

明 細 書

発明の名称：キャピラリ案内装置及びワイヤボンディング装置

技術分野

[0001] 本発明は、キャピラリ案内装置及びワイヤボンディング装置に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1は、ワイヤボンディング装置を開示する。ワイヤボンディング装置は、ボンディングツールであるキャピラリを有する。ワイヤボンディング装置は、キャピラリを用いてワイヤに対して熱又は超音波などを付与することにより、電極にワイヤを接続する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2018-6731号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 電子機器の製造工場では、大量の電子機器を製造するために複数の製造装置を稼働させる。製造装置の数が増えると、生産数が増加する。その一方で、製造装置は、種々のメンテナンス作業を要する。製造装置の数だけメンテナンス作業が発生する。従って、生産数の増加と、メンテナンス作業の負荷とは、相反する関係にある。そこで、メンテナンス作業を作業者の手によらずに自動的に行うことができれば、メンテナンス作業の負荷を低減することが可能である。

[0005] ワイヤボンディング装置は、メンテナンス作業のひとつとしてのキャピラリ交換作業を有する。そこで、当該技術分野においては、自動的なキャピラリの交換作業を確実に行える技術が望まれている。

[0006] 本発明は、自動的なキャピラリの交換作業を確実に行えるキャピラリ案内装置及び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

- [0007] 本発明の一形態は、ボンディングツールの保持孔にキャピラリを案内するキャピラリ案内装置である。キャピラリ案内装置は、保持孔に保持されたキャピラリに接触可能な案内本体部と、保持孔の中心軸線に沿う第1方向と交差する第2方向に沿って案内本体部を移動させることにより、キャピラリに接触可能な位置に案内本体部を配置する駆動部と、を備える。駆動部は、案内本体部に連結される移動体と、第2方向に延び、移動体との間で摩擦抵抗力を発揮する駆動軸と、駆動軸の端部に固定されると共に、駆動軸に超音波を提供する超音波発生体と、を有する。
- [0008] 案内本体部は、ボンディングツールに保持されているキャピラリに接触することが可能である。この接触によれば、ボンディングツールに保持されているキャピラリの位置を案内本体部の位置として保存することができる。ここで、キャピラリに対して案内本体部を接触させるとき、駆動部は、超音波発生体を提供する超音波によって移動体を移動させることにより、案内本体部をキャピラリに近づける。そして、キャピラリに接触した案内本体部の位置は、移動体と駆動軸との間の摩擦抵抗力によって保持される。つまり、案内本体部をキャピラリに接触させた状態では、案内本体部がキャピラリを押圧する力は存在しない。その結果、キャピラリを取り外したときに、ボンディングツールに対する案内本体部の相対的な位置は、確実に維持される。つまり、この案内本体部によってキャピラリが案内されると、ボンディングツールの保持孔に対してキャピラリを確実に導くことができる。従って、自動的なキャピラリの交換作業を確実に行うことができる。
- [0009] 上記のキャピラリ案内装置の駆動部は、移動体に取り付けられると共に、第1方向及び第2方向のそれぞれに交差する第3方向に沿う振動を、移動体を介して案内本体部に提供する振動発生部をさらに有してもよい。この構成によれば、案内本体部をキャピラリに確実に接触させることができる。従って、キャピラリの位置を案内本体部の位置としてさらに良好に保存することができる。
- [0010] 上記のキャピラリ案内装置の案内本体部は、キャピラリの側面に接触可能

な案内面と、案内面に連続するテーパ面と、を含んでもよい。案内本体部のボンディングツールと対面する主面は、案内面を構成する開口端を含んでもよい。主面に対して逆側の案内本体部の裏面は、テーパ面を構成する開口端を含んでもよい。これらの構成によれば、新しいキャピラリは、テーパ面側から提供される。その結果、キャピラリの外周面が案内面とずれている場合であっても、案内面に連続するテーパ面に沿ってキャピラリが移動することにより、キャピラリは案内面に導かれていく。従って、自動的なキャピラリの交換作業をさらに確実に行うことができる。

[0011] 上記のキャピラリ案内装置は、案内本体部がボンディングツールと接触したことを検知する接触検知部をさらに備えてもよい。接触検知部は、ボンディングツールと案内本体部との間に電位差を生じさせる電圧提供部と、ボンディングツールと案内本体部と電圧提供部とにより形成される電気回路の状態に応じて、案内本体部がボンディングツールと接触したことを示す情報を得る情報取得部と、をさらに有してもよい。これらの構成によれば、ボンディングツールと案内本体部との接触を電氣的に検出することができる。従って、ボンディングツールと案内本体部との間に作用する反力を極めて小さくすることができる。そうすると、ボンディングツールに対する案内本体部の相対的な位置を、さらに確実に維持することができる。

[0012] 本発明の別の形態であるボンディング装置は、保持孔に対して着脱可能に保持されたキャピラリを有するボンディングツールと、保持孔に向けてキャピラリを案内内部によって案内しながら、キャピラリを保持孔に取り付ける装着部と、を備える。案内内部は、保持孔に保持されたキャピラリに接触可能な案内本体部と、保持孔の中心軸線に沿う第1方向と交差する第2方向に沿って案内本体部を移動させることにより、キャピラリに接触可能な位置に案内本体部を配置する駆動部と、を有する。駆動部は、案内本体部に連結される移動体と、第2方向に延び、移動体との間で摩擦抵抗力を発揮する駆動軸と、駆動軸の端部に固定されると共に、駆動軸に超音波を提供する超音波発生体と、を含む。このボンディング装置は、上記のキャピラリ案内装置と同様

の構成である案内装置を備えている。従って、ボンディング装置は、自動的なキャピラリの交換作業を確実に行うことができる。

発明の効果

[0013] 本発明によれば、自動的なキャピラリの交換作業を確実に行えるキャピラリ案内装置及びワイヤボンディング装置が提供される。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]図1は、実施形態に係るワイヤボンディング装置を示す斜視図である。

[図2]図2は、ワイヤボンディング装置が有するキャピラリ交換装置を拡大して示す斜視図である。

[図3]図3は、キャピラリ保持部の一部を断面視して示す斜視図である。

[図4]図4は、キャピラリ保持部の動作を説明する図である。

[図5]図5は、キャピラリ交換装置が有するアクチュエータの要部を示す平面図である。

[図6]図6は、アクチュエータの動作原理を説明する図である。

[図7]図7は、アクチュエータの具体的な制御を説明する図である。

[図8]図8は、アクチュエータの具体的な制御を説明する図である。

[図9]図9は、キャピラリ案内装置の一部を断面視して示す斜視図である。

[図10]図10は、キャピラリ案内装置の機能ブロック図である。

[図11]図11は、キャピラリ交換装置の動作を示す図である。

[図12]図12は、図11に続くキャピラリ交換装置の動作を示す図である。

[図13]図13は、図12に続くキャピラリ交換装置の動作を示す図である。

[図14]図14は、図13に続くキャピラリ交換装置の動作を示す図である。

[図15]図15は、図14に続くキャピラリ交換装置の動作を示す図である。

[図16]図16は、図15に続くキャピラリ交換装置の動作を示す図である。

[図17]図17は、キャピラリ保持部及びキャピラリ案内装置によって奏されるキャピラリのガイド機能を示す図である。

[図18]図18は、キャピラリ保持部及びキャピラリ案内装置によって奏されるキャピラリの別のガイド機能を示す図である。

[図19]図19は、図16に続くキャピラリ交換装置の動作を示す図である。

[図20]図20は、変形例に係るキャピラリ保持部の断面を示す斜視図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、添付図面を参照しながら本発明を実施するための形態を詳細に説明する。図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

[0016] 図1に示すワイヤボンディング装置1は、例えば、プリント基板などの電極を当該プリント基板に設けられた半導体素子の電極に細径の金属ワイヤを用いて電氣的に接続する。ワイヤボンディング装置1は、ワイヤに対して熱、超音波又は圧力を提供してワイヤを電極に接続する。ワイヤボンディング装置1は、ベース2と、上記接続作業のためのボンディング部3と、被処理部品であるプリント基板などをボンディングエリアに搬送する搬送部4と、を有する。

[0017] ボンディング部3は、ボンディングツール6を含む。ボンディングツール6の先端には、超音波ホーン7が設けられる。超音波ホーン7の先端には、ワイヤに対して熱、超音波又は圧力を提供するためのキャピラリ8が着脱可能に設けられる。

[0018] 以下の説明において、超音波ホーン7が伸びる方向をX軸（第2方向）とする。搬送部4によってプリント基板が搬送される方向をY軸（第3方向）とする。キャピラリ8がボンディング動作を行う際に移動する方向（第1方向）をZ軸とする。

