップＳ１０５に示すように、制御部３０は図３に示す左上の第５パッド５７３の上に移動する指令を出力し、この指令により、ワイヤボンディング装置１０は先に説明したと同様ＸＹテーブル２０を駆動してボンディングツール１６の中心を第５パッド５７３の直上になるように移動し、図４のステップＳ１０６に示すように、第５パッド５７３の上にボンディングを行う指令を出力する。この指令により先に説明したように、ワイヤボンディング装置１０はボンディングヘッド１９の中のＺ方向モータを駆動してボンディングツール１６の先端を第５パッド５７３の上に降下させてワイヤテール８２の側面を第５パッド５７３の上にウェッジボンディングにより接合する。第５パッド５７３へのワイヤテール８２の接合が終わったら、制御部３０は、図４のステップＳ１０８に示すように、第５リード５７４に向かってボンディングツール１６をルーピングさせる指令を出力する。この指令によってワイヤボンディング装置１０は先に説明したように、ＸＹテーブル２０とボンディングヘッド１９の中のＺ方向モータを駆動して第５パッドから第５リード５７４に向かってボンディングツール１６をルーピングする。第５パッド５７３と第５リード５７４とを結ぶルーピングの方向は、第５ボンディングの方向で、図１０（ｂ）に示す第５の直線９５の方向である。

【００５８】

整数ｎが５であり、（ｎ＋１）は６となることから、制御部３０は図４のステップＳ１１０に示すように次の第６ボンディングの有無を判断する。本実施形態では、図３に示すように、第６ボンディングは半導体チップ７２の左下側の第６パッド６７３と基板７１の左下の第６リード６７４とを接続するボンディングであることから、制御部３０は、図４のステップＳ１１１に示す、第（ｎ＋１）ボンディングがあると判断し、図４に示すステップＳ１１１に進み、制御部３０は次に接続する第６パッド６７３と第６リード６７４を結ぶ第６ボンディングのボンディング方向を計算する。制御部３０は制御データ３８から図３に示す第６パッド６７３のＸＹ方向の位置と、第６リード６７４のＸＹ方向の位置を読み出し、図１０（ｂ）に示すように第６パッド６７３と第６リード６７４を結ぶ第６ボンディングの方向を第６の直線９６の方向として計算する。

【００５９】

そして、図４のステップＳ１１２に示すように、制御部３０は、図１０（ｂ）に示す第６の直線９６と第５の直線９５との角度差θ_5を計算し、この角度差θ_5と所定の角度とを比較する。角度差θ_5は、先に説明した第１のボンディングのボンディング方向と第２のボンディングのボンディング方向との角度差θ_1と異なり、９０°以上で、所定の角度よりも大きく、ＸＹ面内でのワイヤテール８２の折り曲げ方向が大きくなりすぎる。このため、制御部３０は、角度差θ_5は、所定値以上と判断し、図４に示すステップＳ１１８

に示すように、ボンディングツール１６を略垂直に上昇させる指令を出力する。

【００６０】

この指令によって、移動機構インターフェース４４からの信号がボンディングヘッド１９に出力され、ボンディングヘッド１９の中に取り付けられているＺ方向モータが駆動され、ボンディングアーム１３が回転してボンディングツール１６の先端を第５リード５７４の上方に向かって上昇させる。先の説明では、第１リード１７４へのボンディングの後には斜め上方にボンディングツール１６を上昇させることとして説明したが、第５リード５７４のボンディングの後は、図１１Ａに示すように、略垂直にボンディングツール１６を上昇させる。これは、ボンディングツール１６の先端から直線状にワイヤテール８２を延出させるためである。そして、所定の高さまでボンディングツール１６を上昇させたら、制御部３０は図４のステップＳ１１９に示すようにクランパ１７を閉とする指令を出力する。先に説明したと同様、この指令によってクランパ１７が閉となり、図１１Ｂに示すように、ワイヤテール８２はボンディングツール１６から略直線状に延出した状態で切断される。そして、図４のステップＳ１２０に示すように、整数ｎを１だけインクリメントして図４のステップＳ１０２に戻る。

【００６１】

制御部３０は、図４のステップＳ１０２に戻り折り曲げステーション７８に移動する指令を出力する。この指令によって先に説明したと同様、図１１Ｃに示すように、ＸＹテーブル２０が駆動されボンディングツール１６の中心を図３に示すウィンドクランパ７５の左下にある孔７６の直上に移動させる。そして、ボンディングツール１６が孔７６の直上に来たら、制御部３０はボンディングツール１６の先端の押圧面１６ａがウィンドクランパ７５の上面７５ａから高さH_1だけ高い位置まで降下させる指令を出力する。この指令によって、先に説明したようにボンディングツール１６の先端の押圧面１６ａがウィンドクランパ７５の上面７５ａから高さH_1だけ高い位置まで降下する。この高さH_1はワイヤ８１の直径よりも僅かに高い高さとなっている。ボンディングツール１６の押圧面１６ａが高さH_1まで降下すると、図１１Ｄに示すように、ボンディングツール１６の先端から直線状に延出しているワイヤテール８２の先端はウィンドクランパ７５の孔７６の中に入っている。

【００６２】

整数ｎは５から１だけインクリメントされて６となっているので、制御部３０は、図４のステップＳ１０３に示すように、第６ボンディングのボンディング方向を計算する。制御部３０は、制御データ３８から図３に示す第６パッド６７３のＸＹ方向の位置と、第６リード６７４のＸＹ方向の位置を読み出し、図１０（ｂ）に示すように第６パッド６７３と第６リード６７４を結ぶ第６ボンディングの方向を第６の直線９６の方向として計算する。

【００６３】

図４のステップＳ１０４に示すように制御部３０は、ワイヤテール折り曲げ動作を行う指令を出力する。この指令によって、移動機構インターフェース４４からの信号がＸＹテーブル２０に出力され、図１１Ｅ、図１０（ａ）に示すように、ＸＹテーブル２０はボンディングツール１６の中心を第６の直線９６の方向に沿って第６リード６７４の側に水平に移動させる。すると、先に図７Ａを参照して説明したように、孔７６の中に入っていたワイヤテール８２は孔７６の内面７６ａとウィンドクランパ７５の上面７５ａとの角部に引っ掛かり、ワイヤテール８２は貫通孔１６ｂに挿通されているワイヤ８１に対して略直角方向に折り曲げられる。そして、図１０（ａ）に示すように、折り曲げられたワイヤテール８２は直線９６の方向に沿って第６パッド６７３の側に向いている。

【００６４】

ワイヤテール８２の折り曲げが終わったら、整数ｎは６に設定されているので、制御部３０は、図４のステップＳ１０５に示すように、第６パッド６７３の上に移動する指令を出力する。この指令によって移動機構インターフェース４４からの信号がＸＹテーブル２０に出力され、図１１Ｆに示すように、ＸＹテーブル２０はボンディングツール１６の中

心が第６パッド６７３の直上に来るようボンディングヘッド１９を移動させる。
【００６５】
ボンディングツール１６の中心が第６パッド６７３の直上に移動したら、制御部３０は、図４のステップＳ１０６に示すように、第６パッド６７３の上にボンディングを行う指令を出力する。この指令によって、先に説明したと同様、ボンディングツール１６の先端を第６パッド６７３の上に降下させ、図１１Ｇに示すように、ボンディングツール１６の先端から延出し、図１０（ｂ）に示す第６の直線９６の方向に沿って折り曲げられているワイヤテール８２の側面をボンディングツール１６の先端の押圧面１６ａによって第６パッド６７３の上に押し付けると共に、超音波振動子インターフェース４３からの信号によって超音波振動子１５を駆動してボンディングツール１６を振動させ、ワイヤテール８２を第６パッド６７３の上にウェッジボンディングにより接合する。この接合によって第６パッド６７３の上面には第１接合部６８３が形成される。第１接合部６８３はワイヤテール８２の側面を平面状の押圧面１６ａで押しつぶしたもので、薄い楕円板状または円板状となっている。ワイヤテール８２の長さは円環状の押圧面１６ａの幅よりも少し長くなっているので、楕円状または円形状の第１の接合部６８３の長さは押圧面１６ａの幅よりも若干長くなり、良好なウェッジボンディングによる接合となる。そして、図１０（ｂ）に示すように、第１接合部６８３の第６リード６７４と反対側には薄板状にならなかった端部６８３ａが残る。
【００６６】
第６パッド６７３へのワイヤテール８２の接合が終了したら、制御部３０は、図４のステップＳ１０７に示すようにボンディングツール１６を上昇させる指令を出力する。この指令によって、先に説明したと同様、ボンディングヘッド１９とＸＹテーブル２０とが駆動し、ボンディングツール１６の中心は図１０（ｂ）に示す第６の直線９６に沿った方向に移動する。また、この指令によってクランパ１７が開となる。これによって、図１１Ｈに示すように、ボンディングツール１６は図１０（ｂ）に示す第６の直線９６の方向に沿って斜め上方向に向かって上昇する。
【００６７】
制御部３０は所定の高さまでボンディングツール１６を上昇させたら図４のステップＳ１０８に示すようにボンディングツール１６を第６リード６７４に向ってループピングする指令を出力する。この指令によって、先に説明したと同様、図１１Ｊに示すようにクランパ１７が開となるとともにボンディングヘッド１９が駆動し、ボンディングツール１６を所定の距離だけ上方向に上昇させた後、図１１Ｋに示すようにループ形状に沿ってボンディングツール１６の先端が移動する。この動作によってボンディングツール１６の中心は、第６パッド６７３から第６リード６７４に向かって図１０（ｂ）に示す第６の直線９６に沿って移動していく。
【００６８】
そして、ボンディングツール１６の中心が第６リード６７４の直上まで移動したら、制御部３０は図４のステップＳ１０９に示すように、第６リード６７４にボンディングを行う指令を出力する。この指令によって、図１１Ｌに示すようにワイヤ８１の側面が第６リード６７４の上にウェッジボンディングにより接合される。この接合によって第６リード６７４の上面には第２接合部６８５が形成される。第２接合部６８５はループピングされたワイヤ８１の側面を平面状の押圧面１６ａで押しつぶしたもので、第１接合部６８３と同様、薄い楕円板状または円板状となっている。このように、第６リード６７４にワイヤ８１をウェッジボンディングにより接合すると、図１１Ｌに示すように、第６パッド６７３と第６リード６７４との間は山形のループ状で、図１０（ｂ）に示すようにＸＹ平面上では直線状の第６接続ワイヤ６８４で接続される。
【００６９】
制御部３０は、第６リード６７４へのボンディングが終了すると、図４のステップＳ１１０に示すように次の第７ボンディングがあるかどうかを判断する。本実施形態では、図３、図１０（ｂ）に示すように第７パッド７７３と第７リード７７４とを接続する第７ボ

ンディングがあるので、制御部３０は、図４のステップＳ１１２～Ｓ１１５に示すように、第７ボンディングの方向を計算する。図１０（ｂ）に示すように、第６ボンディングの方向の第６の直線９６と第７ボンディングの方向である第７の直線９８とは角度差θ_6をなし、角度差θ_6は所定の角度差よりも小さいので、制御部３０は、図１０（ｂ）に示す第７の直線と平行な第６のワイヤテール引き出し線９７の方向に沿ってボンディングツール１６を斜め上方に向かって上昇させる。そして、制御部３０は、図４のステップＳ１１４～Ｓ１１５に示すように、所定の長さだけワイヤテール８２を延出させた後、クランパ１７を閉としてワイヤテール８２を切断する。そして、図４のステップＳ１１６に示すように再度ｎを１だけインクリメントして図４のステップＳ１０５に戻ってボンディングを続けていく。

【００７０】

そして、図４のステップＳ１１０で、制御部３０がすべてのパッド７３とリード７４とのボンディングが終了し、次のボンディングがないと判断した場合、制御部３０は、図４のステップＳ１１７に示すように、クランパ１７を閉としてボンディングツール１６を上昇させてワイヤテール８２をカットし、ボンディングツール１６の中心を初期位置に戻し、ワイヤボンディング装置１０を停止するボンディング装置停止動作を行う。

【００７１】

以上説明したように、本実施形態では、ボンディングステージ或いはボンディングツールを回転させることなく、ワイヤ８１或いはワイヤテール８２の側面をパッド７３或いはリード７４に押しつけてウェッジボンディングにより接合することによって各パッド７３と各リード７４との間を接続ワイヤ８４によって接続することができることから、従来のウェッジツールを用いたボンディング装置よりも高速ウェッジボンディングを行うことができる。また、ボンディングステージやボンディングツールを回転させることが必要なくなるので簡便な装置とすることができる。また、本実施形態では、ボンディングツールの先端を平面状の押圧面１６ａと押圧面１６ａに対して垂直に設けられたストレートな貫通孔１６ｂの構成とし、貫通孔１６ｂと押圧面１６ａとの角部を半径の非常に小さな曲面としたことにより、リード７４へのボンディングの後にボンディングツール１６を斜めに上昇させる際に、該角部でワイヤテール８２に横方向への折り曲げ癖をつけることができる。このため、従来技術のようにボンディングツール１６から延出しワイヤテール８２を横方向に曲げるために一端上昇させたボンディングツール１６の先端をワイヤテール８２に触れるまで降下させることが必要なく、ボンディングツール１６の動作工程を単純化することができる。これによって、より高速でウェッジボンディングを行うことができる。更に、本実施形態では、先のボンディングの方向と次のボンディングの方向との角度差が大きく、リード７４にボンディング後のボンディングツール１６の移動ではワイヤテール８２を適切な方向に曲げることができない場合には、別途設けた折り曲げステーション７８でワイヤテール８２を次のボンディングに合わせた方向に折り曲げることができることから、ボンディング方向の変化が大きい場合でも連続してウェッジボンディングを行うことができ、ウェッジボンディングの高速化を図ることができる。

