

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5683470号
(P5683470)

(45) 発行日 平成27年3月11日 (2015. 3. 11)

(24) 登録日 平成27年1月23日 (2015. 1. 23)

(51) Int. Cl.	F I
B 2 3 K 20/10 (2006. 01)	B 2 3 K 20/10
H 0 2 N 2/00 (2006. 01)	H 0 2 N 2/00 B
H 0 1 L 21/607 (2006. 01)	H 0 1 L 21/607 C

請求項の数 16 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2011-531442 (P2011-531442)	(73) 特許権者	500548828
(86) (22) 出願日	平成21年10月7日 (2009. 10. 7)		ヘッセ・ゲゼルシャフト・ミト・ベシュレ
(65) 公表番号	特表2012-505083 (P2012-505083A)		ンクテル・ハフツング
(43) 公表日	平成24年3月1日 (2012. 3. 1)		ドイツ連邦共和国、33100 パーダ
(86) 国際出願番号	PCT/EP2009/063000		ーボルン、ファットマンストラーセ、6
(87) 国際公開番号	W02010/043517	(74) 代理人	100069556
(87) 国際公開日	平成22年4月22日 (2010. 4. 22)		弁理士 江崎 光史
審査請求日	平成24年7月20日 (2012. 7. 20)	(74) 代理人	100111486
(31) 優先権主張番号	102008037450.4		弁理士 鍛冶澤 實
(32) 優先日	平成20年10月14日 (2008. 10. 14)	(74) 代理人	100173521
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		弁理士 篠原 淳司
(31) 優先権主張番号	102009003312.2	(74) 代理人	100153419
(32) 優先日	平成21年1月6日 (2009. 1. 6)		弁理士 清田 栄章
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		

前置審査

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ボンディング装置、超音波トランスデューサおよびボンディング方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

互いに間隔をあけてツール収容部に係合する少なくとも2つの発振器を有し、前記発振器に供給するための少なくとも1つの超音波エネルギー源として、電気交番電圧を前記発振器に印加するための少なくとも1つの電圧源が設けられている、ボンディングツールを超音波加振するための超音波トランスデューサにおいて、

動作中、前記両発振器 (37) の主変形方向が互いに平行またはほぼ平行に延びていて、前記主変形方向の、前記両発振器の時間毎に変化する変形が、互いに半周期だけ移相する結果となるように、1つまたは複数の超音波エネルギー源としての1つまたは複数の前記電圧源 (42) の周波数および/または位相位置が前記超音波トランスデューサ (35) および前記ボンディングツール (5) の構造に応じて調整可能であることを特徴とする、超音波トランスデューサ。

【請求項 2】

ウェッジである、ツール収容部内に収容されたボンディングツールが設けられたボンディングヘッドを有する、ワイヤ材料またはリボン材料製の導電線と電気回路などの基板の接触点との間の接合を形成するためのボンディング装置において、前記ボンディング装置のボンディングヘッドに、請求項 1 に記載の超音波トランスデューサが設けられていることを特徴とする、ボンディング装置。

【請求項 3】

超音波トランスデューサ (35) の幾何学上の長手対称軸 (S) が、ボンディングヘッ

ド(2)の幾何学上の回転軸(D)に平行に、前記回転軸(D)上またはこれからわずかに間隔をあけて延び、および/またはボンディングツール(5)のツール長手軸(W)に平行に、前記ツール長手軸(W)上またはこれからわずかに間隔をあけて延びていることを特徴とする、請求項2に記載のボンディング装置。

【請求項4】

超音波トランスデューサ(35)が少なくとも1つの発振器(37)を有し、各発振器(37)は少なくとも1つの圧電素子(38)を有し、各圧電素子(38)は、ボンディングヘッド(2)の幾何学上の回転軸(D)に平行に延びる主伸張方向(41)を有することを特徴とする、請求項2又は3に記載のボンディング装置。

【請求項5】

交番電圧が印加される場合に、発振器(37)および/または圧電素子(38)の主変形方向が、少なくともほぼ前記圧電素子(38)の主伸張方向(41)に延びるように、超音波エネルギー源としての電圧源(42)の電圧周波数が調整可能であることを特徴とする、請求項4に記載のボンディング装置。

【請求項6】

ツール収容部(6)の旋回中心(P_M)が、ボンディングツール(5)の振動ノードと位置が一致するように、超音波トランスデューサ(35)を用いて加振されるボンディングヘッド(2)の部材の構成および交番電圧の周波数が互いに調整可能であることを特徴とする、請求項2~4のいずれかに記載のボンディング装置。

【請求項7】

超音波エネルギー源としての電圧源における電圧周波数が、交番電圧が印加される場合に振動する、超音波トランスデューサ(35)、ツール収容部(6)およびボンディングツール(5)を含む組立体の共振周波数または最小共振周波数に少なくともほぼ対応するように予備選択されるか、または調整可能であることを特徴とする、請求項2~6のいずれかに記載のボンディング装置。

【請求項8】

1つまたは複数の圧電素子(38)が、それぞれ周囲が長方形の板の形を有し、各圧電素子(38)の分極方向(P)が、その板の面に対して直角に方向付けられていることを特徴とする、請求項4又は5に記載のボンディング装置。

【請求項9】

超音波トランスデューサ(35)が、互いに平行に配置された少なくとも2つの発振器(37)を有し、各発振器(37)は、1つの圧電素子支持体(16)および2つの同様な圧電素子(38)を有し、前記圧電素子は、前記圧電素子支持体(16)の、2つの互いに背を向け、互いに平行に延びる表面(39, 40)上に平らに固定されていることを特徴とする、請求項2~8のいずれかに記載のボンディング装置。

【請求項10】

同じ発振器(37)の構成要素である圧電素子(38)の分極方向(P)が、互いに逆の方向に延びることを特徴とする、請求項2~9のいずれかに記載のボンディング装置。

【請求項11】

2つの圧電素子支持体(16)の1つに取り付けられた2つの圧電素子(38)の分極方向(P)が、圧電素子支持体(16)から離れるように方向付けられ、2つの圧電素子支持体(16)の内のもう1つに装着されている2つの圧電素子(38)の分極方向(P)が、圧電素子支持体(16)に向くように方向付けられることを特徴とする、請求項9又は10に記載のボンディング装置。

【請求項12】

圧電素子(38)の、圧電素子支持体(16)とは反対側の空いている面が、超音波エネルギー源としての電圧源(42)に接続され、前記圧電素子支持体(16)は接地されていることを特徴とする、請求項9~11のいずれかに記載のボンディング装置。

【請求項13】

超音波エネルギー源としての電圧源(42)が、全圧電素子(38)に互いに同相の電

10

20

30

40

50

気交番電圧を供給するように適合され、この場合、全圧電素子（３８）の接続線（４３，４５）が、互いに並列接続していることを特徴とする、請求項３～１２のいずれかに記載のボンディング装置。

【請求項１４】

圧電素子（３８）の主伸張方向（４１）に平行に延びる、および／またはボンディングヘッド（２）の幾何学上の回転軸（Ｄ）に沿って延びる幾何学上のツール長手軸（Ｗ）をボンディングツールが有することを特徴とする、請求項３～１３のいずれかに記載のボンディング装置。

【請求項１５】

２つの圧電素子支持体（１６）が、一体のトランスデューサ本体（１５）の構成要素であり、前記トランスデューサ本体に、ツール収容部（６）も一体に装着されていることを特徴とする、請求項９～１４のいずれか一項に記載のボンディング装置。

【請求項１６】

トランスデューサ本体（１５）が二叉保持器（１９）を有し、そのホルダアーム（２０）の長手端部（２１）が、その長手中央領域において、それぞれ１つの圧電素子支持体（１６）に係合することを特徴とする、請求項１５に記載のボンディング装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、第１の観点にしたがって、好ましくはワイヤ材料またはリボン材料製の導電線と、特に電気回路などの基板の接触点との間の接合を形成するためのボンディング装置に関する。この場合、ボンディング装置は、好ましくは垂直な幾何学上の回転軸のまわりを回転可能なボンディングヘッドを有し、このボンディングヘッドには、ボンディングツールおよびこのボンディングツールを超音波加振する超音波トランスデューサが設けられている。