[0019] キャピラリ8は、定期的な交換を要する部品である。そこで、ワイヤボンディング装置1は、作業者による操作を介することなく、キャピラリ8を自動的に交換するキャピラリ交換装置9を有する。

[0020] キャピラリ交換装置9は、超音波ホーン7に取り付けられたキャピラリ8を回収する。さらに、キャピラリ交換装置9は、超音波ホーン7に対して新たなキャピラリ8を装着する。キャピラリ8の交換作業とは、キャピラリ8

を回収する作業と、キャピラリ 8 を装着する作業と、を含む。キャピラリ 8 の交換作業は、予め設定された条件を満たした場合に、自動的に実施される。例えば、当該条件は、ボンディング作業の回数としてもよい。すなわち、所定回数のボンディング作業を実施するごとに、キャピラリ 8 を交換する作業を行うものとしてよい。

[0021] 図 2 に示すように、キャピラリ交換装置 9 は、主要な構成要素として、キャピラリ搬送装置 10（装着部）と、キャピラリ案内装置 40（案内部）と、を有する。キャピラリ交換装置 9 は、付加的な構成要素として、着脱治具 61 と治具駆動部 62 とを有する。治具駆動部 62 は、着脱治具 61 を駆動する。

[0022] <キャピラリ搬送装置>

キャピラリ搬送装置 10 は、超音波ホーン 7 に取り付けられているキャピラリ 8 を取り外す。キャピラリ搬送装置 10 は、超音波ホーン 7 に対してキャピラリ 8 を搬送する。キャピラリ搬送装置 10 は、キャピラリ保持部 11 と、アクチュエータ 12 と、を有する。

[0023] <キャピラリ保持部>

キャピラリ保持部 11 は、キャピラリ 8 を保持する。キャピラリ保持部 11 は、ホルダ 14 を介してアクチュエータ 12 に取り付けられる。キャピラリ保持部 11 は、Z 軸の方向に延びる円柱状を呈する。キャピラリ保持部 11 の下端は、ホルダ 14 に保持されている。キャピラリ保持部 11 の上端には、キャピラリ 8 が着脱可能に差し込まれる。

[0024] 図 3 に示すように、キャピラリ保持部 11 は、主要な構成要素として、上ソケット 16 と、コイルバネ 17 と、下ソケット 18 と、オーリング 19 と、を有する。上ソケット 16、コイルバネ 17 及び下ソケット 18 は、共通する軸線上に配置される。具体的には、上から順に上ソケット 16、コイルバネ 17 及び下ソケット 18 の順に配置される。

[0025] 上ソケット 16 は、略円筒状を呈する。上ソケット 16 は、上端面 16a から下端面 16b に至る貫通孔 16h を有する。上ソケット 16 は、キャピ

ラリ 8 のテーパ面 8 a を保持する。従って、貫通孔 1 6 h の内径は、キャピラリ 8 のテーパ面 8 a の外径に対応する。例えば、貫通孔 1 6 h の内径は、キャピラリ本体 8 b の外径より小さい。貫通孔 1 6 h の上端面 1 6 a 側には、オーリング 1 9 のための座繰り部 1 6 c が設けられる。座繰り部 1 6 c は、オーリング 1 9 を収容可能な寸法を有する。座繰り部 1 6 c の深さは、オーリング 1 9 の高さと同程度である。座繰り部 1 6 c の内径は、オーリング 1 9 の外径と同程度である。

[0026] オーリング 1 9 は、いわゆるトーラス状の形状を呈する。オーリング 1 9 は、キャピラリ 8 のテーパ面 8 a に対して直接に接触する。オーリング 1 9 は、キャピラリ保持部 1 1 においてキャピラリ 8 を保持する。この保持は、オーリング 1 9 の表面に形成される粘着層によってなされる。オーリング 1 9 の内径は、貫通孔 1 6 h の内径と略同程度である。オーリング 1 9 には、キャピラリ 8 のテーパ面 8 a が差し込まれる。

[0027] 上ソケット 1 6 は、外周面に設けられた段差 1 6 d を有する。従って、上端面 1 6 a の外径は、下端面 1 6 b の外径と異なる。具体的には、下端面 1 6 b の外径は、上端面 1 6 a の外径よりわずかに小さい。下端面 1 6 b 側の細径部 1 6 e には、コイルバネ 1 7 がはめ込まれる。

[0028] 下ソケット 1 8 は、略円筒状を呈する。下ソケット 1 8 の上端面 1 8 a は、上ソケット 1 6 の下端面 1 6 b と対面する。下ソケット 1 8 の外形形状は、上ソケット 1 6 の外形形状と同じである。下ソケット 1 8 の外周面には、段差 1 8 d が設けられる。下ソケット 1 8 は、上ソケット 1 6 とは逆に、上端面 1 8 a 側に細径部 1 8 e が設けられる。細径部 1 8 e にも、コイルバネ 1 7 がはめ込まれる。下ソケット 1 8 の下端面 1 8 b 側の太径部 1 8 f は、ホルダ 1 4 によって挟持されている。

[0029] コイルバネ 1 7 は、圧縮バネである。コイルバネ 1 7 の上端側は、上ソケット 1 6 の細径部 1 6 e にはめ込まれる。コイルばね 1 7 の下端側は、下ソケット 1 8 の細径部 1 8 e に差し込まれる。これら上ソケット 1 6 とコイルバネ 1 7 とは、可撓部 1 5 を構成する。従って、上ソケット 1 6 と下ソケット

ト 1 8 とは、コイルバネ 1 7 によって連結されている。コイルバネ 1 7 は、軸線 1 7 A の方向及び軸線 1 7 A と交差する方向に弾性を有する。その結果、上ソケット 1 6 は、下ソケット 1 8 に対する相対的な位置を変更することができる。

[0030] 上記の構成を有するキャピラリ保持部 1 1 は、図 4 に示す保持態様を有する。図 4 の (a) 部は、初期態様におけるキャピラリ保持部 1 1 を示す。図 4 の (b) 部は、第 1 の変形態様におけるキャピラリ保持部 1 1 を示す。図 4 の (c) 部は、第 2 の変形態様におけるキャピラリ保持部 1 1 を示す。

[0031] 図 4 の (a) 部に示すように、第 1 の保持態様に係るキャピラリ保持部 1 1 では、上ソケット 1 6 の軸線 1 6 A は、下ソケット 1 8 の軸線 1 8 A に対して重複している。さらに、キャピラリ 8 の軸線 8 A も当該軸線 1 6 A、1 8 A に重複する。

[0032] 図 4 の (b) 部に示すように、第 2 の保持態様に係るキャピラリ保持部 1 1 では、上ソケット 1 6 の軸線 1 6 A は、下ソケット 1 8 の軸線 1 8 A に対して重複しない。具体的には、下ソケット 1 8 は、ホルダ 1 4 に保持されており、その位置が維持されている。当該下ソケット 1 8 に対して、上ソケット 1 6 が X 軸及び Y 軸の方向に移動する。この状態にあっては、上ソケット 1 6 の軸線 1 6 A は、下ソケット 1 8 の軸線 1 8 A に対して平行である。

[0033] 図 4 の (c) 部に示すように、第 3 の変形態様に係るキャピラリ保持部 1 1 では、上ソケット 1 6 の軸線 1 6 A は、下ソケット 1 8 の軸線 1 8 A に対して重複している。つまり、これらの構成は、第 1 の保持態様と同じである。一方、キャピラリ 8 の軸線 8 A は、上ソケット 1 6 の軸線 1 6 A に対して傾いている。オーリング 1 9 は、トーラスの形状を有するので、キャピラリ 8 のテーパ面 8 a が差し込まれる内周面は、曲面である。例えば、Z 軸に平行な断面におけるオーリング 1 9 の断面形状は、円形である。オーリング 1 9 にテーパ面 8 a が差し込まれた状態を断面視すると、オーリング 1 9 は、2 つの接触部 C 1、C 2 によってテーパ面 8 a と接触する。オーリング 1 9 は、キャピラリ 8 に対して環状の接触線 C L (図 3 参照) において接触