【００７２】

以上説明した実施形態では、ボンディングツール１６は貫通孔１６ｂのあいた円筒形で、押圧面１６ａは円環形状として説明したが、ボンディングツール１６は円筒形に限らず、例えば四角形等の多角形の断面であってもよいし、楕円形の断面であってもよい。また、貫通孔１６ｂはストレート孔として説明したが、押圧面１６ａ近傍部分がストレート形状であれば、それより上方は例えばテーパ孔或いは段差がある孔となっていてもよい。

【００７３】

また、本実施形態では貫通孔１６ｂと押圧面１６ａとの角部を半径の非常に小さな曲面とすることとして説明したが、この角部はリード７４へのボンディング後の斜め上昇の際にワイヤテール８２が横方向に折れ曲がる癖をつけることができるものであればよく、例えば、図１２に示すように、小さな面取り１６ｅを設けるように構成してもよい。さらに、押圧面１６ａはボンディングの際にはパッド７３或いはリード７４の表面と平行でワイ

ヤ８１或いはワイヤテール８２を薄板状にボンディングすることができるものであればよく、緩い曲面であってもよいし、図１２に示すようにボンディングの際にパッド７３或いはリード７４の面に対してわずかな角度βを持つような平面としてもよい。

【００７４】

また、本実施形態では、ワイヤテール折り曲げ動作においてボンディングツール１６の押圧面１６ａとウィンドクランパ７５の上面７５ａとの高さをワイヤ８１の直径よりも僅かに高い高さH_1とすることとして説明したが、高さH_1は、ボンディングツール１６の先端から直線状に延出しているワイヤテール８２を横方向に折り曲げられる程度の高さであればよく、例えば、先端の延出しているワイヤテール８２の長さの半分程度の高さとして押圧面１６ａとの角度が３０°程度となるように折り曲げられる様にしてもよい。

【００７５】

更に、本実施形態では、ワイヤテール延出工程、テールカット工程において、リード７４からボンディングツール１６を直線状に斜め上方に向かって移動させることとして説明したが、図１３Ａに示すように直線状ではなく、曲線状に斜め上方に向かったボンディングツール上昇軌跡５０に沿って移動させてもよいし、図１３Ｂに示すようにボンディングツールの垂直上昇と水平移動とを繰り返して行い、階段状に斜め上方に向かったボンディングツール上昇軌跡５１に沿って移動させるようにしてもよい。曲線状に斜め上方に向かってボンディングツール１６を移動させる場合、例えば最初は垂直に上昇した後、次第に角度αが小さくなるように円弧状に移動してもよい。また、階段状にボンディングツール１６を移動させる場合には、一段毎のボンディングツール１６の垂直上昇量と水平方向の移動量が一定となるようにして一段毎のボンディングツール１６の押圧面１６ａとワイヤテール８２と間の角度αは一定に保たれていてもよいし、垂直上昇量と水平方向の移動量が変化するようにしてもよい。また、一段毎のボンディングツール１６の垂直上昇量と水平方向の移動量の比率一定となるようにしてもよいし、垂直上昇量と水平方向の移動量の比率が変化するようにしてもよい。

【００７６】

以下、図１４Ａ、図１４Ｂを参照しながら本発明の他の実施形態について説明する。図１から図１１Ｌを参照して説明した実施形態と同様の部分については同様の符号を付して説明を省略する。

【００７７】

先に説明した各実施形態では、ワイヤテール延出工程によってリード７４からボンディングツール１６を直線状に斜め上方に向かって移動させ、ボンディングツール１６から斜め下方に向ってワイヤテール８２を所定の長さだけ延出させ、テールカット工程によってワイヤテール８２を切断した後、次のボンディングを行うこととして説明したが、ボンディングツール１６の押圧面１６ａに対するワイヤテール８２の曲がり角度αが大きい場合、例えば、角度αが４５°以上の場合には、次のパッド７３にボンディングを行う際にワイヤテール８２の側面ではなく切断面が次のパッド７３の表面に当たってしまうのでワイヤテール８２の側面を次のパッド７３に押し付けられず、良好なウェッジボンディングを行うことができない場合がある。

【００７８】

そこで、本実施形態は、図１４Ａに示すように、ワイヤテール延出工程、テールカット工程を終了した後、ボンディングツール１６の先端をリード７４の表面に軽く押し付けてボンディングツール１６の先端から角度αで斜め下方向に延びているワイヤテール８２をボンディングツール１６の押圧面１６ａの沿った方向とするものである。なお、本実施形態では、ＸＹ面内（水平面内）でのボンディングツール１６の先端の移動方向は、先に図１から図１１Ｌを参照して説明した実施形態と同様である。

【００７９】

図１４Ａに示すように、ボンディングツール１６をリード７４の上の点ｐに押し付けてボンディングを行った後、ボンディングツール１６の先端を図１４Ａに示す移動軌跡５２に沿って点ｑまで斜め上方に向って上昇させてボンディングツール１６から斜め下方に角

度αでワイヤテール８２を所定の長さだけ延出させた状態でワイヤテール８２を切断する。その後、図１４の移動軌跡５３に示すようにボンディングツール１６の先端を点ｑから点ｒに向って降下させる。そして、ボンディングツール１６の先端をリード７４の上に軽く押し付けてワイヤテール８２の曲がり角度αを略ゼロにし、ワイヤテール８２がボンディングツール１６の押圧面１６ａに沿った方向となるようにする。その後、ボンディングツール１６の先端を点ｒから点ｑまで移動軌跡５４に示すように上昇させ、その後移動軌跡５５に示すように、次のパッド７３に移動する。

【００８０】

本実施形態では、ボンディングツール１６の押圧面１６ａに沿った方向にワイヤテール８２が折れ曲がった状態で次のパッド７３の上に移動し、次のパッド７３にボンディング行うことができるので、次のパッド７３へのボンディングを行う際にワイヤテール８２の側面を確実にパッド７３の上に押し付けることができ、良好なウェッジボンディングを行うことができる。

【００８１】

また、テールカット工程を終了した際のワイヤテール８２のボンディングツール１６の押圧面１６ａに対する折れ曲がり角度αが更に大きい場合、例えば、角度αが８０°以上の場合には、図１４Ｂに示すように、移動軌跡５６に示すように点ｑから点ｓに向って斜め下方向に向ってボンディングツール１６の先端をリード７４の上まで移動させてボンディングツール１６の先端を軽くリード７４の上に押し付けた後、移動軌跡５７に示すように点ｓから点ｔまでボンディングツール１６の先端を上昇させ、移動軌跡５８に示すように次のパッド７３に移動するようにしてもよい。このように斜め下方向に向ってボンディングツール１６の先端を移動させることによって、ワイヤテール８２をより確実にボンディングツール１６の押圧面１６ａに沿った方向に折り曲げてから次のパッド７３の上に移動することができるので、次のパッド７３へのボンディングを行う際にワイヤテール８２の側面をより確実にパッド７３の上に押し付けることができ、より良好なウェッジボンディングを行うことができる。なお、本実施形態でも、ＸＹ面内（水平面内）でのボンディングツール１６の先端の移動方向は、先に図１から図１１Ｌを参照して説明した実施形態と同様である。

【００８２】

以下、図１５Ａ、図１５Ｂを参照しながら本発明の他の実施形態について説明する。図１から図１１Ｌを参照して説明した実施形態と同様の部分については同様の符号を付して説明を省略する。

【００８３】

図１５Ａ、図１５Ｂに示す実施形態は、折り曲げステーション７８をウィンドクランパ７５の表面に突出した突起７９としたものである。図１５Ａに示すように、突起７９は、孔７６と同様の位置に配置されている。個数は、孔７６と同様ウィンドクランパ７５の開口７７の四隅の外側にそれぞれ１つずつ、合計４つとしてもよいし、１つでもよいし、もっと数が多くてもよい。突起７９の形状は、円筒形でもよいし、多角形でもよい。突起７９は、略垂直な側面７９ｂと、略水平な上面７９ａとを備えており、上面７９ａと側面７９ｂとは段部を形成している。

【００８４】

図１５Ａに示すように、制御部３０は、ＸＹテーブルを駆動してボンディングツール１６の先端から直線状に延出したワイヤテール８２が突起７９の側面７９ｂの近傍の位置にボンディングツール１６を移動する。そして、制御部３０は、ボンディングヘッド１９の中のＺ方向モータを駆動して、ボンディングツール１６の先端の押圧面１６ａと突起７９の上面７９ａとの隙間が高さH_1となる様な高さにボンディングツール１６の高さを調節する。高さH_1は、ワイヤ８１の直径よりも僅かに高い高さである。

【００８５】

そして、制御部３０は、図１５Ｂに示す様に、ボンディングツール１６を水平に移動させ、ボンディングツール１６の先端から延出しているワイヤテール８２を折り曲げる。ワ

イヤテール８２の折り曲げ方向等は先に図１から図１１Ｌを参照して説明した実施形態と同様である。

【００８６】

本実施形態は先に説明した実施形態と同様の効果を奏する上、ワイヤテール８２を折り曲げるために一端孔７６の中にワイヤテール８２が入るようにボンディングツール１６を降下させる必要がないことから、より高速にボンディングを行うことができるという効果を奏する。

【００８７】

以下、図１６Ａ～図１６Ｃを参照しながら本発明の他の実施形態について説明する。図１から図１１Ｌを参照して説明した実施形態と同様の部分については同様の符号を付して説明を省略する。

【００８８】

図１６Ａに示すように、本実施形態は、折り曲げステーション７８をウィンドクランパ７５の周囲に設けられた段部としたものである。図１６Ａに示すように、ウィンドクランパ７５はその周囲に上面７５ａよりも低くなった周辺部７５ｃを備えている。この周辺部７５ｃと上面７５ａとの間は略垂直な周面７５ｂによって接続されている。従って、上面７５ａと周面７５ｂとの段部を形成する。周辺部７５ｃはウィンドクランパ７５の全周に設けられていてもよいし、一部に設けられていてもよい。また、周面７５ｂは、例えば四隅に設けられた中心角が９０°の円筒面であってもよいし、四隅に設けられた中心角が４５°の面取り等であってもよい。

【００８９】

図１６Ａに示すように、制御部３０は、ＸＹテーブルを駆動してボンディングツール１６の先端から直線状に延出したワイヤテール８２が周面７５ｂの近傍の位置となるようにボンディングツール１６の位置を移動する。そして、制御部３０は、図１６Ｂに示すように、ボンディングヘッド１９の中のＺ方向モータを駆動して、ボンディングツール１６の先端の押圧面１６ａとウィンドクランパ７５の上面７５ａとの隙間が高さH_1となる様な高さにボンディングツール１６の高さを調節する。高さH_1は、ワイヤ８１の直径よりも僅かに高い高さである。

【００９０】

そして、制御部３０は、図１６Ｃに示すように、ボンディングツール１６を水平に移動させ、ボンディングツール１６の先端から延出しているワイヤテール８２を折り曲げる。ワイヤテール８２の折り曲げ方向等は先に図１から図１１Ｌを参照して説明した実施形態と同様である。

【００９１】

本実施形態は先に図１５Ａ、図１５Ｂを参照して説明した実施形態と同様の効果を奏する。

【００９２】

次に図１７、図１８Ａから図１８Ｃ、図１９を参照して本発明の他の実施形態について説明する。図１から図１１Ｌを参照して説明した実施形態と同様の部分については同様の符号を付して説明を省略する。図１から図１１Ｌを参照して説明した実施形態では、ワイヤテール延出工程、テールカット工程の際にはボンディングツール１６を斜め上方に移動させることとして説明したが、本実施形態は、ボンディングツール１６を垂直に上昇させた後、ＸＹ面内で水平方向に移動させてワイヤテール８２を延出し、その後更にボンディングツール１６をＸＹ面内で水平方向に移動させてテールカットを行うものである。本実施形態において、図１７のステップＳ２０１からステップＳ２０５に示す始動から第１パッド１７３の上へのボンディングまで工程は、図４のステップＳ１０１からステップＳ１０５及び図５Ａから図５Ｅを参照して先に説明した実施形態と同様であり、図１７のステップＳ２０６からステップＳ２０７に示す第１リード１７４へのルーピング及び第１リード１７４へのボンディングの工程は、図４のステップＳ１０６からステップＳ１０９、図５Ｆから図５Ｊを参照して先に説明した実施形態と同様である。また、図１７のステップ

Ｓ２０８からステップＳ２１０に示す第２ボンディングの方向を計算する工程は、図４のステップＳ１１０からステップＳ１１２、図６（ａ）、図６（ｂ）を参照して先に説明した実施形態と同様である。

