

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4598968号
(P4598968)

(45) 発行日 平成22年12月15日(2010.12.15)

(24) 登録日 平成22年10月1日(2010.10.1)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/60 (2006.01)

H O 1 L 21/60 3 1 1 T

請求項の数 6 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2001-53684 (P2001-53684)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成13年2月28日(2001.2.28)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2002-261121 (P2002-261121A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成14年9月13日(2002.9.13)	(74) 代理人	100109900
審査請求日	平成20年2月28日(2008.2.28)		弁理士 堀口 浩
		(72) 発明者	相澤 隆博
			神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地
			株式会社東芝 生産技術センター内
		(72) 発明者	池谷 之宏
			神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地
			株式会社東芝 生産技術センター内
		審査官	日比野 隆治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ボンディングツール、ならびにボンディング装置、半導体装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

一方の被接合部材に荷重と超音波振動を作用させることにより、他方の被接合部材上に固着させるボンディング装置に取り付けられるボンディングツールであって、

前記ボンディングツールは、ツール本体部と、前記ツール本体部から延設され前記ボンディング装置に対して前記本体部を組み付けるために設けられる取り付け部とからなり、

前記ツール本体部の長さは、最も低周波側の曲げ共振周波数と入力される超音波振動の発振周波数との差、および低周波側から数えて二番目の曲げ共振周波数と前記入力される超音波振動の発振周波数との差の比が、3:2~2:3に内分可能な範囲となるような長さに形成されていることを特徴とするボンディングツール。

【請求項2】

一方の被接合部材に荷重と超音波振動を作用させることにより、他方の被接合部材上に固着させる超音波フリップチップボンディング装置に取り付けられるボンディングツールであって、

前記ボンディングツールは、ツール本体部と、前記ツール本体部から延設され前記超音波フリップチップボンディング装置に対して前記本体部を組み付けるために設けられる取り付け部とからなり、

前記ツール本体部の長さは、最も低周波側の曲げ共振周波数と入力される超音波振動の発振周波数との差、および低周波側から数えて二番目の曲げ共振周波数と前記入力される超音波振動の発振周波数との差の比が、3:2~2:3に内分可能な範囲となるような長

10

20

さに形成されていることを特徴とするボンディングツール。

【請求項 3】

一方の被接合部材に 10 ~ 20 N の荷重と発振周波数がほぼ 60 kHz の超音波振動を作用させることにより、他方の被接合部材上に固着させるボンディング装置に取り付けられるボンディングツールであって、

前記ボンディングツールは、柱状あるいは筒状に形成されたツール本体部と、前記ツール本体部から延設され前記ボンディング装置に対して前記ツール本体部を組み付けるために設けられる取り付け部とからなり、

前記ツール本体部の長さは 8 ~ 10 mm であり、かつ前記ツール本体部の長さ方向に対する横断面の断面積が 4 ~ 5 mm² であるよう形成されていることを特徴とするボンディングツール。

10

【請求項 4】

一方の被接合部材に 10 ~ 20 N の荷重と発振周波数がほぼ 60 kHz の超音波振動を作用させることにより、他方の被接合部材上に固着させる超音波フリップチップボンディング装置に取り付けられるボンディングツールであって、

前記ボンディングツールは、柱状あるいは筒状に形成されたツール本体部と、前記ツール本体部から延設され前記超音波フリップチップボンディング装置に対して前記ツール本体部を組み付けるために設けられる取り付け部とからなり、

前記ツール本体部の長さは 8 ~ 10 mm であり、かつ前記ツール本体部の長さ方向に対する横断面の断面積が 4 ~ 5 mm² であるよう形成されていることを特徴とするボンディングツール。

20

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 記載のボンディングツールを具備することを特徴とするボンディング装置。

【請求項 6】

請求項 5 記載のボンディング装置によって、前記一方の被接合部材である半導体装置と前記他方の被接合部材とを接合する工程を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

30

本発明は、電子部品を、基板などの被接合面にボンディングする、電子部品のボンディングツールおよびボンディング装置とそれを用いた半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

超音波フリップチップボンダは、ボンディングツールの一端を所定の荷重で電気部品に押し当てて、このボンディングツールの他端に設けられた超音波ホーンが有する電歪素子からの振動を電気部品に対して伝えることにより、電気部品同士を接合するための部材であるパンプに対して荷重と超音波振動を作用させ、パンプと電気部品の電極との間で固相拡散を生じさせることで、電気部品のフリップチップボンディングを行う装置である。