する線接触である。このような接触状態によれば、オーリング１９に対してキャピラリ８の傾きが許容される。

[0034] <アクチュエータ>

再び図２に示すように、アクチュエータ１２は、交換対象となるキャピラリ８及び新規なキャピラリ８を移動させる。さらに、アクチュエータ１２は、キャピラリ８を所定の位置及び姿勢において保持する。アクチュエータ１２は、所定の並進軸（Ｚ軸）の方向に沿う往復移動が可能である。本実施形態において、並進軸は、鉛直方向（Ｚ軸）に沿う。従って、アクチュエータ１２は、鉛直方向に沿ってキャピラリ８を上下動させる。さらに、アクチュエータ１２は、回転軸（Ｘ軸）のまわりにおける回転が可能である。本実施形態において、回転軸は鉛直方向（Ｚ軸）と直交する。つまり、回転軸は水平方向（Ｘ軸）に沿う。従って、アクチュエータ１２は、水平方向のまわりにキャピラリ８を回転させる。

[0035] アクチュエータ１２は、アクチュエータベース２１と、一対のリニアモータ２２Ａ、２２Ｂと、リニアガイド２４と、キャリッジ２６と、制御装置２７（図１参照）と、を有する。

[0036] アクチュエータベース２１は、平板状を呈する。アクチュエータベース２１は、主面２１ａを有する。主面２１ａの法線方向は、水平方向（Ｘ軸の方向）に沿う。主面２１ａ上には、リニアモータ２２Ａ、２２Ｂ、リニアガイド２４及びキャリッジ２６が配置される。

[0037] リニアモータ２２Ａは、キャリッジ２６を移動させる。リニアモータ２２Ａは、いわゆるインパクト駆動方式を原理とする超音波モータである。リニアモータ２２Ａは、駆動軸２８Ａと、超音波素子２９Ａと、を有する。駆動軸２８Ａは、金属製の丸棒である。駆動軸２８Ａの軸線は、アクチュエータベース２１の主面２１ａに対して平行である。駆動軸２８Ａに沿ってキャリッジ２６が移動する。従って、駆動軸２８Ａの長さは、キャリッジ２６の移動範囲を決定する。駆動軸２８Ａの下端は、超音波素子２９Ａに固定される。駆動軸２８Ａの上端は、アクチュエータベース２１の主面２１ａから突出

するガイド31により支持される。駆動軸28Aの上端は、当該ガイド31に対して固定されてもよいし、固定されずに接触するだけでもよい。つまり、駆動軸28Aの下端は、固定端である。駆動軸28Aの上端は固定端又は自由端である。

[0038] 超音波素子29Aは、駆動軸28Aに対して超音波を提供する。具体的には、超音波が提供された駆動軸28Aは、Z軸の沿って僅かに往復移動する。超音波素子29Aは、例えば、圧電素子である piezo 素子を採用してよい。piezo 素子は、加えられた電圧に応じて変形する。従って、piezo 素子は、高周波電圧を与えられると、電圧の周波数と電圧の大きさに応じて変形を繰り返し、超音波を生じる。超音波素子29Aは、アクチュエータベース21から突出するガイド32に固定される。

[0039] 超音波素子29Aには、制御装置27が電氣的に接続される。超音波素子29Aは、制御装置27が発生する駆動電圧を受ける。制御装置27は、超音波素子29Aに提供する交流電圧の周波数と振幅とを制御する。

[0040] リニアモータ22Bの構成は、リニアモータ22Aの構成と同じである。リニアモータ22Bは、Z軸に交差するY軸の方向へ離間して配置される。つまり、リニアモータ22Bの駆動軸28Bは、リニアモータ22Aの駆動軸28Aに対して平行である。リニアモータ22Bの上端は、リニアモータ22Aの上端と同じ高さに配置される。同様に、リニアモータ22Bの下端は、リニアモータ22Aの下端と同じ高さに配置される。

[0041] キャリッジ26は、リニアモータ22A、22Bによって並進及び回転する移動体である。キャリッジ26は、円盤状を呈する。キャリッジ26は、リニアモータ22A、22Bの間に掛け渡されている。アクチュエータベース21とキャリッジ26との間には、キャリッジ26をZ軸の方向に導くリニアガイド24が設けられる。キャリッジ26は、リニアガイド24によって、Z軸の方向に案内される。リニアガイド24は、キャリッジ26の移動方向を規制する。リニアガイド24は、Z軸の方向への駆動力を生じない。

[0042] キャリッジ26は、前円盤33と、与圧円盤34と、後円盤36と、を有

する。これらの円盤は、互いに同じ外径を有し、共通する軸線に沿って積層される。前円盤 33 と与圧円盤 34 との間には、軸体 37 が挟み込まれる。軸体 37 の外径は、前円盤 33 の外径及び与圧円盤 34 の外径よりも小さい。従って、前円盤 33 の外周部と与圧円盤 34 の外周部の間には、隙間が形成される。同様に、後円盤 36 と与圧円盤 34 との間にも、軸体 38 が挟み込まれる。軸体 37 の外径も、後円盤 36 の外形及び与圧円盤 34 の外径よりも小さい。従って、後円盤 36 の外周部と与圧円盤 34 の外周部との間にも、隙間が形成される。

[0043] 後円盤 36 は、リニアガイド 24 のテーブル 24 a に連結される。後円盤 36 は、テーブル 24 a に対して回転可能に連結される。後円盤 36 に対して、与圧円盤 34 及び前円盤 33 は機械的に固定される。与圧円盤 34 及び前円盤 33 は、後円盤 36 に対して回転しない。従って、前円盤 33、与圧円盤 34 及び後円盤 36 を含むキャリッジ 26 の全体は、リニアガイド 24 のテーブル 24 a に対して回転可能である。

[0044] 図 5 に示すように、与圧円盤 34 と後円盤 36 との隙間 G1 には、駆動軸 28 A、28 B が挟み込まれる。具体的には、一对の駆動軸 28 A、28 B は、キャリッジ 26 の重心を挟むように配置される。駆動軸 28 A、28 B は、与圧円盤 34 の裏面 34 b と後円盤 36 の主面 36 a とに接触する。駆動軸 28 A、28 B は、軸体 38 の外周面 38 a には接触しない。隙間 G1 は、与圧円盤 34 及び後円盤 36 の外径よりも小さく、軸体 38 の外径よりも大きい。軸体 38 の外径と後円盤 36 の外径との差分は、駆動軸 28 A、28 B の外径よりも大きい。軸体 37 の外径と与圧円盤 34 の外径との差分は、駆動軸 28 A、28 B の外径よりも大きい。

[0045] 隙間 G1 の間隔は、駆動軸 28 A、28 B の外径よりも僅かに小さい。前円盤 33 と与圧円盤 34 との間には隙間 G2 が形成されている。その結果、与圧円盤 34 と後円盤 36 との間に駆動軸 28 A、28 B を配置したとき、与圧円盤 34 は、前円盤 33 側に僅かにたわむ。このたわみは、駆動軸 28 A、28 B を後円盤 36 に押圧する力を発生する。

- [0046] 以下、図6を参照しながら、アクチュエータ12の動作原理について説明する。図6の(a)部、(b)部及び(c)部は、アクチュエータ12の動作原理を説明する図である。説明の便宜上、図6では、一方のリニアモータ22Aとキャリッジ26とを示し、他方のリニアモータ22B等の図示を省略する。
- [0047] 図6の(a)部は、キャリッジ26の位置を保持する態様を示す。上述したように、キャリッジ26は、与圧円盤34と後円盤36との間に駆動軸28Aが挟み込まれる。キャリッジ26の位置は、当該挟み込みによる与圧によって維持される。より詳細には、キャリッジ26の位置は、与圧を垂直抗力とする摩擦抵抗抗力によって維持される。このとき、制御装置27は、超音波素子29Aに対して電圧を提供しない(電圧値ゼロ、信号E1参照)。あるいは、制御装置27は、所定の電圧値を有する直流電流を超音波素子29Aに提供してもよい。
- [0048] キャリッジ26の位置は、駆動軸28Aとの間の摩擦抵抗抗力によって維持されることは上述したとおりである。ここで、駆動軸28Aを移動させるとき、キャリッジ26が駆動軸28Aに伴って移動する態様と、キャリッジ26が駆動軸28Aに伴わず、キャリッジ26の慣性によって位置を維持し続ける態様と、が生じ得る。これらの態様は、駆動軸28Aを移動させる速度、すなわち超音波の周波数によりいずれの態様となるかを決定できる。例えば、比較的低い周波数(15kHz~30kHz)であるとき、キャリッジ26は、駆動軸28Aに伴って移動する。例えば、比較的高い周波数(100kHz~150kHz)であるとき、キャリッジ26は、駆動軸28Aに伴わず位置を維持する。
- [0049] 例えば、図6の(b)部に示すように、駆動軸28Aを上方向(正方向)へ移動させるときに、キャリッジ26も駆動軸28Aの移動に伴わせる。つまり、駆動軸28Aとキャリッジ26との相対な位置関係は変化しない。そして、駆動軸28Aを下方向(負方向)へ移動させるときに、キャリッジ26を駆動軸28Aの下方への移動に伴わせない。つまり、駆動軸28Aとキ