【００９３】

制御部３０は、角度差θ_1が所定の角度差よりも小さい場合には、図１７のステップＳ２１１に示すように、ボンディングツール１６を垂直に上昇させる指令を出力する。この指令によって、移動機構インターフェース４４からの信号がボンディングヘッド１９に出力され、ボンディングヘッド１９の中に取り付けられているＺ方向モータが駆動され、ボンディングアーム１３が回転し、図１８Ａに示すように、ボンディングツール１６を上方向に上昇させる。制御部３０は、図１７のステップＳ２１２に示すように、図１に示すボンディングツール高さ検出器２９から取得した図１９に示すＺ方向移動距離H_{11}と所定のＺ方向距離H_sとを比較し、ボンディングツール１６を所定のＺ方向距離H_sとなるまで垂直に上昇させる。そして、図１９の一点鎖線で示した状態から破線で示す状態まで上向きの太矢印のようにボンディングツール１６の高さが所定のＺ方向距離H_sだけ垂直に上昇したら、制御部３０は、ボンディングツール１６の上昇を停止し、図１７に示すステップＳ２１３に進む。

【００９４】

整数ｎが１にセットされているので、制御部３０は、図１７のステップＳ２１３に示すように、第２パッド２７３と第２リード２７４とを結ぶ第２ボンディングの方向である第２の直線９３の方向と平行な図６（ｂ）に示す第１のワイヤテール引き出し線９２の方向に向かってボンディングツール１６をＸＹ面内で水平に移動させる指令を出力する。この指令によって、図１に示す移動機構インターフェース４４からの信号がＸＹテーブル２０に出力され、ＸＹテーブル２０駆動される。この動作によってボンディングツール１６の先端は、第１リード１７４の面から図６（ｂ）に示す第１のワイヤテール引き出し線９２の方向に向かって図１８Ｂに示すようにＸＹ面内で水平に移動していく。ボンディングツール１６の先端がＸＹ面内で水平方向に移動すると、ボンディングツール１６の貫通孔１６ｂと押圧面１６ａとの角部１６ｃによって延出されたワイヤテール８２は横方向に押しつけられて折れ曲がった形状に形成されていく。

【００９５】

制御部３０は、図１に示すＸＹテーブル２０から取得したＸＹ方向移動距離L_{11}と所定のＸＹ方向距離L_sとを比較し、ボンディングツール１６を所定のＸＹ方向距離L_sとなるまで図６（ｂ）に示す第１のワイヤテール引き出し線９２の方向に向かって水平に移動させる。そして、図１９の破線で示した状態から実線で示す状態まで横向きの太矢印のようにボンディングツール１６が水平移動し、ボンディングツール１６のＸＹ方向移動距離L_{11}が所定のＸＹ方向距離L_sとなったら、制御部３０は、ボンディングツール１６の水平移動を停止する。

【００９６】

図１９に示すように、ボンディングツール１６の垂直上昇とＸＹ面内の水平移動とが終了すると、図１９に示すように、ボンディングツール１６の先端は第２接合部１８５の端部からＺ方向に距離H_s、ＸＹ方向に距離L_sだけ移動した位置となっている。ボンディングツール１６の先端からはワイヤテール８２が斜め下方向に向かって長さD_sだけ延出されている。ワイヤテール８２のボンディングツール１６の押圧面１６ａに対する角度は角度αとなっている（ワイヤテール延出工程）。

【００９７】

ここで、ワイヤテール８２の延出長さD_sとボンディングツール１６の押圧面１６ａに対する角度αは、ボンディングツール１６の先端の移動したＺ方向距離H_s、ＸＹ方向距離L_sの大きさによって決まってくる。即ち、ワイヤテール８２の延出長さ$D_s = \sqrt{(H_s^2 + L_s^2)}$であり、角度$\alpha = \tan^{-1}(H_s / L_s)$である。先に説明した実施形態と同様、ワイヤテール８２の延出長さD_sは、次のボンディングの際にボンディングツール１６の円環状の押圧面１６ａ全面でワイヤテール８２をパッド７３に押しつけて薄い

板状に変形してウェッジボンディングにより接合させることができるようにボンディングツール１６の円環状の押圧面１６ａの幅あるいは押圧面１６ａの外半径r_{11}よりも突出部８２ａの長さD_{82}だけ長くすることが必要である。

【００９８】

また、ワイヤテール８２のボンディングツール１６の押圧面１６ａに対する曲がり角度αは、次のボンディングの際にボンディングツール１６から斜め下方向に延出したワイヤテール８２がボンディングツール１６の降下によってスムースに押圧面１６ａに向かって折れ曲がれるような角度とすることが必要で、例えば、５°～５０°程度でもよいし、１０°～４５°程度でもよいし、３０°～４５°程度の角度となっていることが好ましい。この角度αは、ボンディングするワイヤ８１の直径、材質等によって自由に選択することができる。

【００９９】

このため、制御部３０は、ボンディングするワイヤ８１の直径、材質等によって自由に選択されたワイヤテール８２のボンディングツール１６の押圧面１６ａに対する曲がり角度αに応じて、ボンディングツール１６の先端の移動するＺ方向距離H_s、ＸＹ方向距離L_sをそれぞれ、$H_s = D_s \times \sin(\alpha)$、$L_s = D_s \times \cos(\alpha)$によって設定し、図１７に示すステップＳ２１１からステップＳ２１４の動作を行う。

【０１００】

制御部３０は、ボンディングツール１６の先端を第２接合部１８５の端部からＺ方向に距離H_s、ＸＹ方向に距離L_sだけ移動させ、ワイヤテール８２の延出長さが長さD_sとなったら、図１７のステップＳ２１５に示すように、クランパ１７を閉とする指令を出力する。この指令によってクランパ開閉機構インターフェース４１からの信号がクランパ開閉機構２７に出力され、クランパ開閉機構２７によってクランパ１７が閉となる。そして、図１８Ｃに示すようにボンディングツール１６がそのままＸＹ面内で水平に移動を続けると、ワイヤテール８２は、一番強度が低下している第１リード１７４と第２接合部１８５との境界面で切断され、ワイヤテール８２は第１リード１７４から切り離される（テールカット工程）。ワイヤテール８２が切断されても、図１９に示すワイヤテール８２の折れ曲がり部８２ｃは塑性変形しているで、ボンディングツール１６の押圧面１６ａから斜め下方向への折れ曲がり角度αが保持される。また、ボンディングツール１６から延出したワイヤテール８２は、図６（ｂ）に示すように、ＸＹ面内では、第２ボンディング方向である第２の直線９３と平行な、第１のワイヤテール引き出し線９２の方向となっている。

【０１０１】

制御部３０は、ワイヤテール８２を切断したら、図１７のステップＳ２１６に示すように整数ｎを１だけインクリメントして図１７のステップＳ２０５に戻り、先に説明した実施形態と同様に第２ボンディング以降のボンディング動作を続けていく。

【０１０２】

以上説明した実施形態は、図１から図１１Ｌを参照して説明した実施形態と同様の効果を奏する。また、本実施形態は、ボンディングツール１６をＺ方向に上昇させた後、ＸＹ面内で水平に移動させることとしているので、ボンディングツール１６の動作が単純化され、ワイヤボンディング装置１０のＺ方向、ＸＹ方向の移動機構１８の構成を簡便にすることができる。

【０１０３】

図２０から図２２を参照しながら本発明の他の実施形態について説明する。図１から図１１Ｌを参照して説明した実施形態は、半導体チップ７２のパッド７３からリードフレームである基板７１のリード７４に向かってボンディングを行う場合について説明したが、本実施形態は、逆に基板７１のリード７４から半導体チップ７２のパッド７３に向かってボンディングを行うもので、いわゆる逆ボンディングを行うものである。本実施形態では、最初に図３に示す半導体チップ７２の右上の第１リード１７４と第１パッド１７３とを第１接続ワイヤ１８４で接続する（第１ボンディング）、次に第１リード１７４の左隣にあ

る第２リード２７４と第１パッド１７３の左隣のある第２パッド２７３とを第２接続ワイヤ２８４で接続する（第２ボンディング）。以下同様に図３に示す矢印のように、各リード７４とパッド７３とを反時計周りに順次接続していく（第ｎボンディング、ｎは整数）。そして各リード７４とパッド７３とを反時計周りに一周回るとボンディングを終了する。

【０１０４】

先に図１から図１１Ｌを参照して説明した実施形態と同様に、制御部３０は、記憶部３２に格納されている制御プログラム３７、ワイヤテール延出プログラム３４、テールカットプログラム３５、ワイヤテール折り曲げプログラム３６、ボンディング方向計算プログラム３３と制御データ３８を読み出して、内部のメモリにストアする。先に説明した実施形態と同様、図２１Ａに示すように初期状態ではボンディングツール１６の先端の押圧面１６ａからワイヤテール８２が直線状に延出長さ$Ｄ_{s}$だけ延出し、クランパ１７は閉とされている。ワイヤテール８２の延出長さ$Ｄ_{s}$は、ボンディングツール１６の円環状の押圧面１６ａの幅、或いは押圧面１６ａの外半径$ｒ_{11}$よりも突出部８２ａの長さ$Ｄ_{82}$だけ長くなっている。そして、制御部３０は図２０のステップＳ３０１に示すように、整数ｎを１に初期設定する。整数ｎが１の場合、第１リード１７４、第１パッド１７３、第２リード１７４、第２パッド２７３は、それぞれ各請求項に記載の先の第１ボンド点、先の第２ボンド点、次の第１ボンド点、次の第２ボンド点となる。

【０１０５】

図２０のステップＳ３０２に示すように、制御部３０は、ボンディングツール１６を折り曲げステーション７８に移動させる。そして、図２１Ｂに示すように、ボンディングツール１６が孔７６の直上に来たら、制御部３０はボンディングツール１６の先端の押圧面１６ａがウィンドクランパ７５の上面７５ａから高さ$Ｈ_{1}$だけ高い位置まで降下させる。この高さ$Ｈ_{1}$はワイヤ８１の直径よりも僅かに高い高さとなっている。ボンディングツール１６の押圧面１６ａが高さ$Ｈ_{1}$まで降下すると、ボンディングツール１６の先端から直線状に延出しているワイヤテール８２の先端はウィンドクランパ７５の孔７６の中に入っている。

【０１０６】

整数ｎは１に設定されているので、図２０のステップＳ３０３に示すように、制御部３０は最初に接続する第１リード１７４と第１パッド１７３を結ぶ第１ボンディングのボンディング方向を計算する。制御部３０は制御データ３８から図３に示す第１リード１７４のＸＹ方向の位置と、第１パッド１７３のＸＹ方向の位置を読み出し、図２２（ｂ）に示すように第１リード１７４と第１パッド１７３を結ぶ第１ボンディングの方向を第１の直線９１の方向として計算する。

【０１０７】

図２０のステップＳ３０４に示すように制御部３０は、図２１Ｃ、図２２（ａ）に示すように、ボンディングツール１６の中心を第１の直線９１の方向に沿って第１リード１７４から第１パッド１７３の側に水平に移動させ、孔７６の中に入っていたワイヤテール８２を孔７６の内面７６ａとウィンドクランパ７５の上面７５ａとの角部に引っ掛けて横方向に折り曲げる。そして、図２２（ａ）に示すように、折り曲げられたワイヤテール８２の先端は直線９１の方向に沿って第１リード１７４の側に向いている。初期状態ではボンディングツール１６の先端の押圧面１６ａからワイヤテール８２が直線状に延出長さ$Ｄ_{s}$だけ延出しており、ワイヤテール８２の延出長さ$Ｄ_{s}$は、ボンディングツール１６の円環状の押圧面１６ａの幅、或いは押圧面１６ａの外半径$ｒ_{11}$よりも突出部８２ａの長さ$Ｄ_{82}$だけ長くなっている。このため、図２２（ａ）に示すように、押圧面１６ａに沿った方向に折り曲げられたワイヤテール８２の先端は、突出部８２ａの長さ$Ｄ_{82}$だけボンディングツール１６の押圧面１６ａから外側に突出している。

【０１０８】

ワイヤテール８２の折り曲げが終わったら、整数ｎは１に設定されているので、制御部３０は、図２０のステップＳ３０５、図２１Ｄに示すように、ボンディングツール１６の

中心を第１リード１７４の直上まで移動させ、ボンディングツール１６の先端を第１リード１７４の上に降下させて、図２１Ｅに示すようにボンディングツール１６の先端から延出し、図２２（ｂ）に示す第１の直線９１の方向に沿って折り曲げられているワイヤテール８２の側面をボンディングツール１６の先端の押圧面１６ａによって第１リード１７４の上に押し付けると共に、超音波振動子１５を駆動してボンディングツール１６を振動させ、ワイヤテール８２を第１リード１７４の上にウェッジボンディングにより接合する。この接合によって第１リード１７４の上面には第１接合部１８３が形成される。第１接合部１８３はワイヤテール８２の側面を平面状の押圧面１６ａで押しつぶしたもので、図２２（ｂ）、図２１Ｅに示すように、薄い楕円板状または円板状となっている。先に図８Ａを参照して説明した実施形態と同様、ワイヤテール８２の長さはボンディングツール１６の円環状の押圧面１６ａの幅、或いは、押圧面１６ａの外半径r_{11}よりも突出部８２ａの長さD_{82}だけ長くなっているので、楕円状または円形状の第１の接合部１８３の長さは押圧面１６ａの幅よりも若干長くなり、良好なウェッジボンディングによる接合となる。そして、図２１Ｅ、図２２（ｂ）に示すように、第１接合部１８３の第１パッド１７３と反対側には薄板状にならなかった突出部８２ａが端部１８３ａとして残る。