【背景技術】

【０００２】

このようなボンディング装置は、汎用の実施形態ではいわゆるウェッジであるボンディングツールを用いて、アルミニウムワイヤまたは金のワイヤなどの導電線の被接合領域を、電気回路などの基板の所望の接触点に向け特定の圧力で押圧し、一方、ボンディングツールは、この押圧方向に対して横に超音波振動を行い、導電線と接触点との間に、一定の、いわゆる接合が形成されるまで振動を導電線へ伝達する、よく知られている方法で働く。ボンディングツールを超音波加振するために、いわゆる超音波トランスデューサ（則ち、超音波変換器）が用いられ、これは、板状の圧電素子から成る従来の積層体を発振器として有する。圧電素子が、優先的にその板の面に垂直に、またこれにより圧電素子積層体もその積層の長手方向に時間的に交互に長さを伸張および圧縮するように、通常交番電圧がこの圧電素子に印加される。この周期的な長さの変化は、通常ボンディングツールのツール収容部をも長さが変化する方向へ機械的に長手加振する。ツール収容部としては、これと同方向に細長く延び、円錐状に先細りしているいわゆるホーンがしばしば用いられていて、その先端にボンディングツールが挿入され、かつ締め付けねじなどを用いて固定され、このようにして、その際これは、そのツール長手軸を用いて、トランスデューサ長手軸に垂直に、則ち振動方向に垂直に延びている。このため、ツール先端もツール長手軸に対して横に振動運動を行い、この運動が接合を形成するために使用される。このような超音波トランスデューサを有するボンディング装置は、多くの適用可能性および長所を提供する。他方では、狭い空間に多くの接合を形成する必要がある、この場合、いわゆるボンディングヘッド、則ちボンディングツールおよび超音波トランスデューサ（ならびに通常いわゆるワイヤガイドおよびいわゆる太ワイヤボンディングでは場合によっては切断ツール）が装着されているボンディング装置の組立体は、垂直方向の幾何学上の回転軸のまわりの迅速な回転運動を行わなければならない。この場合、従来の超音波トランスデューサを装備したボンディングヘッドは、機能により、およびそのための構造方式により大きい

10

20

30

40

50

質量慣性モーメントを有し、この慣性モーメントがボンディングヘッドの回転を困難にするか、もしくは大きな回転推進力を強いることが制約と見なされる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

この背景から、本発明はまず、冒頭に挙げられた方式のボンディング装置を有利に発展させ、特に前述の短所が可能な限り回避されるようにするという課題に基づいている。

【課題を解決するための手段】

【0004】

この課題は、発明にしたがって、まず主に超音波トランスデューサの主伸張方向および/または最小質量慣性モーメントの幾何学上の軸方向のその伸張方向が、ボンディングヘッドの幾何学上の回転軸に（側部の間隔を含めて、または含めずに）平行に延びるという特徴に関連して解決される。前述の主伸張方向とは、その伸張方向と比べた場合に最大の大きさを有する超音波トランスデューサの伸張方向のことである。言及したボンディングヘッドの回転軸も、主に幾何学上の軸のことであり、則ち、必ずしも構造上の軸ではない。選択された解決法により、発明にしたがって、超音波トランスデューサの主伸張方向がボンディングヘッドの幾何学上の回転軸に対して垂直に延びている従来のボンディング装置に比べて、幾何学上のボンディングヘッド回転軸のまわりの質量慣性モーメントが減少することが実現する。このようにして、垂直な幾何学上の回転軸のまわりをボンディングヘッドがより速く回転できるようになるか、もしくは回転駆動に対して比較的小さな駆動装置のみ必要とされるようになる。

【0005】

本発明は、第2の観点にしたがって、特にボンディング装置のボンディングツールを超音波加振するための超音波トランスデューサに関する。この場合、超音波トランスデューサは、少なくとも1つの発振器を有し、発振器は、少なくとも1つの圧電素子を有し、この場合、超音波エネルギー源、特にこの圧電素子に電気交番電圧を印加する電圧源が設けられる。

【0006】

冒頭で説明された従来技術から出発して、本発明は、特に製造技術的および/または使用技術的な長所が実現されるように、特にこのような超音波トランスデューサを有利に発展させるという課題に基づいている。

【0007】

この課題は、発明にしたがって、まず主に、超音波エネルギー源、特に電圧源、好ましくは特に電圧周波数などのその周波数が、動作中、特に交番電圧が印加される場合に、発振器の主変形方向および/または圧電素子の主変形方向が、この圧電素子の分極方向に対して横または垂直に延びるように整合されるか、または調整できるという特徴に関連して解決される。この場合、発振器（例えば圧電素子プレートの積層体）の主変形方向または圧電素子自身の主変形方向が、この圧電素子の分極方向に平行な従来のトランスデューサの形態から根本的に方向転換されたことが重要である。この場合、主変形方向とは、他の方向との比較で、電気交番電圧の印加により最大の変形（則ち圧縮および伸張）が結果として生じる空間方向のことである。分極方向とは、圧電素子に明確に帰属する、特定方向を示す配向のことであり、これは圧電素子を製造する際に双極子を方向付けることによって電界中に表れ、製造後に大部分がそのまま残る（いわゆる残留分極）。圧電素子に交番電圧を印加する場合、これは、一般に全空間方向で圧縮および伸張を交互に行い、この場合、異なる空間方向におけるそれぞれの大きさないし値は一般に様々である。本発明は、それぞれ個々に割り当てられた空間方向（または幾何学上の基体軸）では、それ以外の空間方向に比べて比較的大きな長さの変化を引き起こす特定の交番電圧周波数が存在するという知見から出発していて、この周波数は、圧電素子の形および大きさにも、また場合によっては隣接または共に振動する部材にも関係している。発明によると、提案された解決法によって、特にその分極方向が板面に垂直または横に延びている板状または薄い圧電素

10

20

30

40

50

子を使用する場合に、所定の電圧では比較的高い電界強度およびそれによる形状変化によって伝達可能な大きい力を生成することができる。トランスデューサの敷設において、より多くの空間が得られ、圧電素子を容易に取り付けられるようになることが長所としてさらに加わる。本発明は、この点では、ワイヤ材料またはリボン材料製の導電線と、特に電気回路などの基板の接触点との間の接合を形成するためのボンディング装置をも含み、この装置は、先に記述された態様によるボンディングツールおよび超音波トランスデューサを有するボンディングヘッドを有する。

【0008】

本発明は、第3の観点にしたがって、ボンディングツールを超音波加振するための超音波トランスデューサに関する。この場合、超音波トランスデューサは、互いに間隔をあけてツール収容部に係合する少なくとも2つの発振器を有し、この発振器に供給するための少なくとも1つの超音波エネルギー源、特に電気交番電圧を発振器に印加するための少なくとも1つの電圧源が設けられる。

【0009】

このことから出発して、本発明は、そのようなボンディング装置の有利な発展形態を提供するという課題に基づいている。

【0010】

この課題は、発明にしたがって、まず主に、1つまたは複数の超音波エネルギー源、特に1つまたは複数の電圧源、好ましくは周波数および/またはそこから生じる1つまたは複数の交番電圧の位相位置が、動作中、特に交番電圧が印加される場合に、2つの発振器の主変形方向が互いに平行またはほぼ平行に延びていて、この2つの発振器の時間毎に変化する変形が、互いを、好ましくは半周期だけ、則ち180°移相するように延びるか、移相するように発振器の構造に整合されるか、または整合できるという特徴に関連して解決される。周期という概念は、ここでは位相長という概念の代わりまたはこの概念と同価値に用いられていて、180°の移相（逆位相）は、半分の位相長の移相を表している。本発明は、第3の観点に関して、ワイヤ材料またはリボン材料製の導電線と、特に電気回路などの基板の接触点との間の接合を形成するためのボンディング装置をも含み、この場合、ボンディング装置は1つのボンディングヘッドを有し、このボンディングヘッドには、好ましくはウェッジである、ツール収容部に受け入れられるボンディングツールと、先に記述された発明による超音波トランスデューサとが設けられている。複数の、好ましくは2つの、互いに間隔をあけてツール収容部に係合している圧電素子が、種々の時間変形軌跡を有することによって、ツール収容部は振動回転運動を行い、これを、中に収容されている、好ましくは細長いボンディングツールの端部に伝達する。ツール収容部のねじれ角が周期的に変化することによって、またはそのことからボンディングツールに振動トルクが導入されることによって、ボンディングツールは、横振動、則ちその長手伸張または主伸張方向に垂直または横に加振される。しかしながら、曲げ振動または横振動とも呼ばれるこの振動は従来技術とは異なり、周波数に係する振動形（振動モードとも呼ばれる）のいわゆる振動ループの位置ではなく、好ましくはいわゆる振動ノードの位置で加振される。この横振動は、全ボンディングツールを巻き込み、ボンディングツールの配置または構成が適切な場合には、そのツール先端もツール長手方向に対して横に振動し、この振動は、ボンディングツールを押圧することによって、接合を形成するための導電線に伝達され得る。

【0011】

本発明の範囲において、先に説明された3つの発明観点のそれぞれ2つまたは全ての解決の特徴を組み合わせることも可能であることは自明のことである。圧電素子としては、基本的には、圧電アクチュエータに対してよく知られている全ての圧電素子の形式を使用することができ、この場合、圧電セラミックスまたは圧電性結晶の使用が好ましい。