ャリッジ２６との相対な位置関係は変化する。これらの動作を繰り返すと、
ャリッジ２６は、次第に上方へ移動する。つまり、駆動軸２８Ａを上方向
へ移動させる電圧（信号Ｅ２における符号Ｅ２ａ）の周期を、駆動軸２８Ａ
を下方向へ移動させる電圧の周期（信号Ｅ２における符号Ｅ２ｂ）よりも長
くすることにより、ャリッジ２６を上方へ移動させることができる。

[0050] 逆に、図６の（ｃ）部に示すように、駆動軸２８Ａを下方向へ移動させる
ときに、ャリッジ２６も駆動軸２８Ａの移動に伴わせる。つまり、駆動軸
２８Ａとャリッジ２６との相対な位置関係は変化しない。そして、駆動軸
２８Ａを上方向へ移動させるときに、ャリッジ２６を駆動軸２８Ａの上方
への移動に伴わせない。つまり、駆動軸２８Ａとャリッジ２６との相対な
位置関係は変化する。これらの動作を繰り返すと、ャリッジ２６は、次第
に下方へ移動する。つまり、駆動軸２８Ａを上方向へ移動させる電圧（信号
Ｅ３における符号Ｅ３ａ）の周期を、駆動軸２８Ａを下方向へ移動させる電
圧の周期（信号Ｅ３における符号Ｅ３ｂ）よりも短くすることにより、ャ
リッジ２６を下方へ移動させることができる。

[0051] なお、ャリッジ２６を下方向へ移動させる場合には、上記制御の他に、
駆動軸２８Ａの上下動の両方にャリッジ２６が追従しないようにしてもよ
い。つまり、見かけ上、ャリッジ２６と駆動軸２８Ａとの間の摩擦抵抗が
ャリッジ２６に作用する重力よりも小さくなる。その結果、ャリッジ
２６が落下するように見える。この態様では、ャリッジ２６を下方向に移
動させる力として、ャリッジ２６に作用する重力を利用する。

[0052] 次に、図７及び図８を参照しつつ、アクチュエータ１２の具体的な動作に
ついて説明する。

[0053] 図７の（ａ）部は、ャリッジ２６の位置を維持する動作を示す。上述し
たように、ャリッジ２６の位置を維持する場合には、制御装置２７は、そ
れぞれの超音波素子２９Ａ、２９Ｂに一定の電圧（図７の（ａ）部における
信号Ｅ４、Ｅ５参照）を提供する。または、制御装置２７は、超音波素子
２９Ａ、２９Ｂのいずれにも電圧を提供しない。

[0054] 図7の(b)部は、キャリッジ26を上方向へ移動させる動作を示す。このとき、制御装置27は、一方の超音波素子29Aに、駆動軸28Aを上方向へ移動させる電圧の周期を、駆動軸28Aを下方向へ移動させる電圧の周期よりも長くした交流電圧(図7の(b)部における信号E6参照)を提供する。同様に、制御装置27は、他方の超音波素子29Bにも、駆動軸28Bを上方向へ移動させる電圧の周期を、駆動軸28Bを下方向へ移動させる電圧の周期よりも長くした交流電圧(図7の(b)部における信号E7参照)を提供する。つまり、制御装置27は、両方の超音波素子29A、29Bに同じ交流電圧を提供する。そして、制御装置27は、一方の駆動軸28Aを上方向に移動させるタイミングと、他方の駆動軸28Bを上方向に移動させるタイミングと、を一致させる。つまり、制御装置27は、一方の超音波素子29Aに提供する電圧の位相と、他方の超音波素子29Bに提供する電圧の位相と、を互いに同位相の関係とする。そうすると、一方の駆動軸28Aが与圧円盤34及び後円盤36に押圧される接触部P1と、他方の駆動軸28Bが与圧円盤34及び後円盤36に押圧される接触部P2と、は、同じ距離だけ上方に移動していく。その結果、接触部P1、P2は、平行状態を保ったまま、上方に移動する。つまり、キャリッジ26は、重心のまわりに回転することなく、上方向に並進する。

[0055] 図7の(c)部は、キャリッジ26を下方向へ移動させる動作を示す。このとき、制御装置27は、一方の超音波素子29Aに、駆動軸28Aを上方向へ移動させる電圧の周期を、駆動軸28Aを下方向へ移動させる電圧の周期よりも短くした交流電圧(図7の(c)部における信号E8参照)を提供する。同様に、制御装置27は、他方の超音波素子29Bにも、駆動軸28Bを上方向へ移動させる電圧の周期を、駆動軸28Bを下方向へ移動させる電圧の周期よりも短くした交流電圧(図7の(c)部における信号E9参照)を提供する。そうすると、一方の駆動軸28Aが与圧円盤34及び後円盤36に押圧される接触部P1と、他方の駆動軸28Bが与圧円盤34及び後円盤36に押圧される接触部P2と、は、同じ距離だけ下方に移動していく

。その結果、接触部 P 1、P 2 は、平行状態を保ったまま、下方に移動する。つまり、キャリッジ 2 6 は、重心のまわりに回転することなく、下方方向に並進する。

[0056] 上記の制御によれば、キャリッジ 2 6 を下方に移動させるときには、キャリッジ 2 6 と駆動軸 2 8 A、2 8 B との間には摩擦抵抗力が作用しており、それぞれの相対的な位置は変わらない。従って、キャリッジ 2 6 が重心のまわりに回転することもない。その結果、例えば、キャリッジ 2 6 に保持されたキャピラリ 8 の姿勢に起因してキャリッジ 2 6 を回転させるようなトルクが生じている場合であっても、キャリッジ 2 6 の回転を抑制しつつ、キャリッジ 2 6 を下方方向に移動させることができる。

[0057] なお、キャリッジ 2 6 を上方向及び下方方向へ移動させる並進にあっては、リニアモータ 2 2 A は、1 個で実現することもできる。実施形態に係るアクチュエータ 1 2 は、2 個のリニアモータ 2 2 A、2 2 B を有するので、1 個のリニアモータ 2 2 A を有する構成よりも推進力を高めることができる。

[0058] 図 8 の (a) 部は、キャリッジ 2 6 を時計方向に回転させる動作を示す。このとき、制御装置 2 7 は、一方の超音波素子 2 9 A に、駆動軸 2 8 A を上方向へ移動させる電圧の周期を、駆動軸 2 8 A を下方方向へ移動させる電圧の周期よりも短くした交流電圧 (図 8 の (a) 部における信号 E 1 0 参照) を提供する。一方、制御装置 2 7 は、他方の超音波素子 2 9 B には、駆動軸 2 8 B を上方向へ移動させる電圧の周期を、駆動軸 2 8 B を下方方向へ移動させる電圧の周期よりも長くした交流電圧 (図 8 の (a) 部における信号 E 1 1 参照) を提供する。つまり、制御装置 2 7 は、超音波素子 2 9 A に提供する電圧と、超音波素子 2 9 B に提供する電圧と、を互いに異ならせる。そして、制御装置 2 7 は、一方の駆動軸 2 8 A を上方向に移動させるタイミングと、他方の駆動軸 2 8 B を下方方向に移動させるタイミングと、を一致させる。制御装置 2 7 は、一方の超音波素子 2 9 A に提供する電圧の位相と、他方の超音波素子 2 9 B に提供する電圧の位相と、を互いに逆位相の関係とする。そうすると、一方の駆動軸 2 8 A が与圧円盤 3 4 及び後円盤 3 6 に押圧され

る接触部 P 1 が下方方向に移動し、他方の駆動軸 2 8 B が与圧円盤 3 4 及び後円盤 3 6 に押圧される接触部 P 2 が上方方向へ移動する。接触部 P 1、P 2 は、互いに逆方向へ移動する。これらの移動量が一致するならば、接触部 P 1、P 2 は、Z 軸の方向における位置を保ったまま、時計方向に回転する。