【０１０９】

第１リード１７４へのワイヤテール８２の接続が終了したら、制御部３０は、図２０のステップＳ３０６に示すようにボンディングツール１６の中心を図２２（ｂ）に示す第１の直線９１に沿った方向に移動させると共に、クランパ１７を開とする。これによって、図２１Ｆに示すように、ボンディングツール１６は図２２（ｂ）に示す第１の直線９１の方向に沿って斜め上方向に向かって上昇する。そして、制御部３０は図２１Ｇに示すように、ボンディングツール１６を垂直に上昇させた後、図２１Ｈに示すように、ボンディングツール１６を第１パッド１７３に向ってループピングさせる。

【０１１０】

そして、ボンディングツール１６の中心が第１パッド１７３の直上まで移動したら、制御部３０は図２０のステップＳ３０７、図２１Ｊに示すように、ボンディングツール１６の先端から延出しているワイヤ８１の側面をボンディングツール１６の先端の押圧面１６ａによって第１パッド１７３の上に押し付けると共に、超音波振動子１５を駆動してボンディングツール１６を振動させ、ワイヤ８１の側面を第１パッド１７３の上にウェッジボンディングにより接合する。この接合によって第１パッド１７３の上面には第２接合部１８５が形成される。第２接合部１８５はループピングされたワイヤ８１の側面を平面状の押圧面１６ａで押しつぶしたもので、第１接合部１８３と同様、薄い楕円板状または円板状となっている。このように、第１パッド１７３にワイヤ８１をウェッジボンディングにより接合すると、図２１Ｋに示すように、第１リード１７４と第１パッド１７３との間は山形のループ状で、図２２（ｂ）に示すようにＸＹ平面上では第１の直線９１に沿って延びる直線状の第１接続ワイヤ１８４で接続される。

【０１１１】

第１パッド１７３へのボンディングが終了すると、制御部３０は、図２０のステップＳ３０８に示すように、次にボンディングするパッド７３、リード７４があるかどうかを判断する。整数ｎは１に設定されており、（ｎ＋１）は２となり、本実施形態では、第２リード２７４と第２パッド２７３を接続する第２ボンディングがあるので、制御部３０は、図２０のステップＳ３０８に示す、第（ｎ＋１）ボンディングがあると判断し、図２０に示すステップＳ３０９に進み、次に接続する第２リード２７４と第２パッド２７３を結ぶ第２ボンディングのボンディング方向を計算する。制御部３０は制御データ３８から図３に示す第２リード２７４のＸＹ方向の位置と、第２パッド２７３のＸＹ方向の位置を読み出し、図２２（ｂ）に示すように第２リード２７４と第２パッド２７３を結ぶ第２ボンディングの方向を第２の直線９３の方向として計算する。

【０１１２】

そして、図２０のステップＳ３１０に示すように、制御部３０は、図２２（ｂ）に示す第２の直線９３と第１の直線９１との角度差θ_1を計算し、この角度差θ_1と所定の角度

とを比較する。ここで所定の角度は、次に説明するワイヤテール８２を延出させる場合にボンディングツール１６や延出させたワイヤテール８２が直前にボンディングした接続ワイヤ１８４に干渉しない程度の角度、例えば、９０°程度であってもよいし、延出させるワイヤテール８２と第１パッド１７３にボンディングした第２接合部１８５との間で破断が生じない程度の角度、例えば、３０°或いは４５°等にしてもよい。

【０１１３】

制御部３０は、角度差θ_1が所定の角度差よりも小さい場合には、図２０のステップＳ３１１に示すように、ボンディングツール１６を垂直に上昇させる指令を出力する。この指令によって、移動機構インターフェース４４からの信号がボンディングヘッド１９に出力され、ボンディングヘッド１９の中に取り付けられているＺ方向モータが駆動され、ボンディングアーム１３が回転し、図２１Ｋに示すように、ボンディングツール１６を上方向に上昇させる。制御部３０は、先に図１９を参照して説明した実施形態と同様、図２０のステップＳ３１２に示すように、図１に示すボンディングツール高さ検出器２９から取得したＺ方向移動距離H_{11}と所定のＺ方向距離H_sとを比較し、ボンディングツール１６を所定のＺ方向距離H_sとなるまで垂直に上昇させる。そして、ボンディングツール１６の高さが所定のＺ方向距離H_sだけ垂直に上昇したら、制御部３０は、ボンディングツール１６の上昇を停止し、図２０に示すステップＳ３１３に進む。

【０１１４】

整数ｎが１にセットされているので、制御部３０は、図２０のステップＳ３１３に示すように、第２リード２７４と第２パッド２７３とを結ぶ第２ボンディングの方向である第２の直線９３の方向と平行な図２２（ｂ）に示す第１のワイヤテール引き出し線９２の方向に向かってボンディングツール１６をＸＹ面内で水平に移動させる指令を出力する。この指令によって、図１に示す移動機構インターフェース４４からの信号がＸＹテーブル２０に出力され、ＸＹテーブル２０駆動される。この動作によってボンディングツール１６の先端は、第１パッド１７３の面から図２２（ｂ）に示す第１のワイヤテール引き出し線９２の方向に向かって図２１Ｌに示すようにＸＹ面内で水平に移動していく。ボンディングツール１６の先端がＸＹ面内で水平方向に移動すると、ボンディングツール１６の貫通孔１６ｂと押圧面１６ａとの角部１６ｃによって延出されたワイヤテール８２は横方向に押しつけられて折れ曲がった形状に形成されていく。

【０１１５】

制御部３０は、図１９を参照して説明した実施形態と同様、図１に示すＸＹテーブル２０から取得したＸＹ方向移動距離L_{11}と所定のＸＹ方向距離L_sとを比較し、ボンディングツール１６を所定のＸＹ方向距離L_sとなるまで図２２（ｂ）に示す第１のワイヤテール引き出し線９２の方向に向かって水平に移動させる。そして、ボンディングツール１６が水平移動し、ボンディングツール１６のＸＹ方向移動距離L_{11}が所定のＸＹ方向距離L_sとなったら、制御部３０は、ボンディングツール１６の水平移動を停止する。

【０１１６】

図１９を参照して説明した実施形態と同様、ボンディングツール１６の垂直上昇とＸＹ面内の水平移動とが終了すると、ボンディングツール１６の先端は第１パッド１７３の上の第２接合部１８５の端部からＺ方向に距離H_s、ＸＹ方向に距離L_sだけ移動した位置となっている。ボンディングツール１６の先端からはワイヤテール８２が斜め下方向に向かって長さD_sだけ延出されている。ワイヤテール８２のボンディングツール１６の押圧面１６ａに対する角度は角度αとなっている（ワイヤテール延出工程）。

【０１１７】

先に図１９を参照して説明した実施形態と同様、制御部３０は、ボンディングするワイヤ８１の直径、材質等によって自由に選択されたワイヤテール８２のボンディングツール１６の押圧面１６ａに対する曲がり角度αに応じて、ボンディングツール１６の先端の移動したＺ方向距離H_s、ＸＹ方向距離L_sをそれぞれ、$H_s = D_s \times \sin(\alpha)$、$L_s = D_s \times \cos(\alpha)$によって設定し、図２０に示すステップＳ３１１からステップＳ３１４の動作を行う。

【０１１８】
制御部３０は、ボンディングツール１６の先端を第２接合部１８５の端部からＺ方向に距離H_s、ＸＹ方向に距離L_sだけ移動させ、ワイヤテール８２の延出長さが長さD_sとなったら、図２０のステップＳ３１５に示すように、クランパ１７を閉とする。そして、図２１Ｍに示すようにボンディングツール１６がそのままＸＹ面内で水平に移動を続けると、ワイヤテール８２は、一番強度が低下している第１パッド１７３と第２接合部１８５との境界面で切断され、ワイヤテール８２は第１パッド１７３から切り離される（テールカット工程）。ワイヤテール８２が切断されると、第１パッド１７３の上には第２接合部１８５が残るが、第１リード１７４へのボンディングの際と異なり、薄板状にならなかった端部１８３ａは残らない。

【０１１９】
ワイヤテール８２が切断されても、図１９を参照して説明した実施形態と同様、ワイヤテール８２の折れ曲がり部８２ｃが塑性変形しているで、ボンディングツール１６の押圧面１６ａから斜め下方向への折れ曲がり角度αが保持される。また、ボンディングツール１６から延出したワイヤテール８２は、ＸＹ面内では、第２ボンディング方向である第２の直線９３と平行な、第１のワイヤテール引き出し線９２の方向となっている。

【０１２０】
制御部３０は、ワイヤテール８２を切断したら、図２０のステップＳ３１６に示すように整数ｎを１だけインクリメントし、図２０のステップＳ３０５に戻り、図２１Ｎに示すように、ボンディングツール１６の先端を第２リード２７４の上に移動させ、先に説明した実施形態と同様に第２ボンディング以降のボンディング動作を続けていく。また、図２０のステップＳ３１０において第ｎボンディングの方向と第（ｎ＋１）ボンディングの方向の角度差が所定の角度以上の場合には、図２０のステップＳ３１８に示すようにボンディングツール１６を上昇させ、図２０のステップＳ３１９に示すようにクランパ１７を閉としてワイヤテール８２を切断した後、図２０のステップＳ３２０に示すように整数ｎを１だけインクリメントして図２０のステップＳ３０２に戻り、折り曲げステーション７８に移動してワイヤテール８２の折り曲げを行う。そして、図２０のステップＳ３０８で、制御部３０がすべてのパッド７３とリード７４とのボンディングが終了し、次のボンディングがないと判断した場合、制御部３０は、図２０のステップＳ３１７に示すように、クランパ１７を閉としてボンディングツール１６を上昇させてワイヤテール８２をカットし、ボンディングツール１６の中心を初期位置に戻し、ワイヤボンディング装置１０を停止するボンディング装置停止動作を行う。

【０１２１】
以上説明した本実施形態は、先に図１７から図１９を参照して説明した実施形形態と同様の効果の他、基板７１のリード７４から半導体チップ７２のパッド７３に向かってボンディングを行っているので、パッド７３の上に第２接合部８５から突出する端部が残らず、パット７３が狭い間隔で配置されているファンピッチの場合でも、ボンディングによる接続ワイヤ同士が接触することを効果的に抑制することができるので、ボンディング品質を向上させることができる。

【０１２２】
図２３を参照して本発明の他の実施形態について説明する。先に説明した各実施形態は、図３に示すように、半導体チップ７２の上下の各辺に沿って各パッド７３が等ピッチで配置され、それに対応する各リード７４が半導体チップ７２の上下に各パッド７３よりも広いピッチで配置され、各パッド７３と各リード７４と接続する接続ワイヤ８４が半導体チップ７２の中心から上方向、下方向にそれぞれ斜めに延びて各パッド７３とリード７４とを接続する場合に本発明を適用する場合について説明したものであるが、本発明は、図２３に示すように、半導体チップ７２のパッド７３のピッチと基板７１のリード７４のピッチとが等しく、各接続ワイヤ８４は全て平行に延びて各パッド７３とリード７４とを接続する場合にも適用することができる。図２３のように各パッド７３と各リード７４とが配置されている場合は、第１ボンディングの方向と第２ボンディングの方向とが同一方向

であり、図６（ｂ）、図２２（ｂ）に示す角度差θ$_1$、角度差θ$_2$及び図１０（ｂ）に示す角度差θ$_6$、角度差θ$_7$がいずれもゼロであり、図１０（ｂ）に示す角度差θ$_5$が１８０°である場合に相当する。

【０１２３】

そして、角度差θ$_1$，θ$_2$，θ$_6$，θ$_7$がいずれもゼロであることから、制御部３０は図４に示すステップＳ１１２、図１７に示すステップＳ２１０、図２０に示すステップＳ３１０において各角度差θ$_1$，θ$_2$はいずれも所定値よりも小さいと判断し、図２３の上側の各パッド７３と各リード７４との次のボンディングに進み、図２３の上側の各パッド７３と各リード７４とを接続ワイヤ８４で接続した後、角度差θ$_5$が１８０°であることから制御部３０は図４に示すステップＳ１１２、図１７に示すステップＳ２１０、図２０に示すステップＳ３１０において角度差θ$_5$が所定値以上と判断して折り曲げステーションに移動してワイヤテール８２の折り曲げを行った後、図２３の下側の各パッド７３とリード７４とのボンディングを行っていく。

【０１２４】

以上説明したように、本発明は、各パッド７３とリード７４とがいろいろな態様で配置されている場合にも適用することができる。

【０１２５】

以下、図２４、図２５を参照しながら、本発明の他の実施形態について説明する。図２４は、一つのウィンドクランパ７５の開口の中の基板７１の表面に複数、本実施形態では３つの半導体チップ１０７２，２０７２，３０７２を配置し、第一の半導体チップ１０７２の複数のパッド１０７３と各パッド１０７３に対応する基板７１の各リード１０７４とをワイヤ１０８４で接続し、第二の半導体チップ２０７２の複数のパッド２０７３と各パッド２０７３に対応する基板７１の各リード２０７４との間をワイヤ２０８４で接続し、第三の半導体チップ３０７２の複数のパッド３０７３と各パッド３０７３に対応する基板７１の各リード３０７４との間をワイヤ３０８４で接続し、一つの基板７１の上に複数の半導体チップ１０７２，２０７２，３０７２を実装したものである。