【0012】

特に本発明の第1観点に関連して、超音波トランスデューサの幾何学上の長手中心線が、ボンディングヘッドの幾何学上の回転軸および/またはボンディングツールの長手中心

10

20

30

40

50

線に平行に延びていることが好ましい。このようにして、ボンディングヘッド回転軸の質量慣性モーメントを最小にすることができる。超音波トランスデューサが、少なくとも1つの発振器、好ましくは互いに平行に延びる2つの発振器を含み、この場合、各発振器が少なくとも1つの圧電素子、好ましくはそれぞれ2つの圧電素子を有し、この場合、各圧電素子がボンディングヘッドの幾何学上の回転軸に平行に延びる主伸張方向を有するという可能性も生じる。主伸張方向という概念は、この場合、この方向の圧電素子の大きさがそれ以外の方向より大きいことを表す。

【0013】

特に本発明の第2に挙げられた観点に関連して、交番電圧が印加される場合に、発振器の主変形方向および/または圧電素子の変形方向が、この圧電素子の主伸張方向に延びるように、超音波エネルギー源、特に電圧源、好ましくはその電圧周波数を整合または調整できることが好ましい。

10

【0014】

特に本発明の第3観点に関連して、ツール収容部の旋回中心および特に瞬時極点が、ボンディングツールの振動ノードの位置にあるように、超音波トランスデューサを用いて加振可能なボンディングヘッドの構成要素の構成および交番電圧、特にその周波数が互いに整合されるか、または整合され得ることが好ましい。

【0015】

前述の本発明の観点に関して、超音波エネルギー源における周波数、好ましくは電圧源における電圧周波数が、共振周波数、好ましくは最小または第1共振周波数、則ち超音波トランスデューサ、ツール収容部およびツールを含む、交番電圧が印加される場合に振動する組立体の第1固有モードに正確に対応するか、またはほぼ対応するように予備選択されるか、または調整され得るという可能性も生じる。好ましくは、この振動系は、その第1固有周波数およびそれにより、その割り当てられた第1固有形ではボンディングツールと共に加振されるが、例えば第2、第3などの固有周波数/固有形に対する加振も可能であろう。目的に適する形態は、1つまたは複数の圧電素子が、それぞれ周囲が長方形の板の形を有し、この長方形の辺の長さが板の厚みより大きく、各圧電素子の分極方向がその板の面に対して横または垂直に方向付けられていることで分かる。

20

【0016】

ツール収容部またはボンディングツール内へ振動トルクを導入するためには、超音波トランスデューサが、少なくとも2つの互いに平行に配置された発振器を有することが好ましい。この場合、発振器は、それぞれ1つの圧電素子支持体および2つの同種の圧電素子を有し、これらの圧電素子は、圧電素子支持体の、2つの互いに背を向け、互いに平行に延びる表面に平らに固定され、好ましくはこの表面上に平らに貼り付けられている。そのことによって、および選択された交番電圧周波数に関連して、実際には、圧電素子の主伸張方向におけるその長さの変化のみがボンディングツールを加振するために使用されるようになる。好ましくは鋼またはチタンなどの金属から構成される圧電支持体素子も、圧電素子が平らに固定されることにより、それに応じて変形される。そのため、発振器はそれぞれ、2つの対向する圧電素子の間の中央に圧電素子支持体が存在するサンドウィッチ状の配置を有する。このことと、そのような2つの発振器の、挙げられた平行配置に関連して、同じ発振器の構成要素である圧電素子の分極方向が、互いに逆の方向に延び、則ち、ほぼ正反対の符号を有することが好ましい。このことに関連して、2つの圧電素子支持体の内の1つに装着されている2つの圧電素子の分極方向が、圧電素子支持体表面から直角に離れるように方向付けられ、2つの圧電素子支持体の内のもう1つに装着されている2つの圧電素子の分極方向が、圧電素子支持体表面に直角に向くように方向付けられることも好ましい。先に挙げられた特徴によって、両発振器の長さを、所望の異なる長さおよび特に逆方向に変化させることがスイッチング技術において非常に容易に実現可能となり、この場合、等しいか同一の、則ち同相の交番電圧が全圧電素子に印加され、圧電素子支持体は、例えば接地されている。特に、圧電素子の、圧電素子支持体とは反対側の空いている面を、ハンダ継手を用いて超音波エネルギー源、特に電圧源に接続するという可能性が

30

40

50

生じる。このようにして、全圧電素子に印加される、例えば形式 $u(t) = U \cos(t)$ の唯一つの交番電圧を供給する超音波エネルギー源または電圧源を使用することができ、この場合、例えば全圧電素子の接続線は互いに並列接続されている。先に記述された作用方法に関して有利な、考えられる配置は、ボンディングツールの幾何学上の長手軸が、圧電素子の主伸張方向に平行に、および/またはボンディングヘッドの幾何学上の回転軸に沿って延びていることで分かる。好ましく空間が節約された安定な実施形態では、共通の一体トランスデューサ本体の構成要素である2つの圧電素子支持体が設けられている。好ましくはボンディングツールを保持するためのツール収容部もこのトランスデューサ本体に一体に形成されている。この意味においては、ホルダアームの長手端部がその長手中央領域でそれぞれ1つの圧電素子支持体に係合する二叉保持器を、トランスデューサ本体が統合または一体で含むことも好ましい。

10

【0017】

本発明は、少なくとも1つのトランスデューサ本体および少なくとも1つの発振素子を有する超音波トランスデューサにも関していて、この発振素子は、生成した振動をトランスデューサ本体に伝達するのに適するようにトランスデューサ本体と接続していて、有利に発展させるために、好ましくは、ボンディングツールの取付点における振動形が、少なくとも1つの回転軸のまわりの回転振動運動をもたらす振動モードを、そのツール収容部にボンディングツールを取り付けた超音波トランスデューサが有することが提案される。代替で、前述のボンディングツールの取付点における振動形が、加振することで回転および並行が組み合わせられるという可能性が生じる。好ましい発展形態は、発振素子が、力および/または形状および/または物質に合致させてトランスデューサ本体に固定されることで分かる。ボンディングツールの長手軸に垂直または少なくともほぼ垂直な、少なくとも1つの想定されたか、または幾何学上の回転軸のまわりの振動回転運動が方向付けられることもまた好ましい。更なる詳細では、ボンディングツールの幾何学上の長手軸またはそれに平行な幾何学上の線によって、および前述の回転軸によって、想定されたかまたは幾何学上の基準面が張架され、少なくとも1つの発振素子が、基準面から横側に間隔をあけて配置され、この発振素子によりトランスデューサ本体に及ぼされた力が、ボンディングツールの(延長したと想定された)長手軸に平行またはほぼ平行な方向に作用する可能性が生じる。基準面から横側に間隔をあけ、基準面に関して互いに対向して配置された少なくとも2つの発振素子が存在することは、目的に合致していると考えられる。考えられる更なる形態では、互いに180°移相された振動を及ぼすように発振素子と接続している1つまたは複数の超音波エネルギー源、好ましくは1つまたは複数の電圧源または電流源が、発振素子にエネルギーを供給するために設けられている。

20

30

【0018】

好ましい実施例では、基準面のそれぞれの面に少なくとも2つの発振素子が配置され、この場合、基準面の両面または異なる面に配置された発振素子は、互いに対になって対向していて、基準面の同じ面で隣り合う発振素子は、これらが互いに180°移相された振動を及ぼすようにエネルギー源と接続していて、基準面に関して互いに対になって対向している発振素子は、これらが互いに180°移相された振動を及ぼすように超音波エネルギー源と接続している。特にツール長手軸のまわりの、出来るだけ小さい質量慣性モーメントに関して有利な小型の構成は、それぞれ基準面の同じ面に配置された少なくとも2つの発振素子が、ボンディングツールの幾何学上の長手軸方向に順に配置されることによって実現される。ここで、トランスデューサ本体が、唯1つの発振素子支持体を含み、発振素子、好ましくは全発振素子が、唯1つの発振器を形成して、発振素子支持体の2つの互いに背を向けて延びる面に配置されるという可能性が生じ、この場合、発振素子支持体は、少なくとも略直方体または長方形の板の形を有する。このような超音波トランスデューサは、先に記述された2つの互いに平行に配置された発振器を有する超音波トランスデューサとは構造において原理的に区別されるが、そのツール収容部におけるボンディングツールへの振動トルクの導入を同じく可能にする。ある実施例では、発振素子としてそれぞれ少なくとも1つの圧電素子が設けられ、そのため、トランスデューサ本体は、全圧