[0059] 図 8 の (b) 部は、キャリッジ 2 6 を反時計方向に回転させる動作を示す。このとき、制御装置 2 7 は、一方の超音波素子 2 9 A に、駆動軸 2 8 A を上方方向へ移動させる電圧の周期を、駆動軸 2 8 A を下方方向へ移動させる電圧の周期よりも長くした交流電圧 (図 8 の (b) 部における信号 E 1 2 参照) を提供する。一方、制御装置 2 7 は、他方の超音波素子 2 9 B には、駆動軸 2 8 B を上方方向へ移動させる電圧の周期を、駆動軸 2 8 B を下方方向へ移動させる電圧の周期よりも短くした交流電圧 (図 8 の (b) 部における信号 E 1 3 参照) を提供する。そうすると、一方の駆動軸 2 8 A が与圧円盤 3 4 及び後円盤 3 6 に押圧される接触部 P 1 は、上方方向に移動する。他方の駆動軸 2 8 B が与圧円盤 3 4 及び後円盤 3 6 に押圧される接触部 P 2 は、下方方向へ移動する。接触部 P 1、P 2 は、互いに逆方向へ移動する。これらの移動量が一致するならば、接触部 P 1、P 2 は、Z 軸の方向における位置を保ったまま、反時計方向に回転する。

[0060] <キャピラリ案内装置>

再び図 2 に示すように、キャピラリ案内装置 4 0 は、超音波ホーン 7 の孔 7 h (キャピラリ保持孔) にキャピラリ 8 を挿入するときにキャピラリ 8 を案内する。キャピラリ案内装置 4 0 は、アクチュエータ 1 2 に設けられる。従って、キャピラリ案内装置 4 0 は、アクチュエータ 1 2 を構成する部品との相対的な位置関係を保存する。キャピラリ案内装置 4 0 は、アクチュエータ 1 2 から超音波ホーン 7 に向けて伸びる片持ち梁状を呈する。

[0061] 図 9 は、キャピラリ案内装置 4 0 の主要部分を断面視した斜視図である。図 1 0 は、キャピラリ案内装置 4 0 を示す機能ブロック図である。キャピラリ案内装置 4 0 は、案内本体部 4 1 と、駆動部 4 2 と、接触検知部 4 3 (図 1 0 参照) と、を有する。

- [0062] 案内本体部41は、案内本体部41の自由端部に設けられたガイド孔41hを有する。ガイド孔41hは、キャピラリ8のキャピラリ本体8bを受け入れる。そして、ガイド孔41hは、超音波ホーン7の孔7hへキャピラリ8を導く。ガイド孔41hは、キャピラリ案内装置40の主面41aから裏面41bに至る貫通孔である。ガイド孔41hは、キャピラリ案内装置40の前端面41cにも開口している。ガイド孔41hは、裏面41b及び前端面41cからキャピラリ8を受け入れる。
- [0063] ガイド孔41hは、テーパ孔部41t（テーパ面）と、平行孔部41p（案内面）と、を含む。テーパ孔部41tの下端は、裏面41bに開口する。平行孔部41pの上端は、主面41aに開口する。裏面41bにおけるテーパ孔部41tの内径は、主面41aにおける平行孔部41pの内径よりも大きい。この内径は、キャピラリ8の上端における外径よりも大きい。ガイド孔41hは、裏面41bから主面41aに向かって次第に内径が小さくなる。ガイド孔41hの内径は、テーパ孔部41tと平行孔部41pとが連結された位置において最小値をとる。この内径は、キャピラリ8の上端における外径と略同じである。そして、平行孔部41pの内径は、一定である。
- [0064] 駆動部42は、案内本体部41をキャピラリ8に対して近接させると共に離間させる。駆動部42は、キャピラリ8の交換作業を行わないとき、案内本体部41をキャピラリ8から離間させる。駆動部42は、キャピラリ8の交換作業を行うとき、案内本体部41をキャピラリ8に接触させる。駆動部42は、キャピラリ8の交換作業を行うとき、案内本体部41を振動させる。
- [0065] 駆動部42は、駆動本体部44と、テーブル46（移動体）と、リニアモータ47A、47Bと、超音波素子48（振動発生部）と、連結部49と、を有する。駆動本体部44は、アクチュエータベース21に固定される。テーブル46は、駆動本体部44に対して移動である。テーブル46は、キャピラリ8に近づく方向とキャピラリ8から遠ざかる方向とに移動する。これらの方向は、X軸方向に平行である。テーブル46は、X軸方向に沿って往

復移動する。駆動部42は、2個のリニアモータ47A、47Bを有する。
リニアモータの数は、1個であってもよい。

[0066] リニアモータ47A、47Bは、テーブル46をX軸方向に案内すると共にテーブル46に対してX軸方向に沿う駆動力を提供する。リニアモータ47A、47Bは、いわゆるインパクト駆動方式を原理とする超音波モータである。リニアモータ47A、47Bは、超音波素子47a（超音波発生体）と、駆動軸47bと、を有する。駆動軸47bは、金属製の丸棒である。駆動軸47bは、その軸線がX軸方向に対して並行である。駆動軸47bは、テーブル46に設けられた溝に配置される。駆動軸47bは、板バネ部材によって溝の壁面に所定の力をもって押圧されている。溝の壁面と駆動軸47bの外周面との間には、所定の摩擦抵抗力が生じる。テーブル46に対してX軸方向に沿う外力が作用したとき、摩擦抵抗力は、当該外力に対抗する。従って、外力が摩擦抵抗力より小さい場合には、テーブル46は移動しない。外力が摩擦抵抗力より大きい場合には、テーブル46は移動する。

[0067] 超音波素子47aは、駆動軸47bの端部に設けられている。超音波素子47aは、駆動軸47bに超音波を提供する。超音波素子29Aは、例えば、圧電素子であるピエゾ素子を採用してよい。超音波素子47aは、駆動本体部44に固定される。超音波素子47aが発生する超音波の周波数を制御することにより、テーブル46に駆動力が提供される。この駆動力の向きは、テーブル46をキャピラリ8に近づける方向（以下「正のX軸方向」と呼ぶ）、及び、テーブル46をキャピラリ8から遠ざける方向（以下「負のX軸方向」と呼ぶ）である。テーブル46の移動と超音波素子47aに提供される信号（例えば図14に示す信号E14）との関係については、後述する。

[0068] 超音波素子48は、テーブル46及び連結部49に固定されている。超音波素子48は、連結部49に対して超音波を提供する。超音波素子48の振動方向は、駆動軸47bと直交する。換言すると、超音波素子48は、連結部49をY軸方向に振動させる。この振動は、連結部49を介して案内本体

部４１に伝わる。超音波素子４８の動作は、必要に応じて行うこととしてもよい。

[0069] 図１０に示す接触検知部４３は、超音波ホーン７が案内本体部４１に接触したことを検知する。接触検知部４３は、案内本体部４１及び駆動部４２の効果を妨げないための電氣的な接点検出機構である。接触検知部４３は、電源５１（電圧提供部）と、電流計５２（情報取得部）と、含む。電源５１の第１の出力は、超音波ホーン７に電氣的に接続される。電源５１の第２の出力は、案内本体部４１に電氣的に接続される。この構成によれば、超音波ホーン７と案内本体部４１との間に所定の電位差が生じる。そして、電流計５２は、超音波ホーン７と案内本体部４１とを電氣的に接続する経路５３に設けられる。キャピラリ８を交換しないとき、超音波ホーン７は、案内本体部４１から離間している。従って、経路５３には電流が流れない。その結果、制御装置２７は、電流計５２の出力がゼロであることに基づいて、超音波ホーン７と案内本体部４１とが離間していることを認識できる。一方、キャピラリ８を交換する作業における所定期間には、超音波ホーン７と案内本体部４１とが接触する。従って、経路５３には電流が流れる。その結果、制御装置２７は、電流計５２から電流が流れていることを示す信号が出力されていることに基づいて、超音波ホーン７と案内本体部４１とが接触していることを認識できる。

[0070] 超音波ホーン７と案内本体部４１との接触は、超音波ホーン７と案内本体部４１との間に生じる電位差に基づいて検知してもよい。この場合には、接触検知部４３は、電流計に代えて、電圧計を有する。接触していないとき、電圧計は、電源５１が提供している所定の電圧値を出力する。一方、接触したとき、超音波ホーン７と案内本体部４１との間に電流が流れるので、電圧値は低下する。この電圧値の変化に基づいて、超音波ホーン７と案内本体部４１との接触を検知してもよい。