従来のボンディングツールは、超音波ホーンから伝達される振動によって効率よく曲げ振動を起こすよう、超音波ホーンに取り付けられた状態での曲げ振動の共振周波数と、ボンディングツールに加えられる振動の周波数とが、一致するよう設計されていた。特に片持ち形状の超音波ホーンに取り付けて用いるボンディングツールの場合は、低周波側から数えて二番目のツール曲げ共振周波数と、超音波発振系の発振周波数を一致させるよう、設計されていた。

40

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

超音波発振系の特性を示す要素の一つとして、振動子の電歪素子部に流れる電流が受けるインピーダンスがある。このインピーダンスは、ボンディング時に荷重が印加され、超音波発振系に対する機械的抵抗が増すことに伴って上昇することがあった。特に、従来のボ

50

ンディング装置では、荷重印加を伴う発振時にインピーダンスの値が、振動子を駆動する発振装置の制限を超える値にまで急激に上昇し、発振させる周波数のフェイズロック制御が不能になり非常停止することがあった。発振器は、振動子を駆動する電力を一定に保つよう制御しているが、電源装置の電圧容量に制限があるため、インピーダンスが急激に増加すると出力電圧が上限に達して電力を一定に保てなくなり、振動子を駆動する電力が低下した。その結果、ボンディングツールの振幅が、電子部品の接合に必要な量以下にまで減少し、電子部品を正常に接合出来ない場合があった。

そこで、本発明は、ボンディング時に荷重が印加され、ボンディングツール先端の機械的抵抗が増加しかつ先端の振動が拘束された場合においても、発振器におけるインピーダンス増加量が少ない状態にできるボンディングツール、ならびにボンディング装置、半導体製造方法を提供すること目的とする。

10

【 0 0 0 4 】

【課題を解決するための手段】

上記した目的を達成するために本発明は、一方の被接合部材に荷重と超音波振動を作用させることにより、他方の被接合部材上に固着させるボンディング装置に取り付けられるボンディングツールであって、前記ボンディングツールは、

ツール本体部と、前記ツール本体部から延設され前記ボンディング装置に対して前記本体部を組み付けるために設けられる取り付け部とからなり、前記ツール本体部の長さは、最も低周波側の曲げ共振周波数と入力される超音波振動の発振周波数との差、および低周波側から数えて二番目の曲げ共振周波数と前記入力される超音波振動の発振周波数との差の比が、 $3 : 2 \sim 2 : 3$ に内分可能な範囲となるような長さに形成されているボンディングツールを提供する。また本発明は、一方の被接合部材に $10 \sim 20 \text{ N}$ の荷重と発振周波数が 60 kHz の超音波振動を作用させることにより、他方の被接合部材を固着させるボンディング装置に取り付けられるボンディングツールであって、前記ボンディングツールは、柱状あるいは筒状に形成されたツール本体部と、前記ツール本体部から延設され前記ボンディング装置に対して前記ツール本体部を組み付けるために設けられる取り付け部とからなり、前記ツール本体部の長さは $8 \sim 10 \text{ mm}$ であり、かつ前記ツール本体部の長さ方向に対する横断面の断面積が $4 \sim 5 \text{ mm}^2$ であるよう形成されているボンディングツールを提供する。

20

【 0 0 0 5 】

また本発明は上記いずれかのボンディングツールを具備するボンディング装置を提供する。また本発明は上記ボンディング装置によって、前記一方の被接合部材である半導体装置と前記他方の被接合部材とを接合する工程を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

30

【 0 0 0 6 】

【発明の実施の形態】

本発明の実施形態について、図面を参照しながら説明する。図 1 に、本発明の実施形態に係るボンディングツールを備えたボンディング装置の構成をあらわす模式図を示す。ボンディング装置は、フリップチップ接合に供される被接合部材である半導体装置 S を搬送する移送ステージ O と、図示しない移送装置によって搬送された配線基板 W B が載置されるボンディングステージ P と、移送ステージ X から半導体装置 S を吸着保持してボンディングステージ B 上に配置された配線基板 W B の表面に配設される配線パターンの電極パッドに対して、半導体装置 S が有する接合用のバンプ B が電氣的に接続されるように位置決めするとともに、バンプ B に対して所定の荷重と超音波振動とを付与することによって、バンプ B と電極パッドとの間に金属の固相拡散接合を生じさせ、フリップチップ接合を行うボンディングヘッド部 Q を具備する。

40

【 0 0 0 7 】

片持ち方式の超音波振動系によって構成されるボンディングヘッド部 Q は、発振周波数として 60 kHz 近傍に設定された超音波振動を発生させるための電力を供給する発振装置 1 と、この発振装置 1 と電氣的に接続され、電力が供給されることによって超音波振動を生じ