【０１２６】

本実施形態の場合、最初に、第一の半導体チップ１０７２の各パッド１０７３と各リード１０７４とをワイヤ１０８４で接続する。この、ワイヤボンディングは、例えば、第一の半導体チップ１０７２の右下角のパッドとそのパッドに対応するリードとのボンディングを行い、次に先にボンディングしたパッドとリードの方向と同様の方向のパッドとリート、つまり右下角のパッドの左に隣接するパッドとそのパッドに対応するリードとのボンディングを行う。そして、図２４に示す矢印Ａのように、右回りに下側のパッドとリードとのボンディングを行う。下の段の一番左（左下角）のパッドとリードとをボンディングしたら、次に左上角のパッドとリードとのボンディングを行う。この場合、パッドからリードへの方向は１８０度反転するので、左下角のボンディングの終了後、図２１Ａから図２１Ｃで説明したようにウィンドクランパの穴７６にワイヤの先端を挿入し、キャピラリ１６を水平に移動させてキャピラリ１６から突出するワイヤテール８２の曲がり方向を反転させる。ワイヤテール８２の方向を反転させたら、第一の半導体チップ１０７２の左上角のパッドとリードとのボンディングを行う。そして、右側に向かってパッドとリードとを順次ボンディングしていく。そして、最後に第一の半導体チップの右上角のパッド１０７３とリード１０７４とのボンディングを行う。このボンディングの終わった際には、右上角のパッド１０７３からリード１０７４の方向に向かってキャピラリ１６の先端からワイヤテール８２が延出している。

【０１２７】

次に、第二の半導体チップ２０７２の各パッド２０７３と各リード２０７４とのボンディングを行う。この際、最初に、ワイヤテール８２の曲がっている方向にパッド２０７３とリード２０７４とが配置されている、例えば、第二半導体チップ２０７２の右上角のパッド２０７３とリード２０７４とをボンディングする。次に、パッドとリードの方向が右上角のパッド２０７３とリード２０７４と同様であるパッド２０７３の左隣（左上角）の

パッドとリードを接続する。そして、先に説明したと同様、キャピラリ１６から突出するワイヤテール８２の曲がり方向を反転させた後、左下角、右下角の順に図２４に矢印Ｂで示すように左回りにボンディングしていく。

【０１２８】

その次に、第三の半導体チップ３０７２の各パッド３０７３と各リード３０７４とのボンディングを行う。この際も、先に説明したと同様、第二の半導体チップ２０７２の最後にボンディングしたパッドとリードの方向と同様の方向にパッドとリードとが配置されている、例えば、第三半導体チップ３０７２の右下のパッド３０７３とリード３０７４とをボンディングする。そして、図２４に示す矢印Ｃのように、右回りに順次パッドとリードとをボンディングしていく。

【０１２９】

以上述べた実施形態では、先の半導体チップの最後のパッドとリードとのボンディングの次にワイヤテール８２の曲がり方向を反転させる動作を行うことなく次の半導体チップのパッドとリードとのボンディングを開始することができるので、キャピラリ１６から突出するワイヤテール８２の曲がり方向を反転させる動作の回数を少なくすることができ、効率的にボンディングを行うことができる。また、本実施形態では、各半導体チップ１０７２，２０７２，３０７２の各上側、下側のパッドとリードの方向はそれぞれ同様の方向として説明したが、図３を参照して説明した実施形態のように、ワイヤテール８２の曲がり方向の変更が必要とならない所定の角度差よりも小さい角度差もって配置されていても同様の効果を奏することができる。

【０１３０】

ボンディングの際に各半導体チップ１０７２，２０７２，３０７２の各パッド１０７３，２０７３，３０７３と対応する各リード１０７４，２０７４，３０７４のボンディングの際の順序は、上記の実施形態に限られず、先の半導体チップの最後のパッドとそのパッドに対応する基板のリードとをワイヤで接続した後、該パッドから該リードに向かう方向に沿ってパッドとそのパッドに対応するリードが配置されている次の半導体チップの該パッドと該リードからワイヤの接続を開始するようにすればよく、例えば、図２５に示すように、第一の半導体チップ１０７２では、右回り、第二の半導体チップでも右回り、第３の半導体チップと３０７２でも右回りに順次ボンディングしてもよい。

【０１３１】

先に述べた実施形態では、先の半導体チップの最後のパッドとリードとのボンディングの次にワイヤテール８２の曲がり方向を反転させる動作を行うことなく次の半導体チップのパッドとリードとのボンディングを開始するボンディング方法について説明したが、次に図２６、図２７を参照しながら、ワイヤテール８２の曲がり方向を反転させる動作の回数を低減することのできる他のボンディング方法について説明する。

【０１３２】

図２６において、点線で囲まれている各半導体チップ１０７２，２０７２，３０７２の上側の各パッド１０７３，２０７３，３０７３、各リード１０７４，２０７４，３０７４の組は、各リードとパッドの方向が略同様の方向となっている。また、下側の各パッド１０７３，２０７３，３０７３、各リード１０７４，２０７４，３０７４の組は、各リードとパッドの方向が上側の組と反対方向となっている。このため、各パッドとリードとの方向が同様となっている領域のパッドとリードとを連続してボンディングすることにより、ワイヤテール８２の曲がり方向を反転させる動作の回数を低減することができる。

【０１３３】

例えば、領域１１０１，２１０１，３１０１の順にパッドとリートとのボンディングを行った後、ウィンドクランパの穴７６にワイヤの先端を挿入し、キャピラリ１６を水平に移動させてキャピラリ１６から突出するワイヤテール８２の曲がり方向を反転させ、領域１１０２，２１０２，３１０２の順にパッドとリードとのボンディングを行うことでワイヤテール８２の曲がり方向の反転を一回まで低減することが可能となる。

【０１３４】

また、本実施形態では、各領域１１０１，２１０１，３１０１の各パッドと各リードとの方向、各領域１１０２，２１０２，３１０２の各パッドと各リードとの方向はそれぞれ全て同様の方向として説明したが、図３を参照して説明した実施形態のように、ワイヤテール８２の曲がり方の変更が必要とならない所定の角度差よりも小さい角度差となっていても同様の効果を奏することができる。

【０１３５】

また、図２７に示すように、半導体チップが積層され、各層パッドの間をワイヤで接続する場合、各パッドが同様の方向に並んでいる図２７に示す領域４１０１，５１０１，６１０１を連続して最初にボンディングし、ウィンドクランパの穴７６にワイヤの先端を挿入し、キャピラリ１６を水平に移動させてキャピラリ１６から突出するワイヤテール８２の曲がり方向を反転させ、領域４１０２，５１０２，６１０２を連続してボンディングするようにしてもよい。この場合も先に説明した実施形態と同様の効果を奏することができる。

【０１３６】

次に、図２８を参照して、ワイヤテール８２を切断する際の他の動作について説明する。ワイヤテール８２の切断については、先に、図５Ｌを参照して、キャピラリを斜め上方向に移動させてキャピラリ１６の先端から斜め下方向にワイヤテール８２が延出するように切断する動作として説明した。しかし、近年、多く用いられるようになってきているアルミ線を用いたボンディングでは、金線を用いた場合よりもワイヤテール８２の切断に大きな力が必要で、場合によってはワイヤテール８２の切断をしにくいことがある。このため、アルミ線を用いたボンディングにおいても確実にワイヤテール８２の切断をすることが求められている。

【０１３７】

図２８に示すように、本実施形態では、第２ボンド点Ｐにボンディングした後、クランパを開としてキャピラリ１６を図２８に示す移動線１０５１に示すように第２ボンド点からいったん所定高さまで垂直に上昇させた後、第１ボンド点の方向に向かって図２８に示す移動線１０５２のように水平方向に移動させ、その後、キャピラリ１６を次にボンディングを行う第１ボンド点と第２ボンド点の方向に沿って水平方向に移動させ、点Ｓにおいてクランパを閉とし、さらに水平移動させてワイヤテール８２が斜め下方向に延出するように切断する。この切断方法は、キャピラリ１６を水平に往復動作させることによって、第２ボンド点近傍のワイヤテール８２を加工硬化させるので、ワイヤテール８２を容易に切断することができるという効果を奏する。

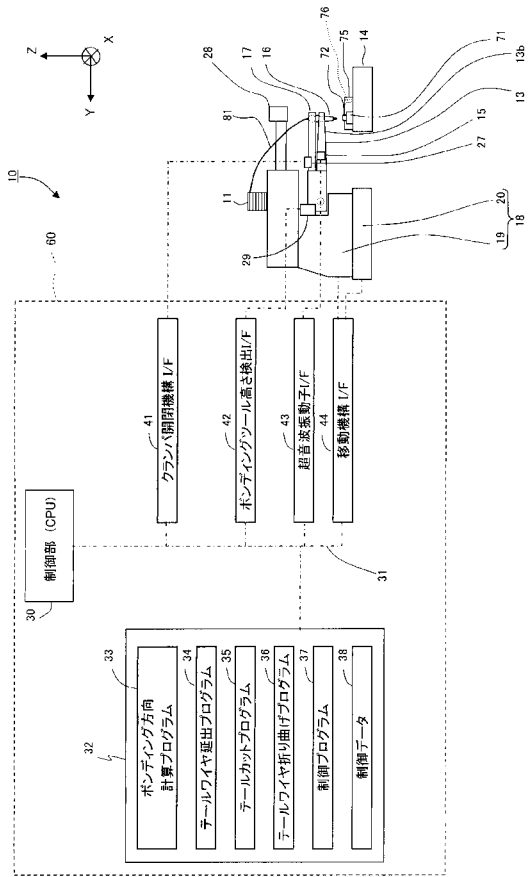
【符号の説明】

【０１３８】

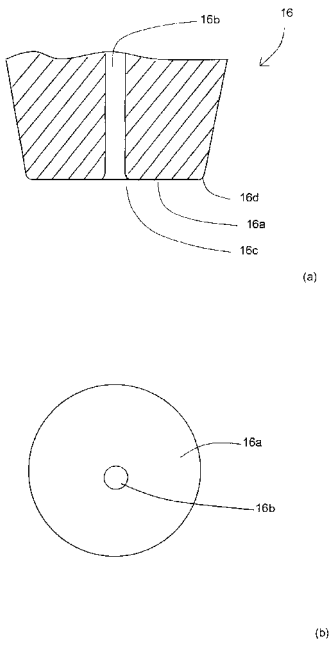
１０　ワイヤボンディング装置、１１　スプール、１３　ボンディングアーム、１３ｂ　超音波ホーン、１４　ボンディングステージ、１５　超音波振動子、１６　ボンディングツール、１６ａ　押圧面、１６ｂ　貫通孔、１６ｃ，１６ｄ　角部、１６ｅ　面取り、１６ｇ　中心線、１７　クランパ、１８　移動機構、１９　ボンディングヘッド、２０　ＸＹテーブル、２７　クランパ開閉機構、２８　カメラ、２９　ボンディングツール高さ検出器、３０　制御部、３１　データバス、３２　記憶部、３３　ボンディング方向計算プログラム、３４　ワイヤテール延出プログラム、３５　テールカットプログラム、３６　ワイヤテール折り曲げプログラム、３７　制御プログラム、３８　制御データ、４１　クランパ開閉機構インターフェース、４２　ボンディングツール高さ検出インターフェース、４３　超音波振動子インターフェース、４４　移動機構インターフェース、５０，５１　ボンディングツール上昇軌跡、５２～５８　移動軌跡、６０　コンピュータ、７１　基板、７２，１０７２，２０７２，３０７２　半導体チップ、７３，１０７３，２０７３，３０７３　パッド、７４，１０７４，２０７４，３０７４　リード、７５　ウィンドクランパ、７５ａ，７９ａ　上面、７５ｂ　周面、７５ｃ　周辺部、７６　孔、７６ａ　内面、７７　開口、７８　折り曲げステーション、７９　突起、７９ｂ　側面、８１　ワイヤ、８２　ワイヤテール、８２ａ　突出部、８２ｃ　折れ曲がり部、８４　接続ワイヤ、

９１　第１の直線、９２，９４，９７　ワイヤテール引き出し線、９３　第２の直線、９５　第５の直線、９６　第６の直線、９８　第７の直線、１７３　第１パッド、１７４　第１リード、１８３，１８５，２８３，２８５，６８３，６８５　接合部、１８３ａ，２８３ａ，６８３ａ　端部、１８４，２８４，６８４　接続ワイヤ、２７３　第２パッド、２７４　第２リード、５７３　第５パッド、５７４　第５リード、６７３　第６パッド、６７４　第６リード、７７３　第７パッド、７７４　第７リード、１０５１～１０５３　移動線、１１０１～６１０２　領域、ｎ　整数。