40

50

電素子を担持する唯1つの圧電素子支持体を有し、この支持体は、少なくとも略直方体または長方形の板の形を有する。

【0019】

本発明によって提案されたボンディング装置およびその超音波トランスデューサが、これまでに公知の構成形とは大きく異なることは、先行する形態から明らかである。超音波溶接で通常使用される公知のトランスデューサは、発振器により縦に加振され、振動方向に垂直に配置されたツールにこの振動を伝達し、これを曲げ振動へ加振する。それに対して本発明は、トランスデューサに対するツールの直角の方向付けをもう必要としない新しい配置を目標としている。それにより、質量慣性モーメントおよび構成体積に関して改善された形態が実現される。単純な本体（単純な輪郭のプレート、ディスクなど）を使用することによっても、トランスデューサの製造コストを下げることができ、トランスデューサへのアクチュエータまたは発振素子の取付を容易にすることができる。それについてすでに記述された観点にしたがって、本発明は、主伸張方向、則ちトランスデューサの最小慣性モーメントの軸の方向とツールの方向とが等しいことを提案する。トランスデューサは、発振器または発振素子によって加振され、そのため、動作周波数に対して1つの振動形が形成され、この振動形は、ツールの固定位置で略回転運動を行い、このことから、ツールはその振動形のノードにおいて曲げ振動へ加振される。本発明は、トランスデューサまたはトランスデューサ本体が、主に、任意の輪郭および場合によっては可変の（特に伸張方向に段階付けられた）厚みの、好ましくは板状の本体の2つの結合領域から構成され、発振器または発振素子を用いて長手振動へ加振され、この場合、ツールは板状の本体の面内で振動することを1つの可能性として提案する。好ましくは、少なくとも2つのアクチュエータ（発振素子）が、主伸張方向に平行に延びるトランスデューサの対向する外面上の左または右領域に平らに取り付けられる。好ましい取付は、例えばアクチュエータの接着であるが、ここでは基本的に代替または組合せで力、形状および物質に合致させた結合が考慮される。対向するアクチュエータの動作は、好ましくは同相である。考えられる変形形態では、少なくとも4つのアクチュエータ（発振素子）が、主伸張方向に平行に延びる2つの結合領域のそれぞれ2つの対向する外面上に平らに取り付けられる。1つの領域内では、アクチュエータは、ここでも好ましくは同相に動作され、一方2つの領域は、逆相に動作される（位相は好ましくは180°である）。

【0020】

主伸張方向の方向付けおよび記述された構成形を顧慮して、この解決法では、2つの結合領域を有する垂直トランスデューサという言葉が使われている。

【0021】

すでに記述されたその他の解決法にしたがって、本発明は、トランスデューサが板状の本体から成り、この板状の本体は、2つの対向する外面上に、トランスデューサの長手軸に平行に取り付けられた発振器または発振素子によって振動するよう加振される。先に記述された、2つの結合部分体により形成されたトランスデューサとは対照的にこのツールは、板状の本体の面に垂直に振動する。本体の上半分の外面上に、2つのアクチュエータ（発振素子）を取り付け、これらを逆相動作させる可能性が生じる。代替で、4つのアクチュエータ（発振素子）がトランスデューサ上に取り付けられ、特に2つのアクチュエータは各面上に、およびこの場合、1つずつ上半分および下半分に取り付けられる。1つの面上にあるアクチュエータは、好ましくは逆相に動作される。そのことから、それぞれ対角線状に対向しているアクチュエータが互いに同相に動作されることになる。この変形形態に関しては、方向付けおよび構成形を顧慮して、一体垂直トランスデューサという言葉が使われている。

【0022】

本発明は、最終的に、2つの結合領域を有する垂直トランスデューサと一体垂直トランスデューサとを組合せる可能性も提供している。取付面のボンディングツールは、直線上のみならず円軌道上でも振動することができ、かつ/または装着面に垂直な更なる運動成分を含む。

【 0 0 2 3 】

本発明は、好ましくは、則ち必然ではなく、ワイヤ材料またはリボン材料製の導電線と、特に電気回路などの基板の接触点との間の接合を形成する（例えばプラスチック部品もしくはそれ以外の超音波溶接可能な部材も接合させることができる）方法にも関し、この方法は、以下のプロセスステップ、則ち、ボンディングツールを準備するステップと、このボンディングツールを超音波加振するための超音波トランスデューサを準備するステップであって、この場合、超音波トランスデューサは少なくとも1つの発振器を含み、発振器は少なくとも1つの圧電素子を含む、超音波トランスデューサを準備するステップと、圧電素子に供給するための超音波エネルギー源、好ましくは圧電素子に電気交番電圧を印加するための電圧源を準備するステップと、ボンディングツールを用いて被接合導電線を接触点に押圧している間に、このボンディングツールを加振するステップとを含む。

10

【 0 0 2 4 】

冒頭の記述に関連して、本発明は、このようなボンディング方法を有利に発展させるという課題に基づいている。

【 0 0 2 5 】

この課題は、発明にしたがってまず主に、ボンディングツールを加振するために、動作中、好ましくは交番電圧が印加される場合に、発振器の主変形方向および／または圧電素子の主変形方向が、この圧電素子の分極方向に対して横に延びるように、超音波エネルギー源、好ましくは電圧源、好ましくはその超音波周波数が選択または調整されるという特徴に関連して解決される。これに関する作用および長所については、特に第2の発明観点到

20

【 0 0 2 6 】

本発明は、ワイヤ材料またはリボン材料製の導電線と、例えば電気回路などの基板の接触点との間の接合を形成するための方法にも関し、この方法は、以下のプロセスステップ、則ち、ボンディングツールおよびこのボンディングツールを超音波加振するための超音波トランスデューサを準備するステップと、ボンディングツールを用いて被接合導電線を接触点に押圧している間に、このボンディングツールを加振するステップとを含む。

【 0 0 2 7 】

このような方法を有利に発展させるために、本発明は、ツール収容部でボンディングツールを加振するために、このボンディングツールに振動トルクを導入することを提案している。この場合、トルクの幾何学上の回転軸はツール長手軸に対して横に延びている。代替で、発明にしたがって、前述の方法を有利に発展させるために、ツール収容部でボンディングツールを加振するために、このボンディングツールに振動トルクおよび並行振動を導入する可能性が生じる。ボンディングツールをボンディング装置またはボンディングヘッドに保持するために、ツール収容部は、好ましくはボンディングツールの上方端部に係合する。それにより可能となる作用および長所については、特に第3の発明観点到

30

【 0 0 2 8 】

発振器にエネルギー供給するために、好ましくは、しかしながら必然ではなく電圧源が選択されることが、すでに先行形態から分かっている。さらにその代わりに超音波振動を生成するためのエネルギー源として（則ち超音波エネルギー源として）、例えば1つまたは複数の電流源または別種のエネルギー源（例えば磁気エネルギー源）を使用することができる。本発明の幾つかの観点の範囲において、発振器という概念は、一般に、少なくとも1つの発振素子、則ち、少なくとも1つのアクチュエータが取り付けられた支持体を表して、この場合、このアクチュエータは、一般に、（圧電素子としての適用における）圧電動作または磁気歪み動作を有することができる。

40

【 0 0 2 9 】

前述の本発明の方法は、好ましくは超音波トランスデューサまたはボンディング装置を使用して実施することができ、先行および／または以下に記述される特徴を個々に、また

50

は複数有する。

【 0 0 3 0 】

本発明の好ましい実施例を示す、以下に添付した図に関係させて、本発明を詳しく説明する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 1 】

【図 1】好ましい実施例による本発明のボンディング装置のボンディングヘッドを側面図で示す。

【図 2】図 1 の配置に含まれる超音波トランスデューサを、それに対して拡大して斜視図で示す。

【図 3】図 2 の注視方向 I I I での超音波トランスデューサの側面図を示す。

【図 4】図 3 の交線 I V - I V に沿った、超音波トランスデューサの拡大断面図を示す。

【図 5】図 2 に示された超音波トランスデューサのトランスデューサ本体を斜視図で示す。

【図 6】図 5 の注視方向 V I でのトランスデューサ本体の下方端部を領域に分けた側面図を示す。

【図 7】例により簡略化された圧電素子の領域を、異なる強さの変形で表した、図 3 と比較可能な側面図を示す。

【図 8】ボンディングヘッドを固定するための超音波トランスデューサの好ましいホルダの、図 1 に代わる実施例を示す。

【図 9】更なる好ましい実施例による本発明の超音波トランスデューサを、中に挿入されたボンディングツールと共に斜視図で示す。

【図 10 a】図 9 の切断面 X a に沿った断面図を、それに対していくらか縮小して示す。

【図 10 b】瞬時に現れる振動形を、破線の波線を用いて簡略図で記入した、図 10 a による断面図を示す。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 2 】

