

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5055423号
(P5055423)

(45) 発行日 平成24年10月24日(2012.10.24)

(24) 登録日 平成24年8月3日(2012.8.3)

(51) Int.Cl.

F 1

HO4R 1/06 (2006.01)

HO4R 1/06 330

HO1L 21/607 (2006.01)

HO1L 21/607 C

HO4R 17/00 (2006.01)

HO4R 17/00 330G

HO4R 17/00 330H

請求項の数 5 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2010-501469 (P2010-501469)
 (86) (22) 出願日 平成20年3月20日 (2008.3.20)
 (65) 公表番号 特表2010-524314 (P2010-524314A)
 (43) 公表日 平成22年7月15日 (2010.7.15)
 (86) 國際出願番号 PCT/EP2008/053359
 (87) 國際公開番号 WO2008/122499
 (87) 國際公開日 平成20年10月16日 (2008.10.16)
 審査請求日 平成23年1月26日 (2011.1.26)
 (31) 優先権主張番号 00583/07
 (32) 優先日 平成19年4月4日 (2007.4.4)
 (33) 優先権主張国 スイス(CH)

(73) 特許権者 509253332
 エセック エージー
 スイス国 シーエイチ-6330 シャム
 , ピンテルベルグシュトラッセ 32
 (74) 代理人 100091683
 弁理士 ▲吉▼川 俊雄
 (72) 発明者 トゥエルレマン, シルヴァン
 スイス国 シーエイチ-6314 ウンタ
 一エーガーイ, セーホフマット 26エー
 (72) 発明者 フォン, アルクス マルティン
 スイス国 シーエイチ-6314 ウンタ
 一エーガーイ, ツインメルシュトラッセ
 40

審査官 菊池 充

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】超音波トランステューサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

縦長ホーン(2)と、カウンターピース(3)と、2つの圧電駆動部(4、5)と、ネジ(6)とを備えた超音波トランステューサであって、カウンターピース(3)がネジ(6)を使用してホーン(2)に固定され、その際にトランステューサの縦軸(7)の両側に配置された圧電駆動部(4、5)がホーン(2)とカウンターピース(3)の間に挟み込まれ、ホーン(2)が、トランステューサをワイヤーボンダのボンダヘッドに固定するための少なくとも1つの第1の穴(9)を具備したフランジ(8)を備え、2つの圧電駆動部(4、5)に第1の同位相の交流電圧が印加されて第1の超音波振動がトランステューサの縦軸(7)に対して平行にトランステューサ内で形成され、2つの圧電駆動部(4、5)に第2の同位相の交流電圧が印加されて第2の超音波振動がトランステューサの縦軸(7)を横断するようにトランステューサ内で形成される超音波トランステューサにおいて、

圧電駆動部(4、5)が第1の超音波振動の第1の節(13)にあり、

圧電駆動部(4、5)が第2の超音波振動の第1の波腹(14)にあり、

フランジ(8)が第1の超音波振動の第2の節(15)にあり、

フランジ(8)が第2の超音波振動の第2の波腹(16)にあり、

フランジ(8)の少なくとも1つの第1の穴(9)が第2の超音波振動の別の節(17)にあることを特徴とする超音波トランステューサ。

【請求項 2】

ホーンがキャピラリーを受け入れるための第2の穴(12)を備え、この第2の穴(12)が、ホーン先端から測定して、第2の波腹(18)である、第2の超音波振動の波腹(18)内に設けられることを特徴とする、請求項1に記載の超音波トランスデューサ。

【請求項3】

ネジ(6)が頭部を備え、第2の超音波振動が、ネジ(6)の頭部と圧電駆動部(4、5)に間にある少なくとも1つの節(19)を備えていることを特徴とする、請求項1又は2に記載の超音波トランスデューサ。

【請求項4】

第2の超音波振動が、カウンターピース(3)内でカウンターピース(3)の縁付近にある節(20)を備えていることを特徴とする、請求項1乃至3のいずれか一項に記載の超音波トランスデューサ。10