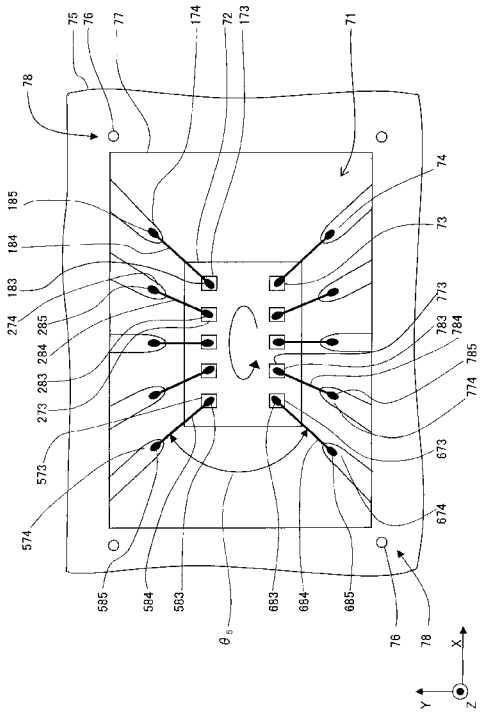
【図１】



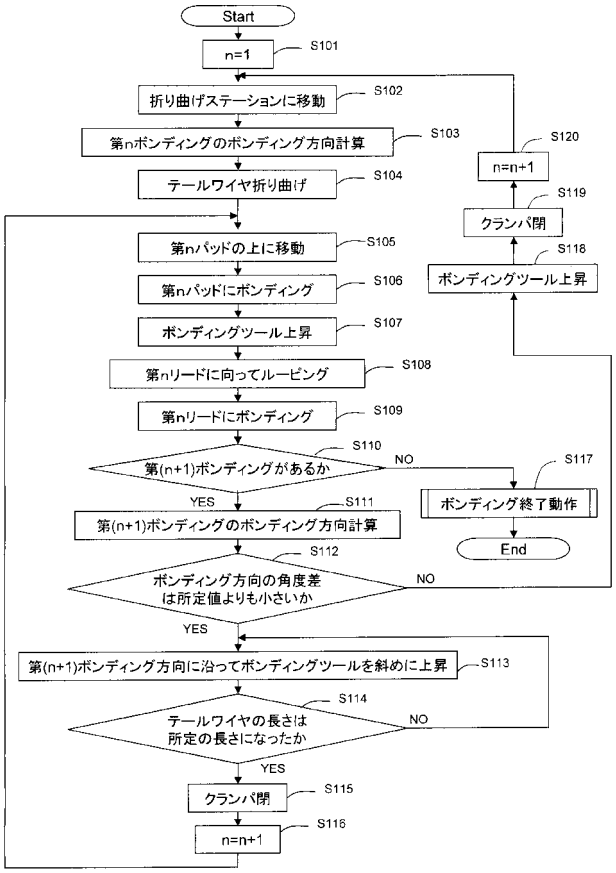
【図２】



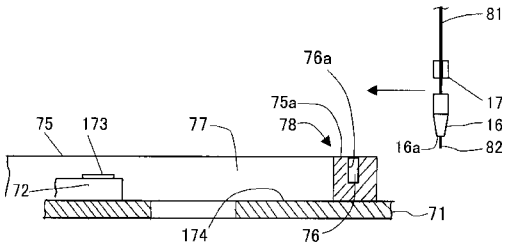
【図３】



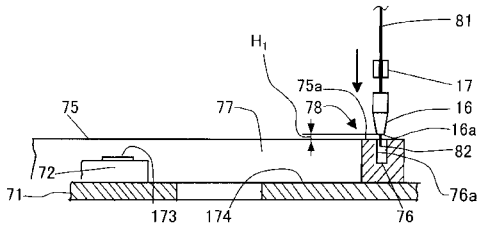
【図４】



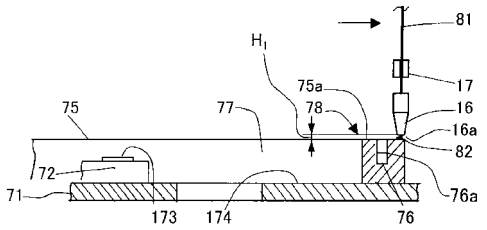
【図５Ａ】



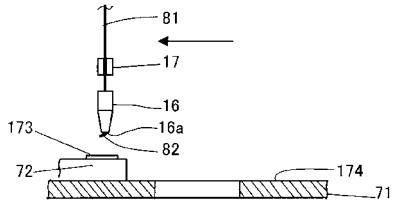
【図５Ｂ】



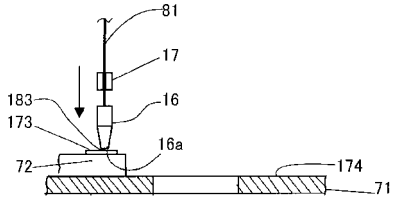
【図５Ｃ】



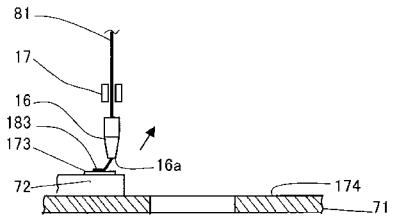
【図５Ｄ】



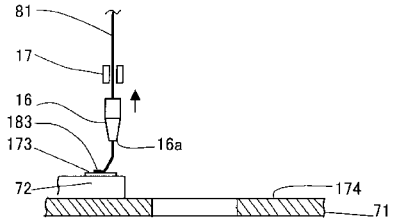
【図５Ｅ】



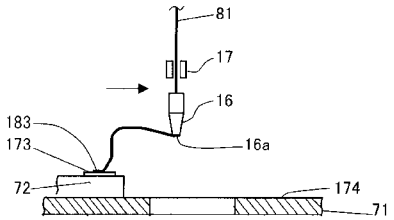
【図５Ｆ】



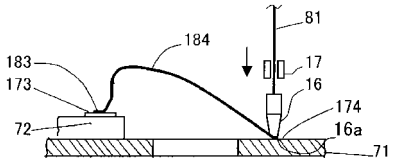
【図５Ｇ】



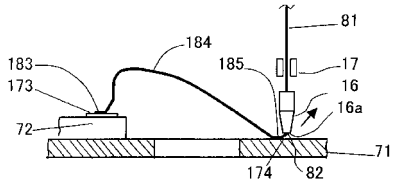
【図５Ｈ】



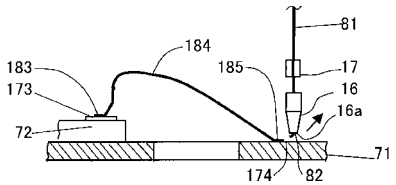
【図５Ｊ】



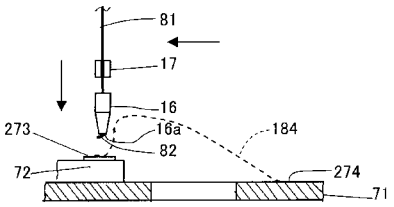
【図５Ｋ】



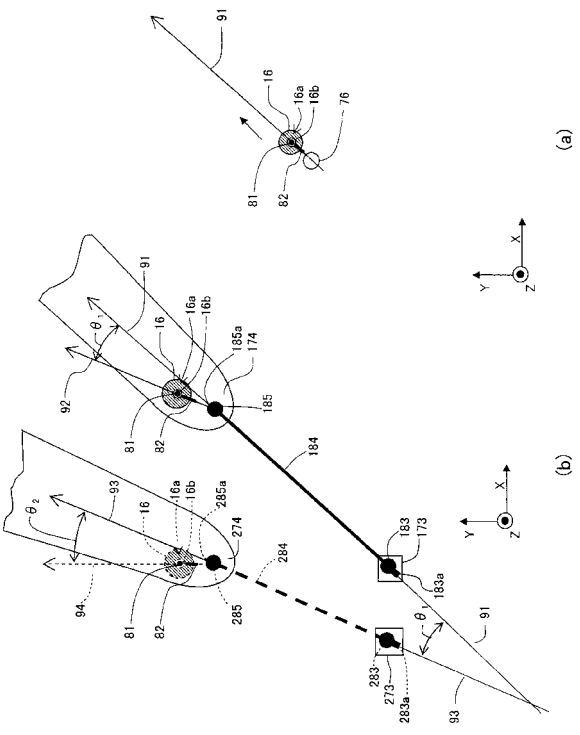
【図５Ｌ】



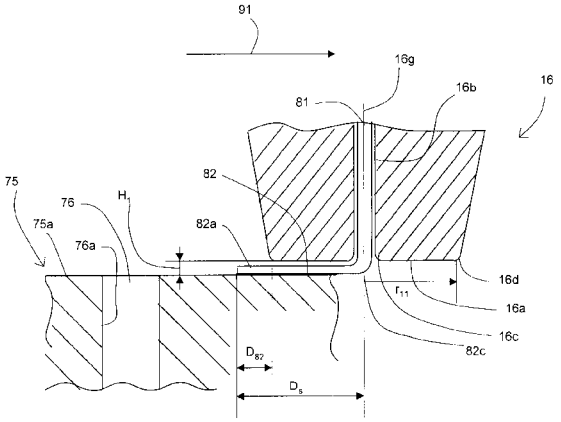
【図５Ｍ】



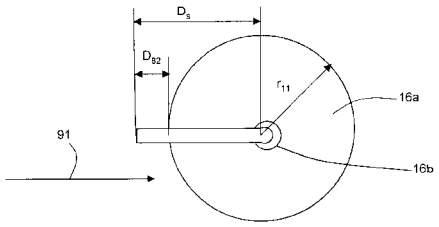
【図６】



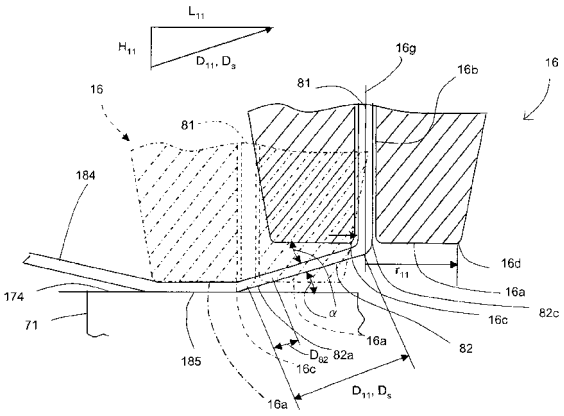
【図７Ａ】



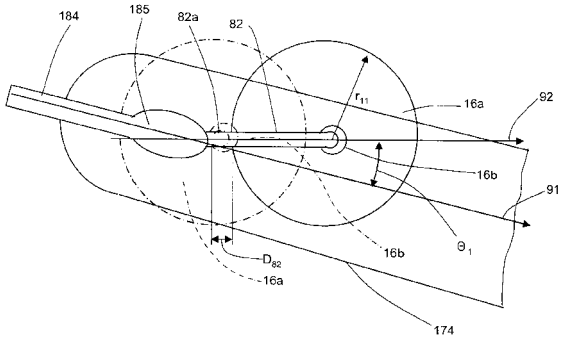
【図７Ｂ】



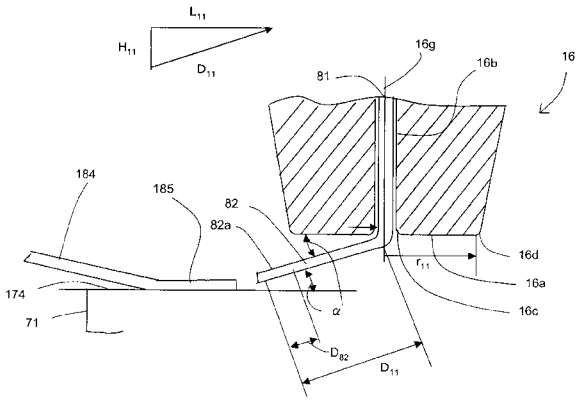
【図８Ａ】



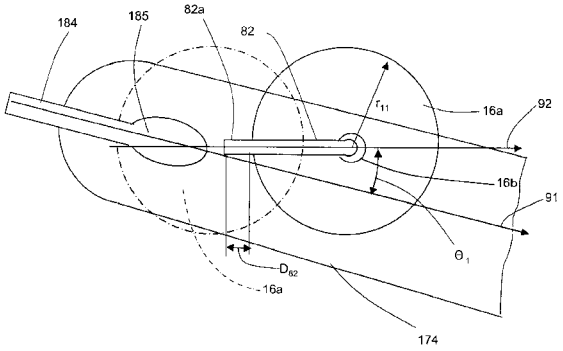
【図８Ｂ】



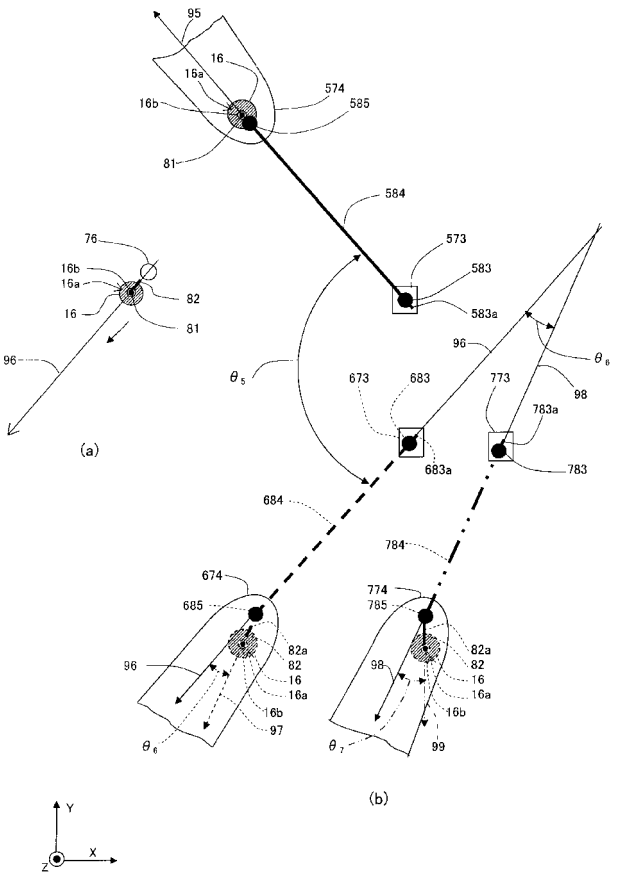
【図９Ａ】



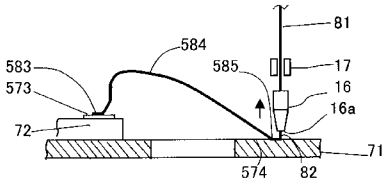
【図９Ｂ】



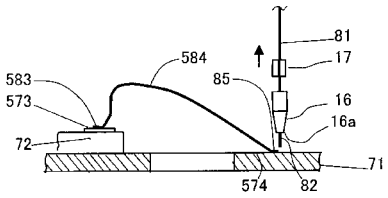
【図１０】