図 1 ~ 6 に関して、まず第 1 に、本発明のボンディング装置および結合を形成するための本発明の方法の好ましい実施例を記述する。この場合、図 1 はボンディング装置 1 を、そのボンディングヘッド 2 の領域のみ示し、図 2 ~ 6 は、ボンディングヘッド 2 の構成要素の拡大図を表す。ボンディングヘッド 2 は、詳しく示されない方法で垂直に延びる回転軸 D のまわりを回転可能にボンディング装置 1 に保持されたリング 3 の下側に固定されている。ねじれを引き起こすために、この実施例では、リング 3 の外側噛合い内に係合する、部分的に示された歯付ベルト 4 が、ここでは示されていない、このベルトに巻き付かれて駆動するリングを用いて、それぞれの回転角に応じて所望される区間だけ移動することができる。さらに、ボンディングヘッド 2 全体を、回転軸 D に垂直な面の横へ異なる方向に進めるために、駆動装置を設けることができる。ボンディングヘッド 2 は、中央のツール長手軸 W に沿って延びる細長いボンディングツール 5 を有する。その上方の長手端部では、これがツール収容部 6 内でそのボルト軸部を用いて、直径に相当する同じく垂直な穿孔 7 (図 6 参照) 内に挿入され、その中で締め付けねじ 8 を用いて固定される。ボンディングツール 5 の下方の長手端部にはツール先端 9 が形成されていて、これを用いて下方の正面が、公知の方法で、例えばワイヤ材料またはリボン材料製の被接合導電線を、基板、好ましくは回路の接触器の、結合のために設けられた接触点に向けて押圧することができる。接合位置にワイヤ状またはリボン状の導電線を引き込むために、ボンディング装置は、側部が開いたガイド溝 11 が下方端部に設けられたワイヤ案内手段 10 を有する。接合中ある時点で導電線を固く保持し、これに引張作用を及ぼすことができるようにするために、ボンディング装置は、図 1 の注視方向では隠れている 2 つの固定脚 13 を備えた締め付け手段 12 を有し、この固定脚の空いている端部は、ツール先端 9 とワイヤ案内手段 10 の下方端部との間に存在する。ワイヤ案内手段および締め付け手段の公知の機能に関しては、ここでは詳しく立ち入ることはしない。2 つの構成要素は、それらの位置で調整可

10

20

30

40

50

能であり、リング3またはそれに固定された堅いホルダアーム14に関する適切な手段を用いて、それぞれ所望の位置に固定することができる。ツール収容部6は、図5および6に単独で表されたトランスデューサ本体15の下方端部に一体に形成されている。導電性材料(例えば鋼)から製造された、全体では板状のトランスデューサ本体15は、その他には、それぞれ周囲が長方形の2つの圧電素子支持体16を有し、この圧電素子支持体の主伸長方向17は、幾何学上の回転軸Dおよびそれと一致するかまたはそれからわずかに間隔をあけたツール軸Wに平行に延びている。ほぼ中央の下方縁の領域には、それぞれ圧電素子支持体から接続ウェブ18が出ていて、それぞれその下方端部によって両圧電素子支持体16が互いに横に間隔をあけて(則ち回転方向Dに対して互いに横に間隔をあけて)ツール収容部6の上面に係合している。さらに、トランスデューサ本体15は、圧電素子支持体16をボンディングヘッド2に保持するための二叉保持器19を有する。そのため、この二叉保持器19のホルダアーム20は、(主伸長方向17での伸張または大きさに対する)その長手中央の領域で、それぞれ1つの圧電素子支持体16の下方長手端部21に一体に係合している。その主伸張方向17に平行に延びる圧電素子支持体16が、材料ブリッジ22を用いて同じ高さに接続している。さらに、両圧電素子支持体16は、示されているように、細いスリット23, 24によって互いに間隔をあけ、また細いスリット25, 26によって二叉保持器19から間隔をあけている。その上方領域では二叉保持器19が貫通穿孔27を有し、これを用いてトランスデューサ本体15がねじ28で堅くプレート29に取り付けられる。プレート29の反対側は、ねじ30でフレーム部31に固定され、このフレーム部は、ホルダアーム20のように、リング3の下側に固定された取付フレーム32の構成要素である。図1にはこのフレームが、これが更なる部材により隠れている場合には破線で示されている。判別できる限りでは、装着フレーム32は、フレーム断面が減少している4つの部分33を有し、これらの部分は、比較的小さい剛性を有し、そのコンプライアンスのために固体継手として働く。図1の注視方向で取付フレーム32の左縁は、ホルダアーム20のようにリング3に堅く固定され、一方注視方向で右側の縁部31は、固体継手のために、示されていないアクチュエータにより縁部34に及ぼされ得る力Fによって、相対的にある区間だけ下方へ偏向され、例えばボンディングツール5を上方から下方の接合位置へ押し付けることができる。力Fが無くなると、縁部31は弾性的にその休止位置へ戻る。

【0033】

図2~4は、図1のボンディングヘッドに存在する超音波トランスデューサ35の構成要素としてのトランスデューサ本体15を示していて、ここでもそのツール収容部6にボンディングツール5が挿入されている。超音波トランスデューサ35の主伸張方向36は、ボンディングヘッドの幾何学上の回転軸Dに平行に延びていて、この回転軸Dは、ボンディングツールのツール長手軸Wと一致するか、またはそれからわずかに間隔をあけて延びていることが、例えば図1および3から読み取ることができる。例で選択された、超音波トランスデューサ35の略側方向が対称構造に基づいて、その長手対称線Sも、わずかに横へ逸れるまで(図3のX参照)幾何学上の軸DおよびWと一致している。図2~4に拡大して示された超音波トランスデューサ35は、2つの隣り合い、互いに平行に方向付けられた発振器37を有する。発振器37は、それぞれ2つの圧電素子支持体16の1つと、その主伸張面(図3参照)において周囲が長方形のそれぞれ2つの板状の圧電素子38とを有し、それぞれ1つの発振器に属している2つの圧電素子は、2つの互いに背を向け、互いに平行に延びる該当する圧電素子支持体16の表面39、40上に、全接触面を越えて平らに接着されている。図2および3は、圧電素子支持体16とその上に接着された圧電素子38の周囲または形は、この接触面内で(則ち図3の図面に平行に)一致していて、この場合、その点では正確に適合しているかまたは一直線に並んだ接着体が存在することを示す。このことから、圧電素子38の主伸張方向41も、ボンディングヘッド2の幾何学上の回転軸Dに平行に延びていることが分かる。図3の図面に平行な主伸張面におけるその大きさが、図4の図面に垂直および平行な平面における厚みより大きいため、選択された圧電素子38に関して板状の形という言葉が使われている。図4ではさら

に、関連記号 P で表した矢印で、4 つの圧電素子 38 の分極方向を表す。各圧電素子 38 の分極方向 P は、板の面に垂直に延びていることが分かる。同じ発振器に属する、圧電素子 38 の各対については、分極方向は互いに逆の方向に延びている。より詳しくは、図 4 に示された実施例では、注視方向で左の発振器 37 の圧電素子 38 の分極方向 P は、接触面 39、40 から垂直に離れるように、則ち外側に向いている。それとは異なって、注視方向で右の発振器 37 の圧電素子 38 の分極方向 P は、それぞれ該当する接触面 39、40 に垂直に、則ち内側に向いている。超音波トランスデューサ 35 は、示された例では電圧源 42 に接続していて、この場合、そこから出て互いに並列接続された 2 つの導電線 43 の端部が、ハンダ継手 44 を用いて、同じ（図 4 では右に位置する）圧電素子支持体 16 上で対向する 2 つの圧電素子 38 に固定されている。図 4 で用いられた記号は、電圧源 42 が交番電圧源であることを表す。代替で、交番電流源などの、異なる超音波エネルギー源（則ち超音波を生成するためのエネルギー源）を使用することができる。更なる導電線 45 およびそのハンダ継手 44 を用いて、隣接する圧電素子支持体上の同じ平面内に接着された圧電素子 38 対を導電接続することができる。さらに、ここで選択された例では、圧電素子 38 と圧電素子支持体 16 との間の接着結合もそれぞれ導電性に行うことができるが、その代わりに非導電性の接着結合も可能であろう。関連記号 46 で表されるように、圧電素子支持体 16 はそれぞれ（または共に）接地されている。このようにして、電圧源 42 が入れられた場合に、4 つの圧電素子 38 の板面に垂直に、それぞれ大きさおよび位相位置に関して等しい交番電圧が印加される。