50

る円環状の電歪素子を有する振動子 2 と、この振動子 2 が振動子 2 の振動方向と長手方向とが同軸となる一端に設けられ、振動子 2 の振動を増幅して他端に伝達させる、切頭円錐形状でステンレス鋼製の超音波ホーン 3 と、この超音波ホーン 3 の他端に形成された取り付け用の切欠に嵌入されるように配置される角筒体であるボンディングツール 4 と、超音波ホーン 3 を保持するとともに、ボンディングツール 4 がボンディングステージ P に対して接離方向に駆動されるように設けられる Z ステージ 5 と、ボンディングツール 4 が移送ステージ O とボンディングステージ P とを往復駆動可能なように、かつボンディング時の位置合わせが可能なように Z ステージ 5 を 2 軸方向に駆動する X Y ステージ 6 と、を備えている。

【 0 0 0 8 】

10

図 1 におけるボンディングヘッド部 Q の超音波振動系は超音波ホーン 3 と振動子 2 とから構成されており、超音波ホーン 3 の取り付け用の切欠近傍の端部から、振動子 2 の開放端までの全長となり、ほぼ 70mm ほどになる。

【 0 0 0 9 】

図 2 には、(a) にボンディングツール 4 の側面を、(b) に被接合部材を保持する吸着面を、それぞれあらわす模式図を示す。図 2 (a) に示されるボンディングツール 4 は、長さ 8mm ほどの超硬合金製の角筒体からなるツール本体部 4 a と、このツール本体部 4 a の一端から延接される長さ 10mm ほどの取り付け部 4 b とから構成されている。取り付け部 4 b は、ツール本体部 4 a に比して細径となるよう構成されており、超音波ホーン 3 の切欠に対してツール本体部 4 a が突き当たるまで挿入され、この切欠がねじ締めされることにより、超音波ホーン 3 に対して静摩擦で拘束され、固定されることとなる。なお、従来のツール本体部 4 a の全長は 13.5mm であった。

20

【 0 0 1 0 】

図 2 (b) に示されるように、ツール本体部 4 a の下端面は、被接合部材を吸着保持する吸着面 4 c となっている。吸着面 4 c は、ボンディングプロセスにおける超音波振動の付与を効率よく行うため、主たる被接合部材の被吸着面の表面粗さに合わせて同程度に粗面化処理が施されている。吸着面 4 c は、一辺が 2.2mm あまりの正方形で構成されており、その中心位置には直径 0.6mm を有する円形の開口を臨ませる中空部 4 d が形成されている。このとき、ボンディングツール 4 の長手方向に関する横断面の断面積は、中空部 4 d における開口を差し引き、ほぼ 4.6 mm^2 となる。中空部 4 d は、取り付け部 4 b の端部に設けられる図示しない吸引機と連通接続されており、吸引動作時に被接合部材の吸着に寄与する。

30

【 0 0 1 1 】

上記した構成のボンディング装置により、以下のようにフリップチップボンディングによる半導体装置の製造が行われる。図示せぬストッカから取り出された被接合部材である半導体装置 S が、移送ステージ O によって、ボンディングステージ P 近傍まで移送される。一方、図示せぬ他のストッカから搬送されてきた被接合部材である配線基板 W B が、フリップチップ接合の加工点に設けられるボンディングステージ P に載置される。ボンディングヘッド部 Q が、X Y テーブル 6 により前進駆動され、さらに Z テーブルが下降動作することにより、移送ステージ O 上の半導体装置 S の背面にボンディングツール 4 の吸着面 4 c が当接される。同時に図示せぬ吸引機により中空部 4 d に負圧が生じ、半導体装置 S は、ボンディングツール 4 によって吸着保持される。Z テーブル 5 を上昇駆動させ、移送ステージ O から半導体装置 S を離脱させると共に、X Y ステージ 6 を後退駆動させることにより、吸着保持された半導体装置 S は、ボンディングステージ P 上の配線基板 W B と対向配置される。このとき、さらに、図示せぬカメラなどを用いて、相対位置の補正を行い、Z ステージ 5 の下降動作を行う。

40

【 0 0 1 2 】

半導体装置 S に設けられた A u ボール製のバンプ B が、配線基板 W B 上に配設された配線パターンの電極に当接したことを感知すると、Z テーブル 5 は荷重動作に入り、半導体装置 S に対して 10 [N] の荷重を加えるよう動作する。また同時に、発振装置 1 により 60kHz