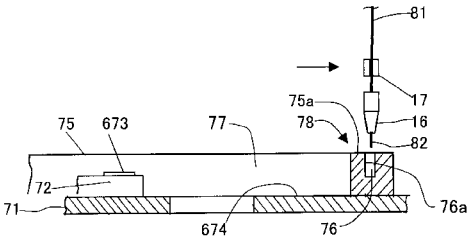
【図１１Ａ】



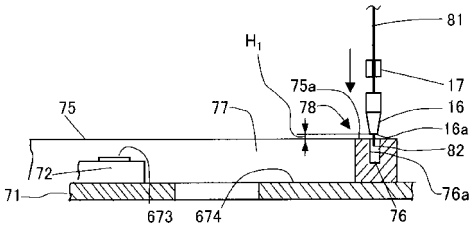
【図１１Ｂ】



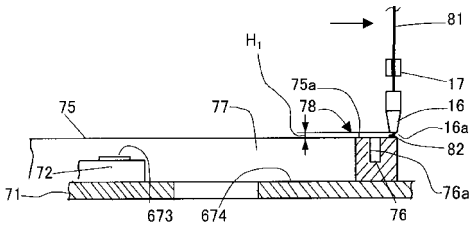
【図１１Ｃ】



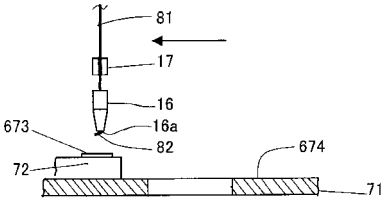
【図１１Ｄ】



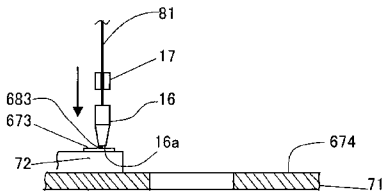
【図１１Ｅ】



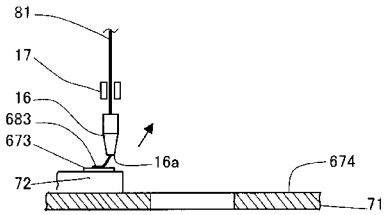
【図１１Ｆ】



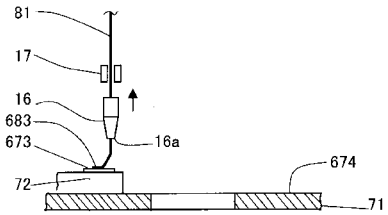
【図１１Ｇ】



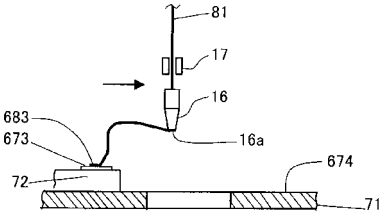
【図１１Ｈ】



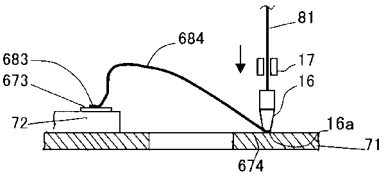
【図１１Ｊ】



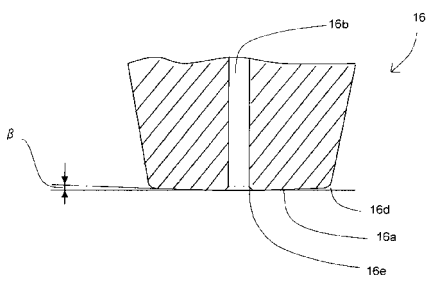
【図１１Ｋ】



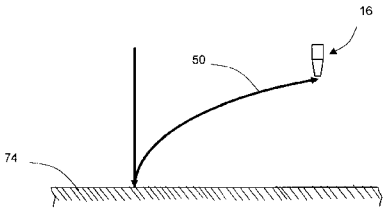
【図１１Ｌ】



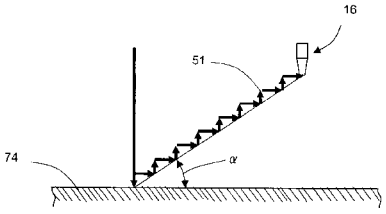
【図１２】



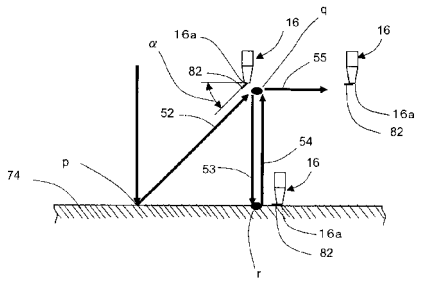
【図１３Ａ】



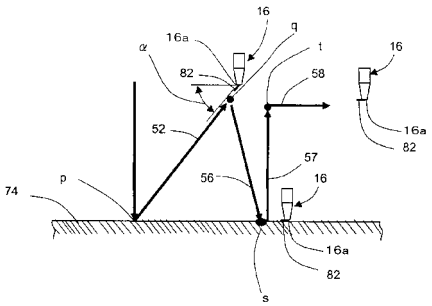
【図１３Ｂ】



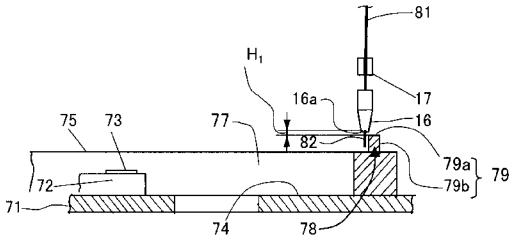
【図１４Ａ】



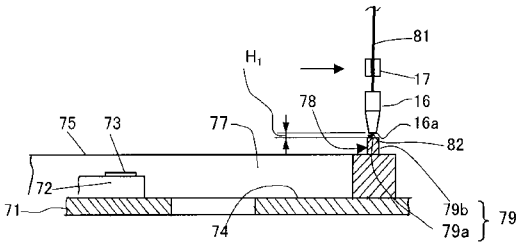
【図１４Ｂ】



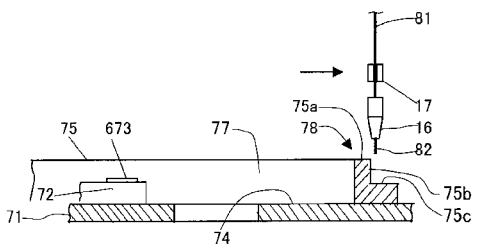
【図１５Ａ】



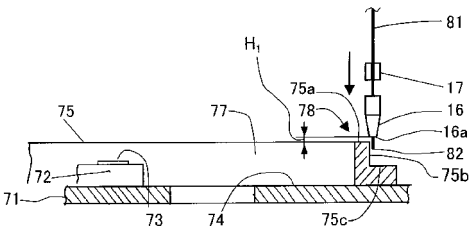
【図１５Ｂ】



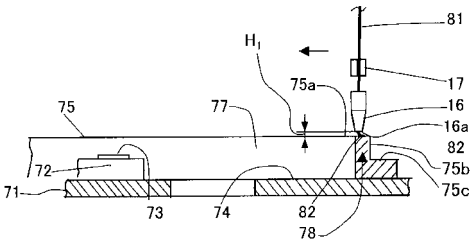
【図１６Ａ】



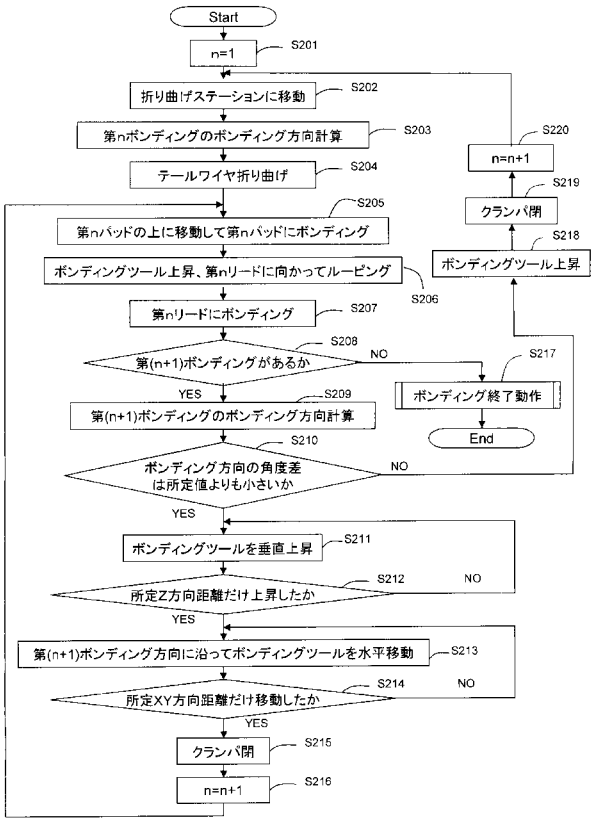
【図１６Ｂ】



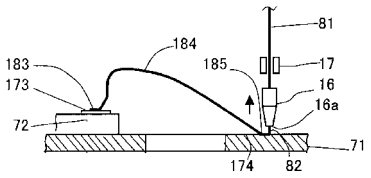
【図１６Ｃ】



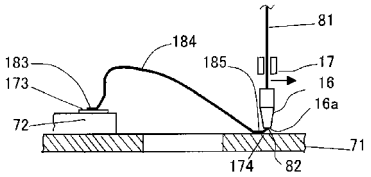
【図１７】



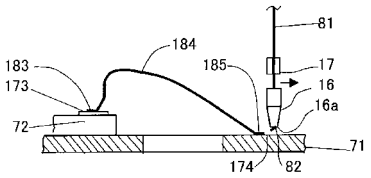
【図１８Ａ】



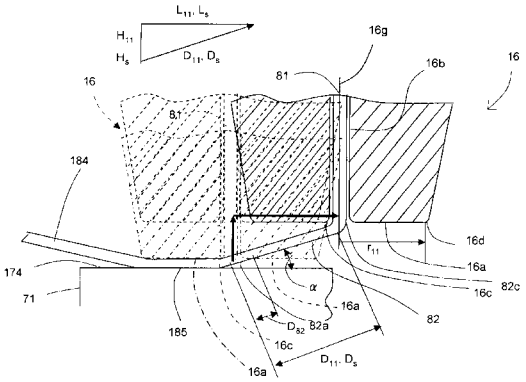
【図１８Ｂ】