【 0 0 3 4 】

図 3 が、電圧源 42 が遮断された場合の超音波トランスデューサ 35 およびその中に取り付けられたボンディングツール 5 を示しているのに対し、図 7 は、電圧源が入れられる場合、則ち例として計算のために選択された周波数および振幅で電気交番電圧が印加される場合の、圧電作用のために現れる発振器 37、ツール収容部 6 およびボンディングツール 5 の変形を、比較のために簡略図で例として表している。二叉保持器 19 の領域にも現れる小さい変形は、簡略にするために示していない。いわゆる主モードの全変形が表され、この場合、圧電素子 38 の表面は、計算のために格子によって縁取られたフィールド 47 に分割される。方眼状の描写から、両ホルダアーム 20 の長手端部 21 をつなぐほぼ中央の帯域に沿った位置の相対のずれは最小であり、圧電素子の両長手端部では最大であることが分かる。図 3 との比較において、間に圧電素子支持体を有する、注視方向で左にある圧電素子 18、則ち注視方向で左の発振器 37 は、観察された時点で印加されている交番電圧によって、無電圧の休止状態（図 3 参照）に比べて、帰属する主伸張方向 17 または 41 に圧縮または長手短縮が起こり、一方両圧電素子 38 および圧電素子支持体 16 を含む右に隣接する発振器 37 は、この時点ではこの方向に長手膨張が起こることが明らかに認められる。各時点で全ての圧電素子に等しい電圧が印加されているにもかかわらず、2 つの対は、描写されるように異なる分極方向のために、半位相長だけ互いにずれた振動性の変形振動を行う。様々な線影に割り当てられた数値は、図 3 の無電圧状態に対する領域の、位置の相対的ずれを比較値として挙げている。2 つの平行な発振器 37 が逆方向に長さを変えるために、ツール収容部 6 は、図 3 の無電圧の休止状態から出発して、その左の長手端部が持ち上がり、その右の長手端部が下がるために、旋回中心 P_M のまわりの、矢印 48 の方向へのねじれが起こる。この旋回中心 P_M は、ツール収容部内へ張架された、ボンディングツール 5 の上方の長手端部にあり、この場合、中心 P_M を通るねじれの幾何学上の回転軸は、図 7 の図面に垂直に、およびこの場合にはボンディングツール 5 の長手軌跡にも垂直に延びている。圧電素子 38 の分極方向 P が、両発振器 37 の間で逆向きに方向付けられているために、4 つの圧電素子 38 全てに等しい電圧が印加されているにもかかわらず、両発振器 37 では互いに逆方向の所望の長手変化が実現される。周波数が超音波領域にある交番電圧の大きさおよび符号、則ち瞬時値は絶えず変化するので、これは、対応する周波数で進行する発振器 37 の長手変化も結果として伴う。この場合、例えば特定の時点では、両発振器 37 は等しい長さを有し、例えばさらに別の時点では、図 7 とは逆の長さの比率が現れる。このことから、ツール収容部 6 が中心 P_M を通る回転軸の

まわりを振動回転運動するように励起され、中心 P_M の位置でボンディングツール 5 内に振動トルク M が導入されることになる。このようにして、図 7 に示されるように、ボンディングツール 5 は、曲げ振動へと加振される。図 3 に含まれている、則ち無電圧の休止状態に該当するツール長手軸 W も、比較のため図 7 に書き込まれている。回転運動の中心 P は、この基準線 W 上にあり、則ち、固有形のいわゆる振動ノードを表す。それとは異なり、ツール先端 9 は、この基準線に垂直に大きく横に偏向していて、則ち、いわゆる振動ループに存在する。進行する振動サイクルの経過において、ツール先端 9 は、ツール長手軸 W にほぼ垂直に移動する。ツール先端 9 を用いて被接合導電線を（それぞれ示していない）基板に押圧する場合に、それにより導電線も基板に相対して振動するようになり、このことから接合が生じる。

10

【0035】

図 3 および 7 に示した実施例では、電圧源 42（図 7 では見やすくするために示していない）は、生じた交番電圧およびその電圧周波数に関して、交番電圧が印加される場合に、圧電素子 38 の幾何学上の主変形線 50 に対応する両発振器 37 の幾何学上の変形線 49 が、圧電素子 38 の分極方向 P に対して横に延びるように全振動系に適合される。幾何学上の主変形線 49、50 は、意味においては符号に無関係の主変形方向に対応している。図 7 では、中心 P_M を通り図面に垂直に延びる回転軸を A で、およびこの回転軸 A のまわりでボンディングツール 5 内に導入されたトルクを関連記号 M で表す。

【0036】

図 8 は、図 1 とは異なる形に作られた取付フレーム 32 に関連して、説明された超音波トランスデューサ 35 を、大部分が切断された側面図の形で示す。これは、大まかに示しただけのねじ連結器 51 を用いて、好ましくは図 1 に示したリング 3 に取り付けることができる。則ち、図 1 に示したボンディングヘッドで、そこで表された取付フレーム 32 の代わりに使用することができる。下方の腕木 53 の、それぞれ割り当てられた端部 52 では、取付フレーム 32 がそれぞれ 1 つの圧電素子支持体 16 に係合している。この接続は、統合ないし一体で、または（例えば接着、ねじ連結などによる）組み立てにより任意に行うことができる。52 で表された位置への接続が一体に行われる好ましい場合には、トランスデューサ本体 15 とフレーム 32 の組合せは唯一つの部材となる。図 8 の表示に由来して、圧電素子支持体 16 領域の線影はフレーム 32 の線影に対応して選択されることになる。それぞれ発振器 37 の中央の長さ領域で、材料ブリッジ 22 の高さで係合が行われるために、別個の二叉保持器 19（図 1 参照）は省略することもできる。下方の腕木 53 内では、それぞれ超音波トランスデューサ 35 および垂直支持体 54 に隣接して、フレーム断面が減少している対の部分 33 が設けられ、これらは固体継手として働く。このようにして、特別な一体構造のトランスデューサ平行四辺体さえも形成され、これは、下方へ向けられた押圧力 F を用いてボンディングツール 5 がある程度弾性的に下がるようにする。押圧力 F は、例えば図 8 に示されるように、材料ブリッジ 22 またはトランスデューサの別の位置に係合することができる。

20

30

【0037】

図 9 および 10 a、10 b には、更なる好ましい実施例による、先行する図とは異なる本発明の超音波トランスデューサ 35 が示されている。この場合、見やすくするために、対応する特徴に関して先行のものと同じ関連記号が使用されている。図 9 および 10 では、超音波トランスデューサ 35 内へボンディングツール 5 が挿入され、締め付けねじ 8 を用いてその中に固定される（図 10 a、10 b も参照）。超音波トランスデューサ 35 はトランスデューサ本体 15 を有し、これは、ボンディングツール 5 を受け入れるための穿孔 7 および締め付けねじ 8 をねじ込むためのねじ立てから見て、直方体として全材料から作り上げられたものである。示された例では、超音波トランスデューサ 35 は合わせて 4 つの発振素子 55 を有し、それらは、それぞれ板状の圧電素子 38 である。その内の、ツール長手軸 W の方向に関して順に配置された 2 つの圧電素子 38 は、トランスデューサ本体 15 の一方の側または等しい面 39 上に平らに貼り付けられ、この場合、ボンディングツール 5 側の圧電素子 38 は、締め付けねじ 8 のための貫通部を有する。表面 39 に平行

40

50

に対向して延びる表面 40 上には、前述の両圧電素子に対する投影で 2 つの更なる圧電素子 38 が一列に貼り付けられている。この点でトランスデューサ本体 15 は、図 9 および 10 の例では唯 1 つの圧電素子支持体 16 を有する。図 10 b は、超音波トランスデューサ 35 が、これに取り付けられたボンディングツール 5 と共に 1 つの振動モードを有することを簡略図で示していて、その振動形は、締め付けが行われるボンディングツール 5 の取付点 56 において、想定されるかまたは幾何学上の回転軸 A のまわりの回転性振動運動を引き起こし、この回転軸は、取付点 56 の高さにある振動ノードを通して図 10 b の図面に垂直に延びる。それ故、ツール長手軸 W (則ちボンディングツールの長手方向) および前述の回転軸 A により張架された、想定されるかまたは幾何学上の図 10 b の基準面 E も、その図面に垂直に広がる。4 つの発振素子 55 全て (則ち圧電素子 38 全て) が、基準面 E から横側へ、または圧電素子 38 の伸張平面に垂直方向に間隔をあけて配設されることが明らかとなる。図 10 a は、これらの 4 つの圧電素子 38 に対してそれぞれ分極方向 P を示している。注視方向で左側では、上方の圧電素子 38 は表面 39 から離れる分極方向 P を有し、一方下方の圧電素子 38 は表面 39 へ向かう分極方向 P を有する。対向する側では、上方の圧電素子は表面 40 へ向かう分極方向 P を有し、下方の圧電素子 38 は表面 40 から離れる分極方向 P を有する。例では発振素子として圧電素子が使用されるために、圧電素子支持体 16 である発振素子支持体 57 は、例えば接地され、圧電素子 38 の空いている表面には互いに同相の交番電圧が印加され、圧電素子 38 の平面内およびそれにより、ツール長手軸の想定された延長線に主として平行にも、時間的に交互に伸張および圧縮が生じる。図 10 b に書き込まれた矢印は、その分極方向 P がトランスデューサ本体 15 へ向いている両圧電素子 38 が、互いに同相に長さが変化し (表された時点では丁度伸張し)、その分極方向がそれぞれトランスデューサ本体 15 から離れる向きの残りの両圧電素子 38 が、同じく対で等しいが、先に述べた両圧電素子 38 とは逆に長さが変化 (表された時点では丁度圧縮) することを分かり易くしている。そのようにして、基準面 E に対して互いに一列に対向しているそれぞれ 2 つの圧電素子 38 は、互いに逆に長さが変化する。同じ表面 (39 または 40) 上に貼り付けられたそれぞれ 2 つの圧電素子 38 も、互いにそれぞれ逆に長さが変化する。図 9 および 10 a、10 b には、圧電素子 38 の電圧供給または電流供給が示されていない。しかしながら、すでに言及したように、例えばトランスデューサ本体が接地され (るかまたはこれに別の電位が印加され)、および全圧電素子 38 の空いている平らな表面に、例えば導電接続を重ねて用いて、互いに同相の交番電圧が印加されることも可能である。