[0071] <交換動作>

続いて、上記のキャピラリ交換装置９によって行われるキャピラリ交換動

作について説明する。

- [0072] 図 11 の (a) 部は、超音波ホーン 7 に取り付けられたキャピラリ 8 U を交換する直前の状態を示す。キャピラリ交換装置 9 は、上記のキャピラリ保持部 11、キャピラリ案内装置 40 及びアクチュエータ 12 に加えて、付加的な構成要素としてキャピラリストッカ 54 と、キャピラリ回収部 55 と、を有する。キャピラリストッカ 54 は、交換用のキャピラリ 8 N を複数収容する。また、キャピラリ回収部 55 は、使用済みのキャピラリ 8 U を収容する。
- [0073] 図 11 の (a) 部に示された状態は、例えば、超音波ホーン 7 に取り付けられたキャピラリ 8 U によってワイヤボンディング作業が行われている状態である。従って、キャピラリ交換装置 9 は、当該ワイヤボンディング作業を妨げない位置に退避してもよい。
- [0074] 図 11 の (b) 部は、交換動作における第 1 ステップを示す。まず、キャピラリ交換装置 9 は、制御装置 27 によってキャリッジ 26 を時計方向に回転させる。この回転は、図 8 の (a) 部に示した動作に対応する。この回転によって、ワイヤボンディング作業を妨げない位置に退避していたキャピラリ保持部 11 がキャピラリ 8 U の下方に位置する。
- [0075] 図 12 の (a) 部及び図 12 の (b) 部は、交換動作における第 2 ステップを示す。第 2 ステップでは、案内本体部 41 をキャピラリ 8 に接触させる。まず、制御装置 27 は、超音波素子 47 a に信号 E 14 を提供する。この信号 E 14 は、テーブル 46 を正の X 軸方向に移動させる。超音波は、正の X 軸方向に向かう振幅（以下「正の振幅」と呼ぶ）と、負の X 軸方向に向かう振幅（以下「負の振幅」と呼ぶ）と、を含む。超音波の周波数に応じて、駆動軸 47 b とテーブル 46 との態様が異なる。例えば、超音波の周波数が比較的低いとき（15 kHz 以上 30 kHz 以下）には、駆動軸 47 b の移動に伴ってテーブル 46 も移動する。一方、超音波の周波数が比較的高いとき（100 kHz 以上 150 kHz 以下）には、駆動軸 47 b の移動にテーブル 46 の移動が伴わない。換言すると、テーブル 46 に対して駆動軸 47

bが移動する。

[0076] 上記の態様によれば、制御装置27は、図12の(b)部の信号E14に示すように、正の振幅であって比較的低い周波数の信号成分と、負の振幅であって比較的高い周波数の信号成分と、を繰り返す制御信号を発生させる。その結果、テーブル46は、正のX軸方向に移動する。そして、案内本体部41の平行孔部41pがキャピラリ8に接触したとき、制御装置27は、制御信号の提供を停止する。案内本体部41がキャピラリ8に接触した状態では、案内本体部41からキャピラリ8へ押圧力は作用していない。つまり、案内本体部41は、キャピラリ8に単に接触しているだけである。

[0077] 第2ステップでは、案内本体部41を移動させる動作と並行して、案内本体部41を振動させる動作も行う。制御装置27は、超音波素子48に対して制御信号を提供する。その結果、超音波素子48は、連結部49を介して超音波を案内本体部41に提供する。この振動によれば、キャピラリ8を平行孔部41pに良好に導くことができる。

[0078] 図13の(a)部は、交換動作における第3ステップを示す。第3ステップでは、超音波ホーン7を案内本体部41に接触させる。制御装置27は、ボンディング部3に制御信号を提供する。その結果、超音波ホーン7は降下する。換言すると、制御装置27は、超音波ホーン7を負のZ軸方向に移動させる。制御装置27は、超音波ホーン7を移動させている間、電流計52の出力を監視する。制御装置27は、電流計52の出力に所定の変化が現れたとき、超音波ホーン7の下面7aが案内本体部41の主面41aに接触したと判定する。この所定の変化とは、例えば、電流計52の出力がゼロ（非接触）から、所定の値に変化した場合としてよい。そして、制御装置27は、超音波ホーン7の降下を停止する。

[0079] 図13の(b)部は、交換動作における第4ステップの状態を示す。第4ステップでは、キャピラリ保持部11にキャピラリ8Uを装着する。キャピラリ交換装置9は、制御装置27によってキャリッジ26を上方に移動させる。この移動は、図7の(b)部に示した動作に対応する。この移動によっ

て、キャピラリ保持部 11 は、超音波ホーン 7 に取り付けられたキャピラリ 8 U を保持する。

[0080] 図 14 の (a) 部及び図 14 の (b) 部は、交換動作における第 5 ステップの状態を示す。第 5 ステップでは、超音波ホーン 7 からキャピラリ 8 U を引き抜く。キャピラリ交換装置 9 は、制御装置 27 によってキャリッジ 26 を下方に移動させる。この移動は、図 7 の (c) 部に示した動作に対応する。この移動によって、キャピラリ保持部 11 に保持されたキャピラリ 8 U は、超音波ホーン 7 から取り外される。案内本体部 41 は、キャピラリ 8 U に接触しているだけである。案内本体部 41 は、案内本体部 41 はキャピラリ 8 U に向かう力を発生させていない。その結果、キャピラリ 8 U を取り外したとしても、案内本体部 41 は、その位置を保ち続ける。換言すると、キャピラリ 8 U を取り外したことにより、正の X 軸方向へ有意な移動を生じない。その結果、案内本体部 41 と超音波ホーン 7 との相対的な位置関係は、保存される。

[0081] 図 15 の (a) 部は、交換動作における第 6 ステップの状態を示す。第 6 ステップでは、取り外したキャピラリ 8 U を搬送する。キャピラリ交換装置 9 は、制御装置 27 によってキャリッジ 26 を時計方向に回転させる。この移動は、図 8 の (a) 部に示した動作に対応する。この移動によって、キャピラリ保持部 11 に保持されたキャピラリ 8 U がキャピラリ回収部 55 に搬送され、使用済みのキャピラリ 8 U として回収される。

[0082] 図 15 の (b) 部は、交換動作における第 7 ステップの状態を示す。第 7 ステップでは、新たなキャピラリ 8 N を保持する。キャピラリ交換装置 9 は、制御装置 27 によってキャリッジ 26 を反時計方向に回転させる。この移動は、図 8 の (b) 部に示した動作に対応する。この移動によって、キャピラリ保持部 11 は、交換用の新規なキャピラリ 8 N を保持する。

[0083] 図 16 の (a) 部は、交換動作における第 8 ステップの状態を示す。第 8 ステップでは、新たなキャピラリ 8 N を超音波ホーン 7 の下方に搬送する。キャピラリ交換装置 9 は、制御装置 27 によってキャリッジ 26 を時計方向

に回転させる。この移動は、図 8 の（a）部に示した動作に対応する。この移動によって、キャピラリ保持部 11 に保持された新規なキャピラリ 8 N は、超音波ホーン 7 の孔 7 h の下方に位置する。

[0084] 図 16 の（b）部は、交換動作における第 9 ステップの状態を示す。第 9 ステップでは、キャピラリ 8 N を孔 7 h に差し込む。キャピラリ交換装置 9 は、制御装置 27 によってキャリッジ 26 を上方に移動させる。この移動は、図 7 の（b）部に示した動作に対応する。この移動によって、キャピラリ保持部 11 に保持された新規なキャピラリ 8 N は、超音波ホーン 7 の孔 7 h に差し込まれる。この差し込みにおいては、キャピラリ保持部 11 及びキャピラリ案内装置 40 の作用によって、キャピラリ 8 N とキャピラリ案内装置 40 とのずれ、及び、キャピラリ 8 N と超音波ホーン 7 の孔 7 h とのずれが解消される。

[0085] 図 17 及び図 18 を参照しながら、第 9 ステップにおけるキャピラリ 8 N の装着動作について詳細に説明する。図 17 の（a）部に示す状態では、超音波ホーン 7 の孔 7 h の軸線 7 A と、案内本体部 41 のガイド孔 41 h の軸線 41 A とは重複する。一方、キャピラリ保持部 11 に保持されたキャピラリ 8 N は、その軸線 8 A が、軸線 7 A、41 A に対して X 軸の方向に平行にずれている。

[0086] 図 17 の（a）部に示す状態から、キャピラリ保持部 11 を Z 軸の方向に移動させる。そうすると、図 17 の（b）部に示すように、まず、キャピラリ 8 N の上端がテーパ孔部 41 t の壁面に接触する。さらにキャピラリ保持部 11 を上に移動させると、キャピラリ 8 N は、壁面に沿って移動する。この移動は、上向き（Z 軸方向）の成分に加えて、水平方向（X 軸方向）の成分も含む。キャピラリ保持部 11 は、コイルバネ 17 によって上ソケット 16 が下ソケット 18 に対して移動することができる。つまり、下ソケット 18 を上方向に移動させると、上ソケット 16 は、上方向に移動しながら、コイルバネ 17 によって水平方向へも移動する。