【請求項5】

カウンターピース(3)の幅(B₁)が、トランスデューサの縦軸から圧電駆動部外縁(4、5)までの距離(D₁)より大きいことを特徴とする、請求項1乃至4のいずれか一項に記載の超音波トランスデューサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波トランスデューサに関する。

【背景技術】

【0002】

そのような超音波トランスデューサは、いわゆるボールワイヤーボンダに使用されている。ワイヤーボンダとは、半導体チップを基板に取り付けた後でワイヤー接続するための機械である。ボールワイヤーボンダとはワイヤーをキャピラリーの縦穴に通し、キャピラリーを使って接続点に固定するワイヤーボンダであるのに対して、いわゆるウェッジワイヤーボンダにはキャピラリーの代りに、超音波ホーンとしても知られる特殊なウェッジツールが付いている。超音波トランスデューサは、ホーン、及びホーン内で超音波振動を励起するための圧電駆動部を含んでいる。キャピラリーはホーンの先端に挿まれている。半導体チップの接続点と基板の接続点との間にワイヤー接続を形成する際、キャピラリーから突き出たワイヤー端部はまず溶けて球状になる。続いて、専門用語で「ボール」と呼ばれるワイヤー球が半導体チップの接続点に圧力と超音波によって固定される。その際にワイヤー球は押しつぶされる。このプロセスはボールボンディングと呼ばれる。次に、ワイヤーが必要なワイヤー長さまで引き出され、ワイヤーブリッジに成形され、基板の接続点に溶接される。この最後のプロセス部分はウェッジボンディングと呼ばれる。ワイヤーを基板の接続点に固定した後、ワイヤーが切り離され、次のボンディングサイクルが開始される。ボールボンディング及びウェッジボンディングでは、ホーンには圧電駆動部によって超音波が印加される。30

【0003】

超音波トランスデューサは、例えば特許文献1、特許文献2、特許文献3、特許文献4、特許文献5、特許文献6、特許文献7、特許文献8、特許文献9で公知である。

【0004】

公知の超音波トランスデューサでは、立ち波形の超音波がホーン内で形成され、超音波の振動がホーンの縦方向に向くように設計されている。そのような超音波は縦波とも呼ばれる。ボールワイヤーボンダのボンダヘッドにより、キャピラリー先端が三次元方向へ動くことが可能になるが、その際ボンダヘッドには3つの自由度しかない。従ってホーンは従来式の、x y テーブルに取り付けられたボンダヘッドにおいても、また特許文献10、特許文献11、特許文献12で公知の回転式ボンダヘッドにおいても同様に、程度の差はあれあらかじめ定められた方向に合わせられているのに対して、ワイヤー接続は全ての方向に伸びる可能性がある。このことは、一方でワイヤーの基板の接続点への付着が全てのワイヤー接続で同じ強さにならないという結果を、他方で押しつぶされた「ボール」の形40

50

20

30

40

50

状が様々に異なるという結果をもたらす。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

- 【特許文献1】米国特許第5603455号明細書
【特許文献2】米国特許第5595328号明細書
【特許文献3】米国特許第5364005号明細書
【特許文献4】米国特許第5180093号明細書
【特許文献5】米国特許第5368216号明細書
【特許文献6】米国特許第5469011号明細書
【特許文献7】米国特許第5578888号明細書
【特許文献8】米国特許第5699953号明細書
【特許文献9】米国特許第6135339号明細書
【特許文献10】米国特許第5114302号明細書
【特許文献11】米国特許第6460751号明細書
【特許文献12】国際出願第2006036669号パンフレット

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の課題は、ワイヤーの基板の接続点上への付着性を改善し、押しつぶされた「ボール」が均一の形状になるようにすることである。 20

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の課題は、発明に従い、請求項1の特徴によって解決される。有利な実施形態は従属請求項に開示される。