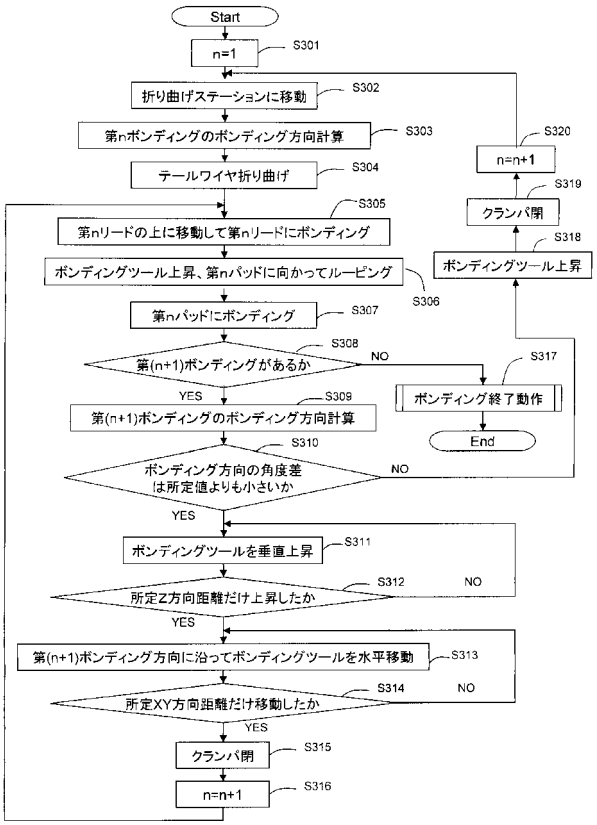
【図１８Ｃ】



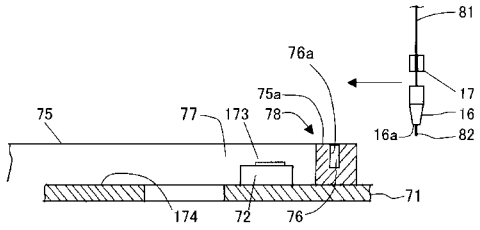
【図１９】



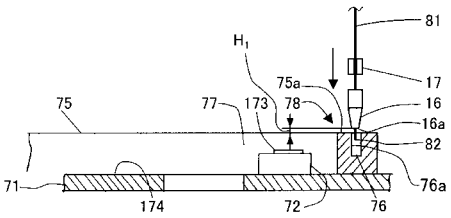
【図２０】



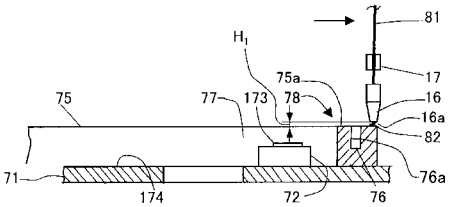
【図２１Ａ】



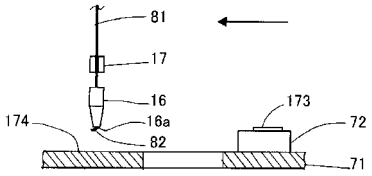
【図２１Ｂ】



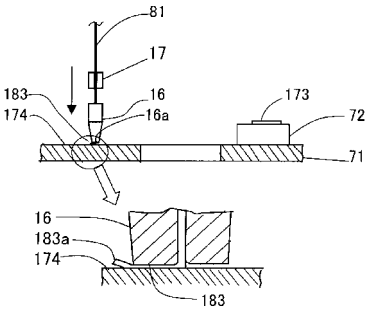
【図２１Ｃ】



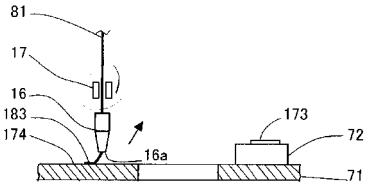
【図２１Ｄ】



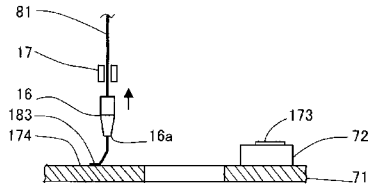
【図２１Ｅ】



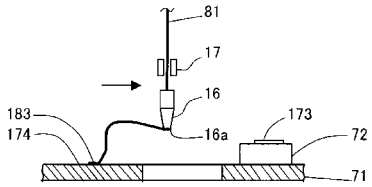
【図２１Ｆ】



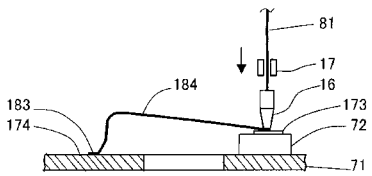
【図２１Ｇ】



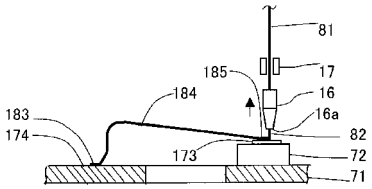
【図２１Ｈ】



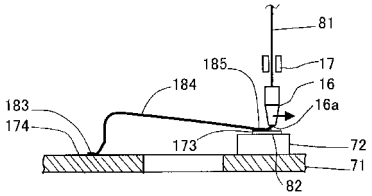
【図２１Ｊ】



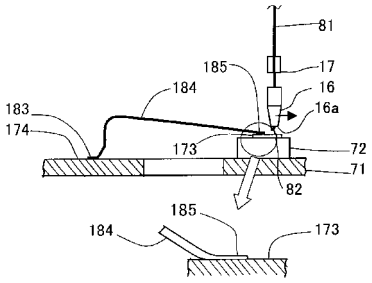
【図２１Ｋ】



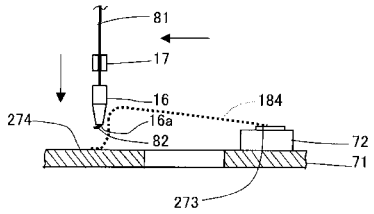
【図２１Ｌ】



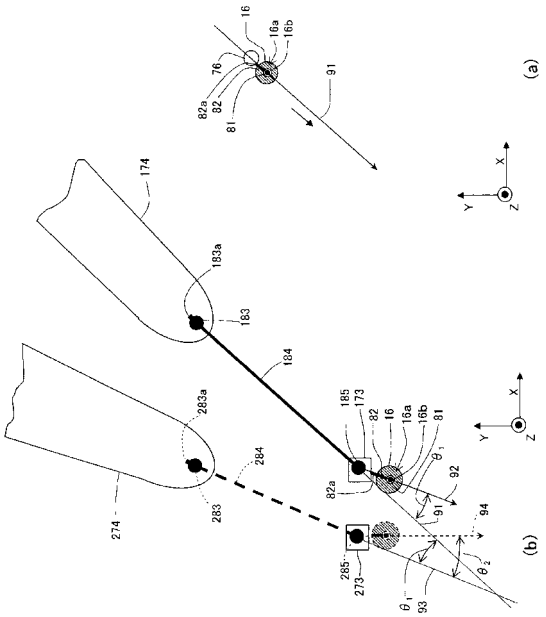
【図２１Ｍ】



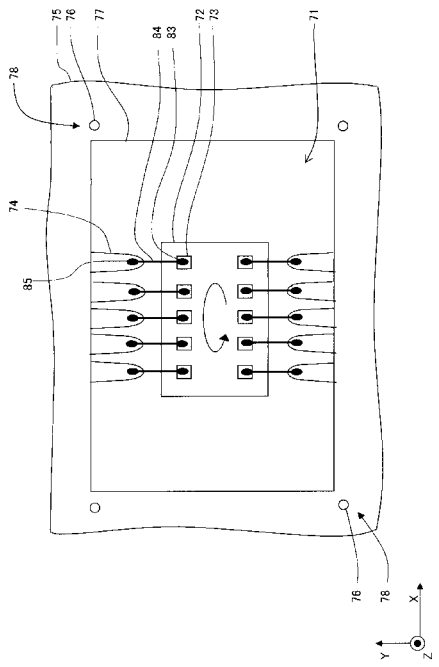
【図２１Ｎ】



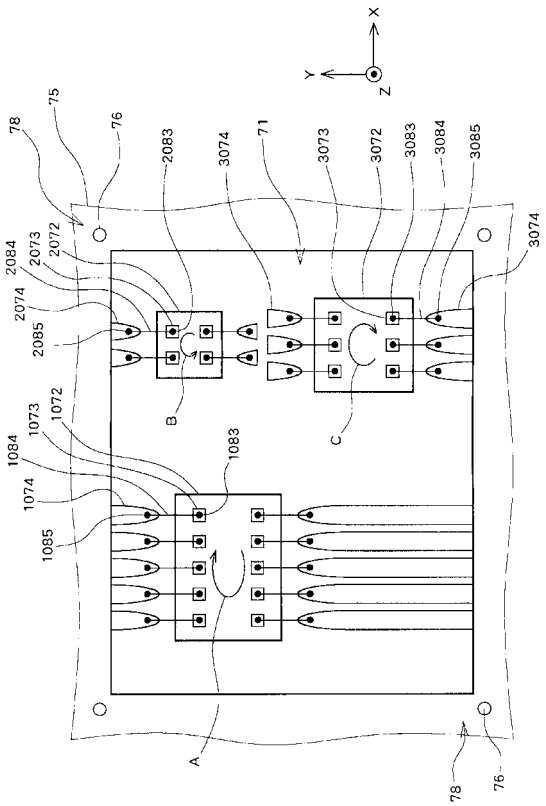
【図２２】



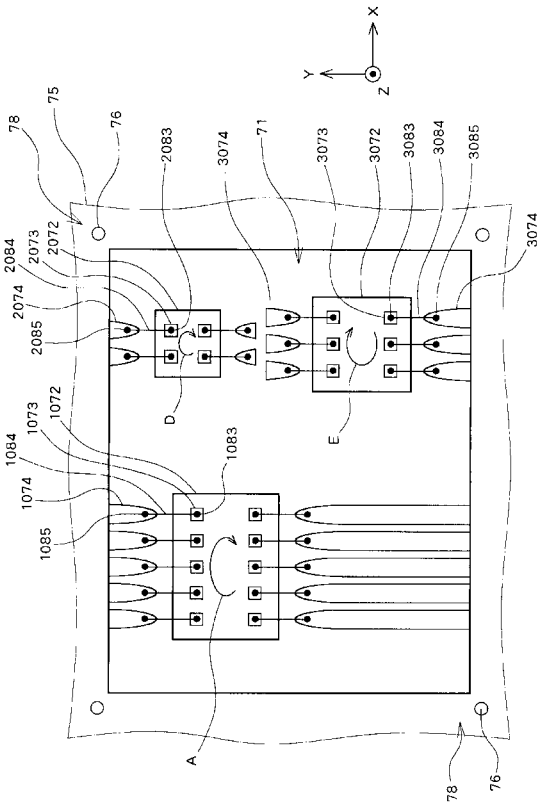
【図２３】



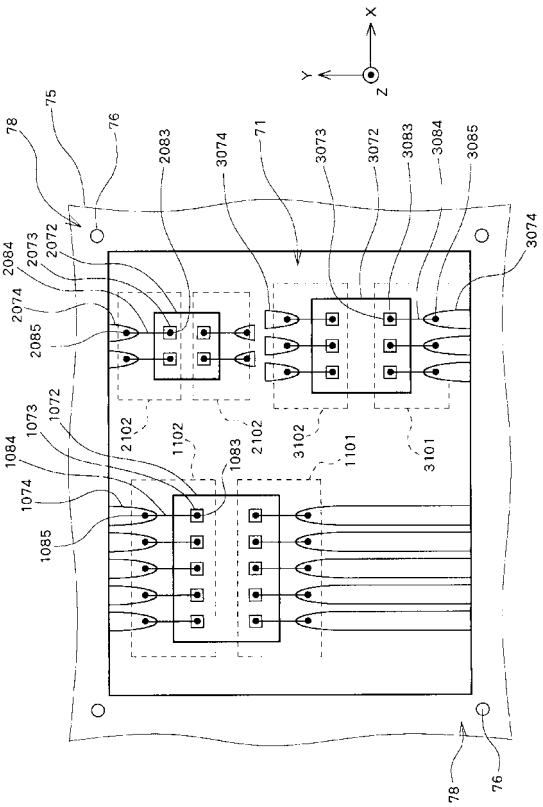
【図２４】



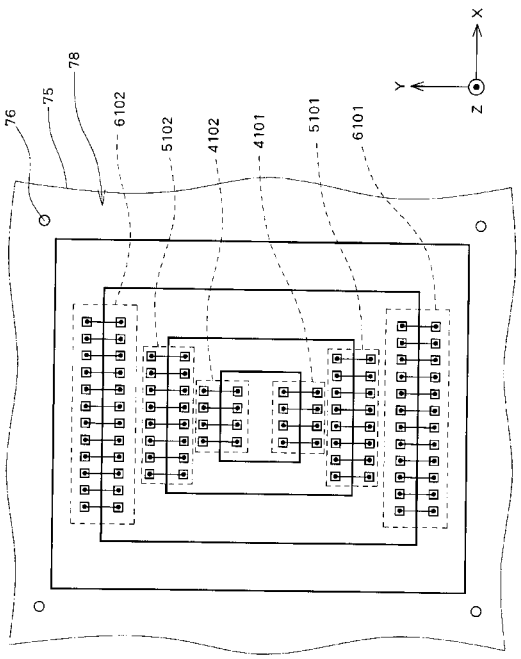
【図２５】



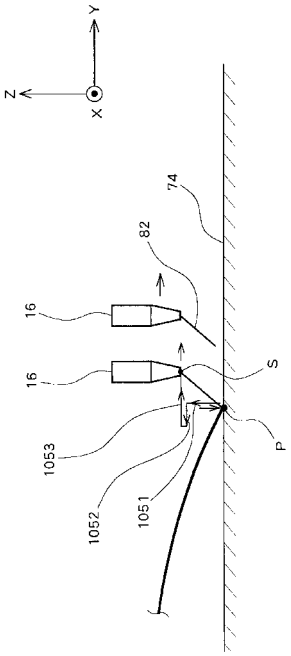
【図２６】



【図２７】



【図２８】



フロントページの続き

(72)発明者　長島　康雄
東京都武蔵村山市伊奈平２丁目５１番地の１　株式会社新川内
(72)発明者　中澤　基樹
東京都武蔵村山市伊奈平２丁目５１番地の１　株式会社新川内

Ｆターム(参考) 5F044 BB01　BB03　BB14　BB16　BB20　BB22