50

の電力が振動子 2 に対して印加され、超音波振動が始まる。振動子 2 において生じた超音波振動は、超音波ホーン 3 が有する錘形状の作用により見かけの出力が増幅されてボンディングツール 4 に伝達し、ボンディングツール 4 に対して曲げ振動を生じさせる。この曲げ振動の振幅は、接合面と平行な方向であるから、パンプ B と配線基板 W B との間に摩擦が生じ、各々の材料の固相拡散が発生する。またこの曲げ振動は、理想的には超音波ホーン 3 に対する突き当て位置を相対的な固定点とする振動となるが、実際には取り付け部 4 b の構造などにより変動する。所定時間の振動の印加により固相拡散され接合状態となった半導体装置 S に対する吸引動作を、停止させる。Z ステージ 5 を上昇駆動することにより、フリップチップ接合プロセスが完了する。フリップチップ接合がなされた配線基板 W B は図示せぬ搬送系により取り出され、これによりひとつのプロセスが終了する。

10

【 0 0 1 3 】

図 3 に、本実施形態のフリップチップ接合プロセスにおける振動子 2 のインピーダンス変化をあらわすグラフを示す。上記したフリップチップ接合プロセスにおいて、荷重印加時近傍の時間帯における振動子 2 のインピーダンス値の変化を測定し、プロットした。ツール本体部 4 a の全長が 8mm のボンディング装置においては、全長 13.5mm のツール本体部 4 a に比して、Z テーブル 5 による荷重印加の際のインピーダンス変化が極めて少なく、電力特性上、良好なプロファイルを有することがわかる。

【 0 0 1 4 】

図 4 (a) に、ボンディングツールの長さ、超音波ホーンに取り付けられた状態におけるボンディングツールの曲げの共振周波数との関係をあらわすグラフを示す。特性が良好であった長さ 8mm ~ 10mm ツールの場合、最も低い周波数の曲げの共振周波数と超音波発振系により入力される発振周波数との差と、低周波側から数えて二番目の曲げの共振周波数と超音波発振系により入力される発振周波数との差の比が、3 : 2 ~ 2 : 3 となっている。図 4 (b) に示す表は、ボンディングツール本体部の長さを変えた場合のボンディング装置の稼働安定性について評価した結果を示すものである。6.0mm ~ 13.5mm のツールについて評価した結果、8mm ~ 10mm のツールの場合に、良好なインピーダンス特性を示した。これは、図 4 (a) における最適な共振周波数の範囲と一致する長さとなっている。なお、良否判定の基準は、ボンディングツールの 0 ~ 30 N までの無負荷および負荷状態において超音波振動をさせた場合の振動子のインピーダンス変化において、40 [Ω] を超える点の有無、とした。

20

30

【 0 0 1 5 】

以上説明したように、本発明のボンディング装置によれば、ボンディングツールを適切な長さに設定したので、荷重を印加した際の、インピーダンス上昇が抑制されており、これによって、装置の安定稼働を実現すると共に、接合に必要なボンディングツールの振幅が得られ、電子部品を正常に接合できる。ボンディング装置の安定稼働のためには、最適な範囲として、超音波ホーンに組みつけられた状態におけるボンディングツールの曲げ共振周波数と、超音波発振系における発振周波数との比が 3 : 2 ~ 2 : 3 となるようなツールとすることが好ましい。これをボンディングツール本体部の長さに換算すると、ボンディングツール本体部の長さにおいて 8mm 以上 10mm 以下であればよい。この条件は、比較的軽度な荷重が適用されるフリップチップボンディングプロセス、特に図 3 から理解されるように 10 ~ 20 [N] 程度の荷重を加えた状態で超音波発振を与える場合に特に有効である。

40

【 0 0 1 6 】

なお、上記実施形態では、ツール長さを変更することにより、インピーダンス値の上昇が少ないツールを求めたが、ツールの材質を超硬合金からステンレス鋼や樹脂などに変更してもよい。

また、断面形状を正方形断面から、その他の多角形または円形などと適宜変更可能である。

【 0 0 1 7 】

また、振動子と超音波ホーンによって構成される超音波振動系によってボンディングツ

50

ールに入力される超音波振動の振動数は、超音波振動系の形状や組み付け精度などにより、発振装置における発振周波数、あるいは振動子における振動数など異なる場合があるが、これらとの差が数kHz程度の差しかないようであれば誤差範囲として見込むことが出来、ボンディングツールに入力される振動数は、振動子における振動数、あるいは発振装置における発振周波数などと同じ振動数として取り扱うことが出来る。これにともない、ボンディングツールの横断面積についても、誤差範囲が認められ、上記実施形態のボンディングツールの横断面については、 $4 \sim 5 \text{ mm}^2$ 程度の幅を見込むことが出来る。