【0038】

トランスデューサ本体 15 は金属材料から成る直方形の基本体であり、その最長面は垂直に立っている。則ち、ツール長手軸 W の延長方向に延びている。圧電素子 38 が、先に述べたように逆方向に長さが変化しているために、トランスデューサ本体 15 は曲げ振動を行い、この場合、「曲げ方向」、則ち図 10 a、10 b の注視方向に関して横方向または水平方向の断面は、伸張が最も小さい。好ましくは、示された例では、図 10 b に示したようにトランスデューサ本体は、その第 2 曲げ固有モードで振動する。2 つのリングが空いている場合には、この固有モードは、3 つの振動ノードを有し、その内の最下の振動ノードは、ボンディングツール 5 の取付点 56 の高さにある。例では、それより下の、ボンディングツール 5 の縦線上に分散してさらに 3 つの、同じく 58 で表された更なる振動ノードが存在する。そのため、ボンディングツール 5 も曲げモードを実行する。ボンディングツール 5 およびトランスデューサ本体 15 は、その幾何学上の大きさおよび材料特性から、それらがそれぞれ単独で (前述の固有モードに対する) ほぼ等しい固有周波数を有するように調整される。この 2 つの部分がまとめられると、全システムも対応する固有周波数を示す。この場合、ボンディングツール 5 の上方の振動ノード 58 およびトランスデューサ本体 15 の下方の振動ノード 58 の位置が共通の点にあることが (示されるように) 好ましい。締め付けねじ 8 (例では押しねじ) を用いたボンディングツール 5 の固定部も、この位置またはこの高さに存在する。この意味でボンディングツール 5 は、トランスデューサ本体 15 の曲げ振動を連続で続行させる。ボンディングツール 5 を挟み込めるよ

10

20

30

40

50

うにするために、ボンディングツール 5 に対する袋状の窪み 7 がトランスデューサ本体 15 の曲げ面内の、厳密にはないが中央に存在するが、この場合、わずかなずれは振動の挙動にほとんど影響しない。しかしながら代替で、完全に曲げ面の中央にあるボンディングツールの位置付けも可能であろう。曲げ面に直交する面内には、例ではボンディングツール 5 が完全に中央に置かれている。

【0039】

実施例（図 9 参照）では、超音波トランスデューサ 35 の設置またはボンディングヘッドへのその取付は、2 つの側部の接続手段 59 を用いて行われ、この接続手段は、面 39、40 に直交して延びる、トランスデューサ本体 15 の 2 つの側面に、互いに対向して取り付けられる。これらは、それぞれ 1 つの接続穿孔 60 を有し、ボンディングヘッドへの取り付けのために、示されていない固定ねじがその中を通ることができる。各接続手段には、接続穿孔 60 の上方および下方にそれぞれ 1 つの固体継手 61 があり（則ち合わせて 4 つの固体継手 61 が存在し）、この場合、曲げ振動を外すためには、比較的小さい断面を有する領域にすれば良い。好ましくは、この曲げ領域は、トランスデューサ本体 15 の上方および中央の振動ノード 58 の高さに正確に存在する（図 10b 参照）。ここでは、基本体はほぼ完全に回転し、このことから、曲げ継手は理想的に作用し、このようにして振動系はその周囲から外される。代替で、固体継手がトランスデューサ本体 15 の上方および下方の振動ノード 58 の高さか、またはトランスデューサ本体 15 の中央および下方の振動ノード 58 の高さに存在する変形形態も可能である。固体継手 61 の上方および下方では、接続手段 59 がトランスデューサ本体 15 と接続している。好ましくは、接続手段 59 はトランスデューサ本体 15 と一体ないし統合の形に仕上げられる。則ち、軸受および基本体は一体型に作られるが、しかしながら、異なる形態も考えられるであろう。

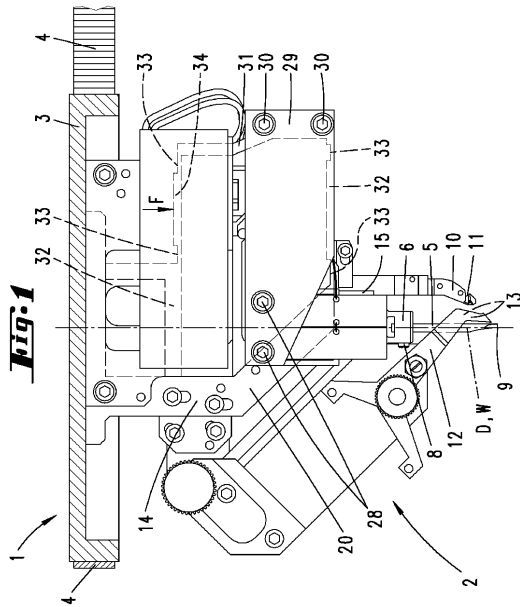
【0040】

図 9 および 10 に示された実施形態の場合も、超音波振動は薄い圧電プレートから生成される。ここでも、分極方向 P および電界に直交している振動方向が使用される。すでに先に述べたように、基本体の振動モード（特に第 2 の曲げモード）を理想的に励起するために、合わせて 4 つの圧電素子 38 が使用され、この場合、それぞれ対角線状に対向する素子が互いに同様に時間に同期して伸びるかまたは長くなる。例えば表面 39 に貼り付けられた 2 つの圧電素子 38 または表面 40 に貼り付けられた 2 つの圧電素子 38 を省略することによって変容が可能である。それによって生じる実施変態でも、トランスデューサ本体 15 はその第 2 の曲げモードへ励起されるであろう。例えば図 10a、10b に関連して、2 つの上方の圧電素子 38 または 2 つの下方の圧電素子 38 を省略する場合には、別の変容が可能であろう。そのような配置では、トランスデューサ本体 15 はその第 1 の曲げモードへ励起され、この場合、ここでも、適切に調整される場合にボンディングツール 5 への振動性トルクの導入が行われるはずである。類似で、図 9 および 10 から出発して、さらに、ツール長手方向 W の延長に順に設置された 1 つまたは複数の追加の圧電素子 38 が表面 39、40 のそれぞれに設けられる形態も可能であり、このことにより、トランスデューサ本体 15 は比較的高い曲げモードへ励起される。

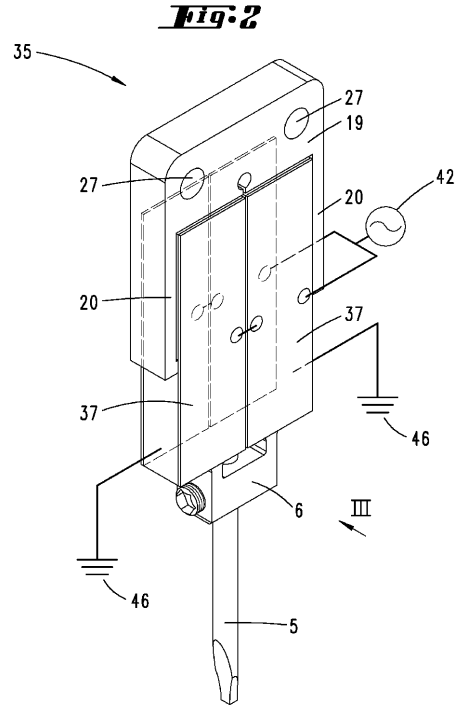
【0041】

開示された全ての特徴は、（それ自身が）発明の本質をなすものである。当該出願の開示において、この資料の特徴を本出願の請求の範囲に取り入れるという目的でも、これをもって、付属ノ添付の優先権資料（予備出願の謄本）の開示内容もその内容全体を含めることとする。