【0008】

発明に従った超音波トランステューサは、縦長ホーン、カウンターピース、2つの圧電駆動部、ネジを備えている。カウンターピースはネジを使用してホーンに固定され、その際に超音波トランステューサの縦軸の両側に配置された圧電駆動部が、ホーンとカウンターピースとの間に挟み込まれる。ホーンは、超音波トランステューサをワイヤーボンダのボンダヘッドに固定するための、少なくとも1つの穴を備えたフランジを具備している。超音波トランステューサ内では、2つの圧電駆動部に第1の同位相の交流電圧が印加されることで第1の超音波振動がトランステューサの縦軸に対して平行に形成され、2つの圧電駆動部に第2の、逆位相の交流電圧が印加されることで第2の超音波振動がトランステューサの縦軸を横断するように形成される。超音波トランステューサは、

- 圧電駆動部が第1の超音波振動の第1の節にあり、
- 圧電駆動部が第2の超音波振動の第1の波腹にあり、
- フランジが第1の超音波振動の第2の節にあり、
- フランジが第2の超音波振動の第2の波腹にあり、
- フランジの少なくとも1つの穴が第2の超音波振動の別の節にある

30

ように設計される。

2つの交流電圧は、両方が同じ周波数と同じ位相をもつときは同位相である。2つの交流電圧は、同じ周波数を持つが逆の正負符号を持ち、従って だけ位相がずれているときは逆位相である。

【0009】

ホーンはキャピラリーを受け入れるための穴を備えている。この穴は、ホーンの先端から測定して第2の超音波振動の第2の波腹に設けられるのが好ましい。

【0010】

好ましくは、第2の超音波振動が少なくとも1つの節を備え、この節はネジの頭部と圧電駆動部との間にある。

40

50

【0011】

好ましくは、第2の超音波振動はカウンターピース内に1つの節を備え、この節はカウンターピースの縁付近にある。

【0012】

好ましくは、カウンターピースの幅は、超音波トランスデューサの縦軸から圧電駆動部の外側の縁までの距離より大きい。

【0013】

本発明は、以下に実施例と図を使用して詳しく説明される。図は実寸とは一致していない。

【図面の簡単な説明】

10

【0014】

【図1】発明に従った超音波トランスデューサの平面図である。

【図2】適切な交流電圧の印加によって超音波トランスデューサ内に形成されるさまざまな超音波振動の振幅である。

【図3】適切な交流電圧の印加によって超音波トランスデューサ内に形成されるさまざまな超音波振動の振幅である。

【図4】適切な交流電圧の印加によって超音波トランスデューサ内に形成されるさまざまな超音波振動の振幅である。

【図5】適切な交流電圧の印加によって超音波トランスデューサ内に形成されるさまざまな超音波振動の振幅である。

20

【図6】リサーチュ图形を描くキャピラリー先端の経路である。

【図7】超音波トランスデューサ用制御ユニットである。

【発明を実施するための形態】**【0015】**

図1は、発明に従った超音波トランスデューサ1の平面図である。直交座標系の軸はxとyとで示されている。超音波トランスデューサ1は、縦長ホーン2、カウンターピース3、2つの圧電駆動部4、5及びネジ6から構成されている。カウンターピース3はネジ6を使用してホーン2に固定されており、その際に圧電駆動部4、5はホーン2とカウンターピース3の間に挟み込まれている。ゆえにカウンターピース3は、圧電駆動部4、5に物理的な予荷重をかけるためのタイピースの役割を果たす。ホーン2はその縦軸7を中心で左右対称に形成される。ホーン2は、超音波トランスデューサ1に図中で輪郭だけが示されたワイヤーボンダのボンダヘッド10を固定するために、縦軸7の両側に伸びる、穴9を備えたフランジ8を具備している。加えてホーン2はその先端11付近に図面に対して垂直に伸びる穴12を備え、その穴にキャピラリーを固定することができる。トランスデューサ1の全長は符号Lで示され、ネジ6の頭の端部から反対側にあるホーン2の先端11まで達している。幅B(y)と厚さD(y)もy方向に変化し、その結果としてトランスデューサ1のホーン2の質量分布がy方向に変化する。ホーン2の前部分は例えば円錐形に形成される。