[0087] この移動によれば、キャピラリ 8 N の軸線 8 A が孔 7 h の軸線 7 A に次第

に近づく。キャピラリ 8 N の上端が平行孔部 4 1 p に達すると、キャピラリ 8 N の軸線 8 A は孔 7 h の軸線 7 A に重複する。従って、キャピラリ 8 N が超音波ホーン 7 の孔 7 h に差し込まれる。

[0088] 図 1 7 の (a) 部に示す例は、超音波ホーン 7 と案内本体部 4 1 との位置関係が理想的な状態である。一方、図 1 8 の (a) 部に示す例は、案内本体部 4 1 の軸線 4 1 A に対して、超音波ホーン 7 の孔 7 h の軸線 7 A が傾いている。

[0089] このような状態において、キャピラリ 8 N を差し込む動作を説明する。図 1 8 の (b) 部に示すように、孔 7 h の軸線 7 A に対してキャピラリ 8 N の軸線 8 A が相対的に傾いている。従って、キャピラリ 8 N の上端が孔 7 h の壁面に接触するので、キャピラリ 8 N を孔 7 h にそれ以上差し込むことができない。さらに孔 7 h に対してキャピラリ 8 N を差し込むためには、孔 7 h の軸線 7 A に対してキャピラリ 8 N の軸線 8 A を平行にし、且つ、軸線 7 A に軸線 8 A を重複させることが必要である。

[0090] 上述したように、キャピラリ保持部 1 1 は、上ソケット 1 6 が下ソケット 1 8 に対してずれることが可能であり、さらに、キャピラリ 8 N は上ソケット 1 6 の軸線 1 6 A に対して傾くことが可能である。これらの作用によれば、図 1 8 の (c) 部に示すように、キャピラリ保持部 1 1 を上昇させるにつれて、キャピラリ 8 N の軸線 8 A は、孔 7 h の軸線 7 A に次第に近づいていき、最終的に孔 7 h に差し込むことができる。つまり、キャピラリ保持部 1 1 がキャピラリ 8 N を柔軟に保持しているので、キャピラリ 8 N と案内本体部 4 1 とのずれ、及び、キャピラリ 8 N と超音波ホーン 7 の孔 7 h とのずれを解消することができる。従って、キャピラリ保持部 1 1 と案内本体部 4 1 とによれば、キャピラリ 8 N を確実に装着することができる。

[0091] 次に、図 1 9 の (a) 部に示すように、案内本体部 4 1 から超音波ホーン 7 を離間させる。具体的には、制御装置 2 7 は、制御信号をボンディング部 3 に提供する。その結果、超音波ホーン 7 は、上方（正の Z 軸方向）に移動する。

- [0092] 図19の(b)部に示すように、キャピラリ8Nから案内本体部41を離間させる。具体的には、まず、制御装置27は、超音波素子47aに信号E15を提供する。この信号E15は、テーブル46を負のX軸方向に移動させるためのものである。制御装置27は、正の振幅であって比較的高い周波数の信号成分と、負の振幅であって比較的低い周波数の信号成分と、を繰り返す信号E15を発生させる。その結果、テーブル46は、負のX軸方向に移動する。そして、案内本体部41が初期位置に復帰したとき、制御装置27は、制御信号の提供を停止する。
- [0093] 以下、実施形態に係るキャピラリ案内装置40及びワイヤボンディング装置1の作用効果について説明する。
- [0094] キャピラリ案内装置40は、ボンディングツール6の孔7hにキャピラリ8を案内する。キャピラリ案内装置40は、孔7hに保持されたキャピラリ8に接触可能な案内本体部41と、孔7hの中心軸線に沿うX軸方向に沿って案内本体部41を移動させることにより、キャピラリ8に接触可能な位置に案内本体部41を配置する駆動部42と、を備える。駆動部42は、案内本体部41に連結されるテーブル46と、X軸方向に延び、テーブル46との間で摩擦抵抗力を発揮する駆動軸47bと、駆動軸47bの端部に固定されると共に、駆動軸47bに超音波を提供する超音波素子47aと、を有する。
- [0095] 案内本体部41は、ボンディングツール6に保持されているキャピラリ8に接触することが可能である。この接触によれば、ボンディングツール6に保持されているキャピラリ8の位置を案内本体部41の位置として保存することができる。キャピラリ8に対して案内本体部41を接触させるとき、駆動部42は、超音波素子47aが提供する超音波によってテーブル46を移動させることにより、案内本体部41をキャピラリ8に近づける。キャピラリ8に接触した案内本体部41の位置は、テーブル46と駆動軸47bとの間の摩擦抵抗力によって保持される。案内本体部41をキャピラリ8に接触させた状態では、案内本体部41がキャピラリ8を押圧する力は存在しない。

。その結果、キャピラリ 8 を取り外したときに、ボンディングツール 6 に対する案内本体部 4 1 の相対的な位置は、確実に維持される。案内本体部 4 1 によってキャピラリ 8 が案内されると、ボンディングツール 6 の孔 7 h に対して確実にキャピラリ 8 を導くことができる。従って、自動的なキャピラリ 8 の交換作業を確実に行うことができる。

[0096] 要するに、既に挿入されているキャピラリ 8 を基準に倣い部品として、案内本体部 4 1 をキャピラリ 8 に当接させて位置決めする。例えば、キャピラリに案内本体部を当接させる機構として、リードスクリューを用いるものがある。しかし、リードスクリューとナットとのがた（バックラッシュ）に起因して、機械的なひずみが蓄積されることがある。また、キャピラリに案内本体部を押し当てると、その押圧力によってユニット全体にたわみが生じる可能性もある。例えば、エアシリンダーを用いて案内本体部をキャピラリに押し当てた場合において、キャピラリが取り外されるとストロークの余剰分などが解放される。その結果、案内本体部の位置がずれてしまうことが生じる。

[0097] 上記のような問題に対して、超音波モータを駆動源とする駆動部 4 2 には機械的ながたが存在しない。また、キャピラリ案内装置 4 0 は、テーブル 4 6 と駆動軸 4 7 b との摩擦抵抗力によって案内本体部 4 1 の位置を保持する。つまり、キャピラリ案内装置 4 0 には、機械的なひずみが蓄積されない。従って、キャピラリ 8 が取り外されても、案内本体部 4 1 の位置が確実に維持される。その結果、キャピラリ案内装置 4 0 が奏する倣い効果を最大限発揮することができる。また、ワイヤボンディング装置 1 ごとに、それぞれの個体特性に適合させるチューニング作業を不要とすることができる。

[0098] 上記のキャピラリ案内装置 4 0 の駆動部 4 2 は、テーブル 4 6 に取り付けられると共に、Y 軸方向に沿う振動を、テーブル 4 6 を介して案内本体部 4 1 に提供する超音波素子 4 8 をさらに有する。この構成によれば、案内本体部 4 1 を確実にキャピラリ 8 に接触させることができる。従って、さらに良好にキャピラリ 8 の位置を案内本体部 4 1 の位置として保存することができる。

る。

[0099] 上記のキャピラリ案内装置40の案内本体部41は、キャピラリ8の側面に接触可能な平行孔部41pと、平行孔部41pに連続するテーパ孔部41tと、を含む。案内本体部41のボンディングツール6と対面する主面41aは、平行孔部41pを構成する開口端を含む。主面41aに対して逆側の案内本体部41の裏面41bは、テーパ孔部41tを構成する開口端を含む。この構成によれば、新しいキャピラリ8は、テーパ孔部41t側から提供される。その結果、キャピラリ本体8bの外周面が平行孔部41pとずれている場合であっても、平行孔部41pと連続するテーパ孔部41tに沿ってキャピラリ8が移動することにより、キャピラリ8は平行孔部41pに導かれる。従って、自動的なキャピラリ8の交換作業をさらに確実に行うことができる。

[0100] 上記のキャピラリ案内装置40は、案内本体部41がボンディングツール6と接触したことを検知する接触検知部43をさらに備える。接触検知部43は、ボンディングツール6と案内本体部41との間に電位差を生じさせる電源51と、ボンディングツール6と案内本体部41と電源51により形成される電気回路の状態に応じて、案内本体部41がボンディングツール6と接触したことを示す情報を得る電流計52と、をさらに有する。この構成によれば、ボンディングツール6と案内本体部41との接触を電氣的に検出することができる。従って、ボンディングツール6と案内本体部41との間に作用する反力を極めて小さくすることができる。そうすると、ボンディングツール6に対する案内本体部41の相対的な位置を、さらに確実に維持することができる。