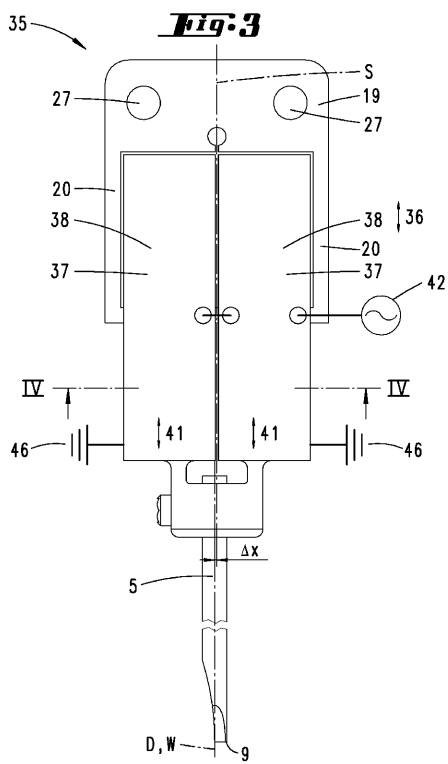
【図 1】



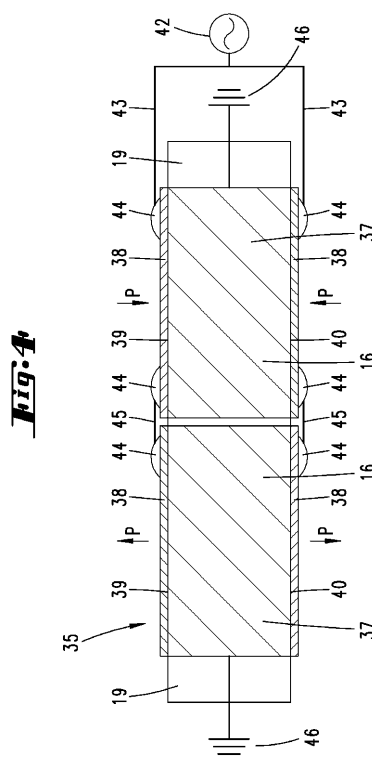
【図 2】



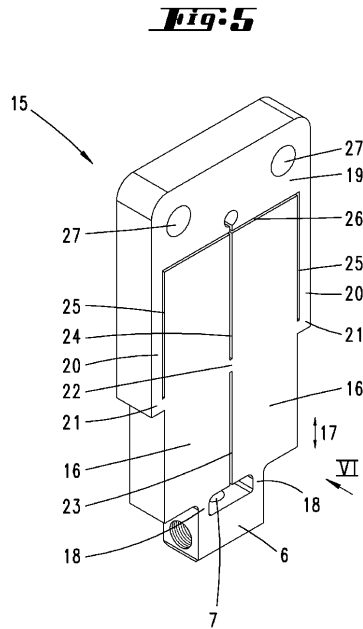
【図 3】



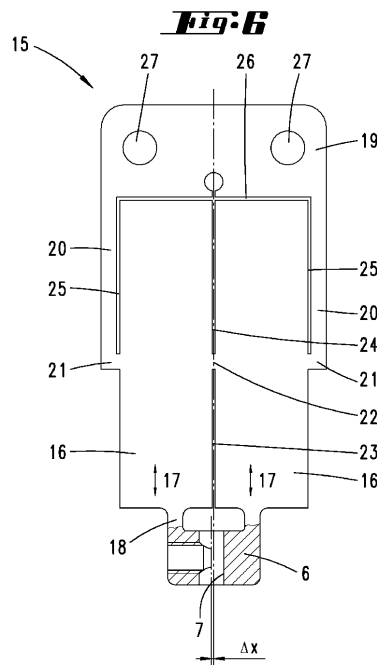
【図 4】



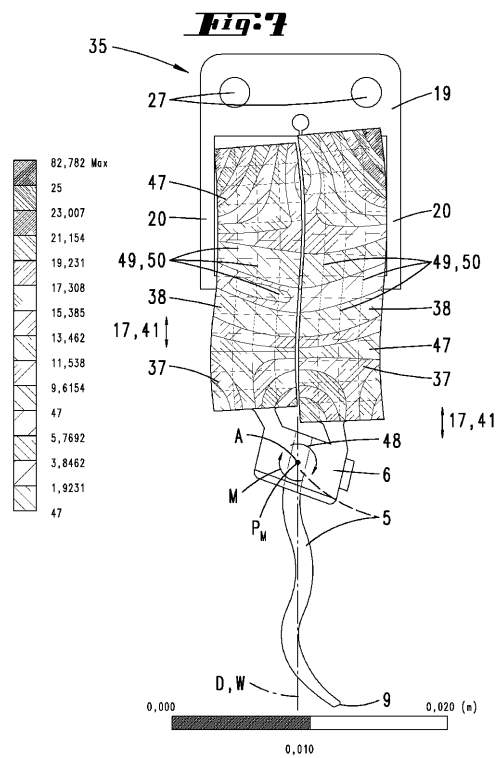
【図 5】



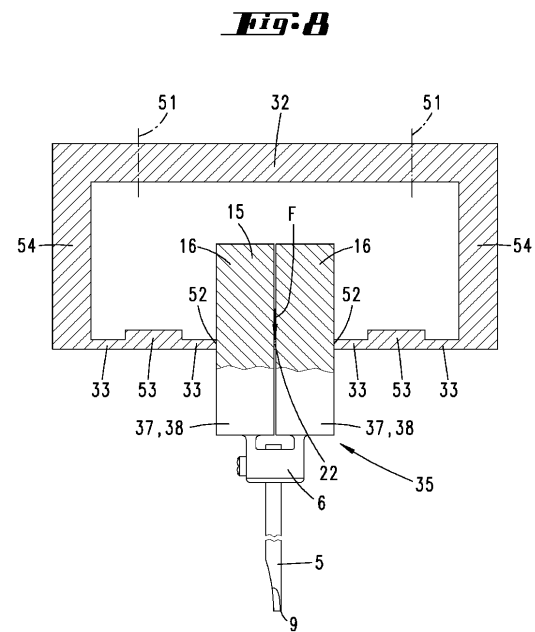
【図 6】



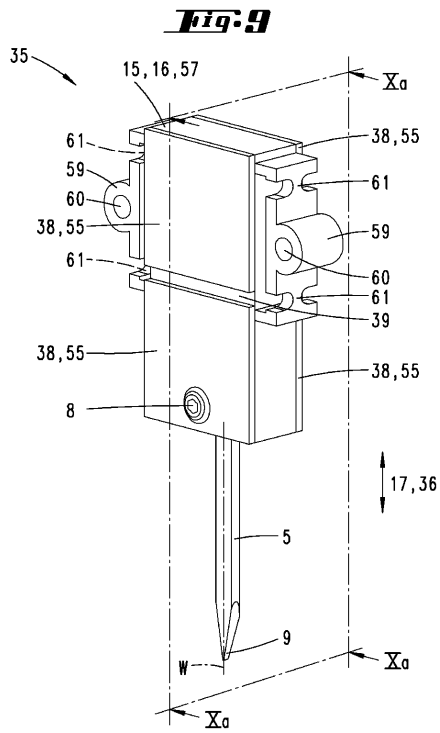
【図 7】



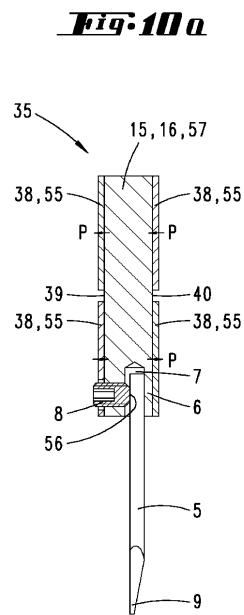
【図 8】



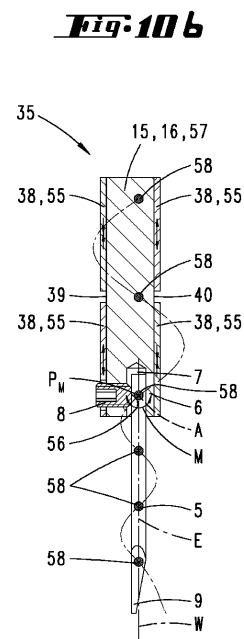
【図 9】



【図 10 a】



【図 10 b】



フロントページの続き

- (72)発明者 ヘッセ・ハンス - ユルゲン
ドイツ連邦共和国、3 3 1 0 6 パーダーボルン、ヘックホーフヴェーク、2 1
- (72)発明者 ヴァラシェク・イェルク
ドイツ連邦共和国、3 3 1 0 6 パーダーボルン、ヴァイケンヴェーク、3 0
- (72)発明者 ブレーケルマン・ミヒャエル
ドイツ連邦共和国、3 3 1 2 9 デルブリュック、パーター - マイアー - ストラーセ、3 0
- (72)発明者 ヴァシルイエフ・ピオトル
リトアニア国、0 8 3 3 5 ヴィリニウス、ポルトス、4 8

審査官 大内 俊彦

- (56)参考文献 特開2 0 0 0 - 0 4 0 7 1 6 (J P , A)
特開2 0 0 7 - 1 5 0 1 8 8 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
- | | |
|---------|---------------------------|
| B 2 3 K | 2 0 / 0 0 - 2 0 / 2 6 , |
| B 6 0 B | 1 / 0 6 , |
| H 0 1 L | 2 1 / 6 0 7 , 4 1 / 0 8 , |
| H 0 2 N | 2 / 0 0 |