30

【0016】

超音波トランスデューサ1は、ホーン2の先端に挟み込まれたキャピラリーに超音波振動を与える役割を果たす。超音波トランスデューサ1は振動するシステムであり、ホーン2だけでなくすべての部品が振動する。発明に従った超音波トランスデューサ1は、第1の作動モードにおいて、2つの圧電駆動部がホーン2に、ホーン2の縦方向を向いた超音波振動、つまり立ち波形の超音波を励起し、同時にキャピラリーの先端にホーン2の縦軸7に対して平行に向いた振動が与えられるよう設計されている。そのような超音波振動は、縦振動又は立ち波形縦波とも呼ばれる。キャピラリー先端の振動がy方向に走ることから、このモードを以下ではYモードと呼ぶ。発明に従った超音波トランスデューサ1はさらに、第2の作動モードにおいて、2つの圧電駆動部がホーン2に、ホーン2の縦軸を横断する方向を向いた超音波振動（これもまた立ち波形の超音波）を励起し、同時にキャピラリーの先端に、ホーン2の縦軸7を横断するように向いた振動が与えられるよう設計さ

40

50

れている。そのような超音波振動は、曲げ振動とも呼ばれる。キャピラリー先端の振動がここでは x 方向に走ることから、このモードを以下ではXモードと呼ぶ。

【0017】

Yモードでは、2つの圧電駆動部4、5に同位相の交流電圧が印加され、その結果圧電駆動部は y 方向に常に同時に伸ばされ、縮められる。Xモードでは、2つの圧電駆動部4、5に逆位相の交流電圧が印加され、その結果、第2の圧電駆動部5が y 方向に縮められると、第2の圧電駆動部4が y 方向に伸ばされる。

【0018】

以下では、トランスデューサ1が備えている必要があるか、又は備えていると好ましいさまざまな特性について説明される。その特性によってキャピラリー先端の振動の振幅が、トランスデューサ1のYモードとXモードの両方においてワイヤーボンディングに使用できる程度に達する。

【0019】

図2は、Yモードに設定されたトランスデューサ1の縦軸7に沿った、立ち波形の超音波の振幅 A_1 である。図3は、Xモードに設定されたトランスデューサ1の縦軸7に沿った、立ち波形の超音波の振幅 A_2 である。図4は、フランジ8の x 軸に沿った、立ち波形Xモードの超音波の振幅 A_3 である。この超音波は x 方向に向いている。図5は、カウンターピース3の x 軸に沿った、立ち波形Xモードの超音波の振幅 A_4 である。トランスデューサ1の縦方向端部では、カウンターピース3とフランジ8の側方端部と同様に、自然に波腹が生じる。例中のトランスデューサ1は、トランスデューサ1の縦軸7上のYモードの超音波が $n_1 = 5$ の節を持つように設計されている。しかし節の n_1 の数は異なる数であってもよい。トランスデューサ1はさらに発明に従って以下のように設計される。
A) 圧電駆動部4及び圧電駆動部5がYモードの第1の節13(図2)の中にあり、好ましくは、圧電駆動部4、5の中心、又は中心付近の点は第1の節13の中にある。
B) 圧電駆動部4及び圧電駆動部5がXモードの第1の波腹14(図3)にあり、好ましくは圧電駆動部4、5の中心、又は中心付近の点は第1の波腹14の中にある。
C) フランジ8がYモードの第2の節15(図2)にある。
D) フランジ8がXモードの第2の波腹16(図3)にある。
E) フランジ8の2つの穴9がXモードの側部の節17(図4)にある。