[0101] ワイヤボンディング装置1は、孔7hに対して着脱可能に保持されたキャピラリ8を有するボンディングツール6と、孔7hに向けてキャピラリ8をキャピラリ案内装置40によって案内しながら、キャピラリ8を孔7hに取り付けるキャピラリ交換装置9と、を備える。キャピラリ案内装置40は、孔7hに保持されたキャピラリ8に接触可能な案内本体部41と、孔7hの

中心軸線に沿うX軸方向に沿って案内本体部41を移動させることにより、キャピラリ8に接触可能な位置に案内本体部41を配置する駆動部42と、を有する。駆動部42は、案内本体部41に連結されるテーブル46と、X軸方向に延び、テーブル46との間で摩擦抵抗力を発揮する駆動軸47bと、駆動軸47bの端部に固定されると共に、駆動軸47bに超音波を提供する超音波素子47aと、を含む。このワイヤボンディング装置1は、上記のキャピラリ案内装置40を備えている。従って、ワイヤボンディング装置1は、自動的なキャピラリ8の交換作業を確実に行うことができる。

[0102] 以上、本発明の実施形態について説明したが、上記実施形態に限定されることなく様々な形態で実施してよい。

[0103] <変形例1>

実施形態のキャピラリ交換装置9では、駆動源として、慣性の法則を利用したインパクト駆動方式を原理とする超音波駆動モータを例示した。キャピラリ交換装置9の駆動源は、この構成に限定されず、所定方向に沿う力を発生し得るものを適宜採用してもよい。例えば、駆動源として、ボールねじを利用したリニアガイドを採用してもよい。

[0104] <変形例2>

キャピラリ保持部は、キャピラリ8の姿勢を柔軟に変更し得る態様で保持できればよい。従って、上記キャピラリ保持部の構成に限定されず、図20に示す変形例に係るキャピラリ保持部11Aを採用してもよい。

[0105] キャピラリ保持部11Aは、主要な構成要素として、金属製のパイプ72と、シリコーン樹脂製のチューブ73と、キャップ74と、を有する。パイプ72は、筒状を呈し、その内部にチューブ73を収容する。パイプ72の一端及びチューブ73の一端は、キャップ74によって閉鎖される。このキャップ74は、ホルダ14によって保持される。チューブ73の上端73a（上端開口縁）は、パイプ72の上端72aと略一致する。また、チューブ73の外径は、パイプ72の内径よりも小さい。つまり、チューブ73の外周面とパイプ72の内周面との間には、僅かな隙間が形成される。そして、

チューブ 7 3 の上端 7 3 a において、キャピラリ 8 のテーパ面 8 a が保持される。

- [0106] キャピラリ保持部 1 1 A によれば、チューブ 7 3 が所定の可撓性を有する。従って、チューブ 7 3 の外周面とパイプ 7 2 の内周面との間に形成された隙間の分だけ、キャピラリ保持部 1 1 A はキャピラリ 8 の姿勢変更を許容できる。具体的には、パイプ 7 2 の軸線 7 2 A と交差する方向への偏心及び傾きを許容できる。
- [0107] ここで、チューブ 7 3 のみの場合、キャピラリ 8 の姿勢によってはチューブ 7 3 の剛性が不足するため、キャピラリ 8 を保持できない場合が生じ得る。しかし、チューブ 7 3 の外側には、チューブ 7 3 よりも剛性の高いパイプ 7 2 が存在するので、チューブ 7 3 の剛性が不足する場合であっても、パイプ 7 2 によってキャピラリ 8 の変位を許容範囲に収めることができる。
- [0108] チューブ 7 3 にキャピラリ 8 が差し込まれた状態では、当該上端 7 3 a の内周縁とテーパ面 8 a との接触状態は、線接触となる。従って、実施形態に係るキャピラリ保持部 1 1 A と同様に、キャピラリ 8 を傾けて保持することもできる。

符号の説明

- [0109] 1…ワイヤボンディング装置、2…ベース、3…ボンディング部、4…搬送部、6…ボンディングツール、7…超音波ホーン、7 h…孔（保持孔）、8, 8 N, 8 U…キャピラリ、8 a…テーパ面、9…キャピラリ交換装置、10…キャピラリ搬送装置、11, 11 A…キャピラリ保持部、12…アクチュエータ、14…ホルダ、15…可撓部、16…上ソケット、16 c…座繰り部、16 e…細径部、16 h…貫通孔、17…コイルバネ、18…下ソケット、18 e…細径部、18 f…太径部、19…オーリング、21…アクチュエータベース、22 A, 22 B…リニアモータ、24…リニアガイド、24 a…テーブル、26…キャリッジ、27…制御装置、28 A, 28 B…駆動軸、29 A, 29 B…超音波素子、31, 32…ガイド、33…前円盤、34…与圧円盤、36…後円盤、37, 38…軸体、40…キャピラリ案内

装置（案内部）、４１…案内本体部、４１ｈ…ガイド孔、４１ｐ…平行孔部（案内面）、４１ｔ…テーパ孔部（テーパ面）、４２…駆動部、４３…接触検知部、４４…駆動本体部、４６…テーブル（移動体）、４７Ａ、４７Ｂ…リニアモータ、４７ａ…超音波素子（超音波発生体）、４７ｂ…駆動軸、４８…超音波素子（振動発生部）、４９…連結部、５１…電源（電圧提供部）、５２…電流計（情報取得部）、５４…キャピラリストック、５５…キャピラリ回収部、６１…着脱治具、６２…治具駆動部、７２…パイプ、７３…チューブ、７４…キャップ。

請求の範囲

- [請求項1] ボンディングツールの保持孔にキャピラリを案内するキャピラリ案内装置であって、
- 前記保持孔に保持された前記キャピラリに接触可能な案内本体部と、
- 、
- 前記保持孔の中心軸線に沿う第1方向と交差する第2方向に沿って前記案内本体部を移動させることにより、前記キャピラリに接触可能な位置に前記案内本体部を配置する駆動部と、を備え、
- 前記駆動部は、
- 前記案内本体部に連結される移動体と、
- 前記第2方向に延び、前記移動体との間で摩擦抵抗力を発揮する駆動軸と、
- 前記駆動軸の端部に固定されると共に、前記駆動軸に超音波を提供する超音波発生体と、を有する、キャピラリ案内装置。
- [請求項2] 前記駆動部は、前記移動体に取り付けられると共に、前記第1方向及び前記第2方向のそれぞれに交差する第3方向に沿う振動を、前記移動体を介して前記案内本体部に提供する振動発生部をさらに有する、請求項1に記載のキャピラリ案内装置。
- [請求項3] 前記案内本体部は、前記キャピラリの側面に接触可能な案内面と、前記案内面に連続するテーパ面と、を含み、
- 前記案内本体部の前記ボンディングツールと対面する主面は、前記案内面を構成する開口端を含み、
- 前記主面に対して逆側の前記案内本体部の裏面は、前記テーパ面を構成する開口端を含む、請求項1又は2に記載のキャピラリ案内装置。
- [請求項4] 前記案内本体部が前記ボンディングツールと接触したことを検知する接触検知部をさらに備え、
- 前記接触検知部は、

前記ボンディングツールと前記案内本体部との間に電位差を生じさせる電圧提供部と、

前記ボンディングツールと前記案内本体部と前記電圧提供部とにより形成される電気回路の状態に応じて、前記案内本体部が前記ボンディングツールと接触したことを示す情報を得る情報取得部と、をさらに有する、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載のキャピラリ案内装置。

[請求項5]

保持孔に対して着脱可能に保持されたキャピラリを有するボンディングツールと、

前記保持孔に向けて前記キャピラリを案内内部によって案内しながら、前記キャピラリを前記保持孔に取り付ける装着部と、を備え、

前記案内内部は、

前記保持孔に保持された前記キャピラリに接触可能な案内本体部と、

前記保持孔の中心軸線に沿う第 1 方向と交差する第 2 方向に沿って前記案内本体部を移動させることにより、前記キャピラリに接触可能な位置に前記案内本体部を配置する駆動部と、を有し、

前記駆動部は、

前記案内本体部に連結される移動体と、

前記第 2 方向に延び、前記移動体との間で摩擦抵抗力を発揮する駆動軸と、

前記駆動軸の端部に固定されると共に、前記駆動軸に超音波を提供する超音波発生体と、を含む、ワイヤボンディング装置。