【 0 0 1 8 】

【発明の効果】

以上詳述したように、本発明のフリップチップボンディング装置においては、発振器におけるインピーダンス増加量が少ないボンディングプロセスを提供できるようになるので、電気製品を生産性良く製造することを可能とする。

10

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施形態に係る超音波フリップチップボンディング装置の模式図。

【図 2】 本発明の実施形態に係るボンディングツールと超音波ホーンの模式図。

【図 3】 本実施形態のフリップチップ接合プロセスにおける振動子のインピーダンス変化をあらわすグラフ。

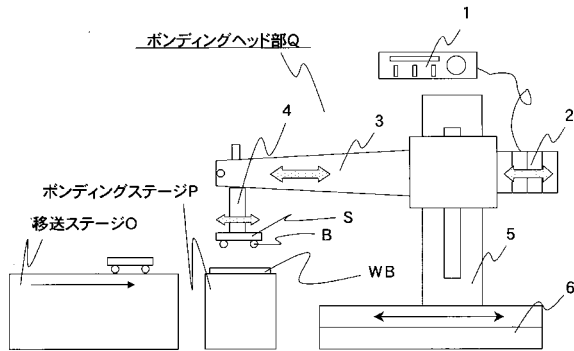
【図 4】 (a)は、ボンディングツールの長さで超音波ホーンに取り付けられた状態における曲げの共振周波数との関係をあらわすグラフ、(b)はボンディングツールの長さを変えたときの、インピーダンス特性の良否を示す表。

20

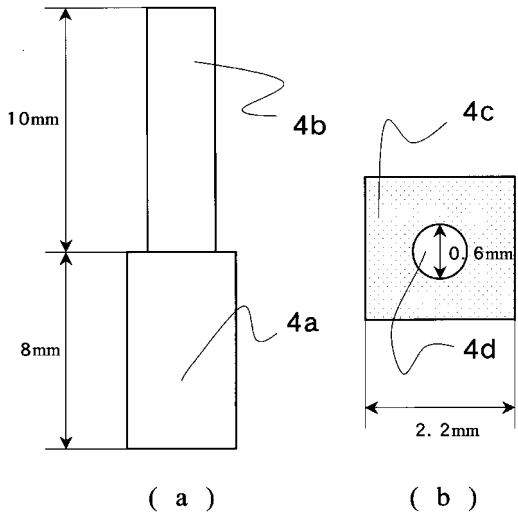
【符号の説明】

1 ... 発振装置、 2 ... 振動子、 3 ... 超音波ホーン、 4 ... ボンディングツール、
5 ... Z ステージ、 6 ... X Y ステージ、
S ... 半導体装置、 W B ... 基板、 B ... パンプ、
O ... 移送ステージ、 P ... ボンディングステージ、 Q ... ボンディングヘッド部、
4 a ... ツール本体部、 4 b ... 取り付け部、 4 c ... 吸着面、 4 d ... 開口

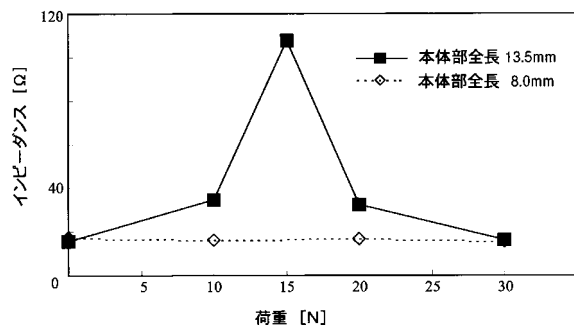
【図 1】



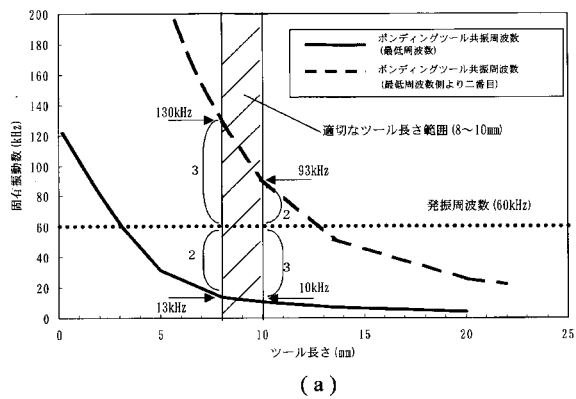
【図 2】



【図 3】



【図 4】



(a)

ツール 本体部 の長さ [mm]	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	13.5
良否	×	×	○	○	○	×	×	×	×	×

(b)

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 0 9 - 1 6 2 2 4 8 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 1 7 4 0 6 8 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H01L 21/60