【0020】

AからDの特性は、以下のようない方法で実現される。

- Yモードの超音波振動の希望周波数 f_Y を規定する。これは通常約125kHzである。
- Yモードで n_1 節が現れるようにトランスデューサ1の長さ L を規定する。長さ L は基本的に周波数 f_Y 、及びホーン2とカウンターピース3を構成している素材の音速に依存する。ホーン2及びカウンターピース3はチタン製であることが好ましい。
- ホーン2の幅 $B(y)$ 及び任意で厚さ $D(y)$ も、適切な曲げ振動が見つかるまで局部的に変化させる。この曲げ振動の固有振動数 f_x は周波数 f_Y 付近にあり(つまり $|f_x - f_Y| < < f_Y$)、圧電駆動部4、5の中心領域で波腹を、及びYモードの節領域で波腹を備える。この曲げ振動はXモードとして選択される。例では特性B及びD及び条件 $|f_x - f_Y| < < f_Y$ が十分に達成可能である。

【0021】

フランジ8では、同様に立ち波形の超音波が形成され、フランジ8の端部で波腹が現れる。 x 位置、及び側部の節と名付けられた節の数は、フランジ8の長さ K に依存する。長さ K は、Xモードで少なくとも側部の節、つまり例中の節17(図4)が現れるように選択される。特性Eは、フランジ8の長さ K を適切に選択することでも得ることができる。

【0022】

トランスデューサ1は、さらに有利には以下のように設計される。

- F) キャピラリー用の穴12は、ホーン2の先端11から測定して、第2の波腹のところに配置され、第2の波腹はXモードに設定されて、ここでは符号18が付けられている。

10

20

30

40

50

G) ネジ 6 の頭部と圧電駆動部 4、5 の間に、Y モードで少なくとも 1 つの節、つまり例中の節 19(図 2) が現れる。

H) X モードではカウンターピース 3 において、その中心でも縁部付近でも、側部の節 20(図 5) が現れ、それによってカウンターピース 3 の方を向いた圧電駆動部 4、5 の面全体が同じ y 方向に振動し、それによって(周波数 f_x に従って)引き荷重又は圧力荷重のどちらかが交互に加えられる。このようにして、面の一部がプラスの y 方向に動き、一方で同時に面の別の一部がマイナスの y 方向に動くことが回避される。

【0023】

特性 G は、カウンターピース 3 の長さ L_G 、及びカウンターピース 3 から突き出しているネジ 6 の一部の長さ L を適切に選択することで得ることができる。特性 H は、幾何学形状の最適化、及びその結果としてカウンターピース 3 の質量分布の最適化によって得ることができる。例中ではカウンターピース 3 は 1 枚のプレートで、このプレートの、トランスデューサ 1 の縦軸 7 から離れた端部は、このような理由から図 1 に表示されているように幅広になっている。好ましくは、カウンターピース 3 の幅 B_1 は、超音波トランスデューサ 1 の縦軸 7 から圧電駆動部 4 又は 5 の外縁までの距離 D_1 よりも大きく、その結果カウンターピース 3 はその側部が圧電駆動部 4 又は 5 よりも突出している。

10

【0024】

発明に従ったトランスデューサ 1 は、3 つのモードで作動することができる。つまり、Y モードのみ、X モードのみ、又は XY モードの 3 つであり、XY モードでは X モードも Y モードも同時に励起される。Y モードは特に y 方向に伸びるワイヤーループのボンディングに適しており、X モードは特に x 方向に伸びるワイヤーループのボンディングに適している。XY モードは全く新種のモードで、このモードでは X モードも Y モードも同時にそして互いに無関係に励起されるが、キャピラリー先端の振動の振幅は x 方向及び y 方向に妥当な大きさを示し、好ましくは略同じ大きさである。x 方向及び y 方向のキャピラリー先端の振動は相互に関連がなく、その結果キャピラリー先端がリサージュ图形を描く。キャピラリー先端は、長方形で区切られたリサージュ経路のあとをたどる。リサージュ経路の一例が図 6 に示されている。

20

【0025】

図 7 は、超音波トランスデューサ 1 が前述の 3 つのモードで作動することを可能にする制御回路である。圧電駆動部 4、5 は同一に構成されている。各圧電駆動部 4、5 は、複数の、通常は図示されているように 4 つ又は 6 つ又はそれ以上の圧電要素 21 の積み重ねから構成され、これら圧電要素は極性方向を交互に替えて並んで積み重ねられ、その際に圧電要素 21 の間に常に導電性のプレート 22 が挟み込まれている。圧電要素 21 の極性方向は、「+」及び「-」記号の順番で特徴づけられる。制御回路は、Y モードを励起するための第 1 の発電機 23 と、X モードを励起するための第 2 の発電機 24 と、一次巻線 26 及び二次巻線 27 を具備した変圧器 25 とを備える。二次巻線 27 は、2 つの同じ巻線 28 及び 29 から構成され、これらの巻線は共通の入力接続部 30 とそれぞれ 1 つの出力接続部 31 又は 32 を備えている。第 1 の発電機 23 の出力側は、二次巻線 27 の共通の入力接続部 30 と接続されている。第 2 の発電機 24 の出力側は、一次巻線 26 の第 1 の接続部と接続されているのに対して、一次巻線 26 の第 2 の接続部はアースに接続している。巻線 28 の出力接続部 31 は、第 1 の圧電駆動部 4 の圧電要素 21 のマイナス接続部と接続している。巻線 29 の出力接続部 32 は、第 2 の圧電駆動部 5 の圧電要素 21 のマイナス接続部と接続している。圧電駆動部 4 及び 5 の圧電要素 21 のプラス接続部は、電気的にアース接続している。

30

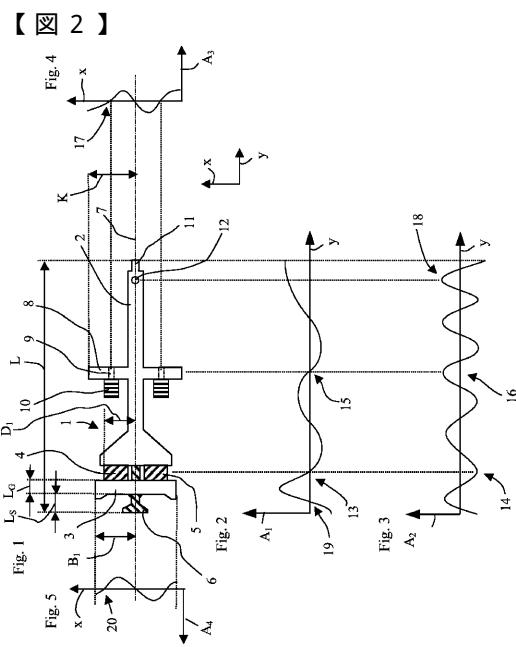
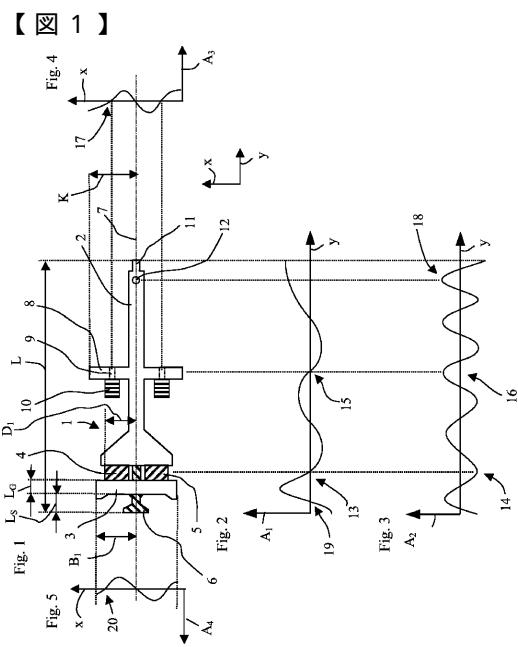
【0026】

第 1 の発電機 23 は、交流電圧 $U_1 = U_Y \cos(2\pi f_Y t + \phi_Y)$ を供給し、その際 t は時間を、及び ϕ_Y は位相の状態を示す。第 2 の発電機 24 は、交流電圧 $U_2 = U_X \cos(2\pi f_X t + \phi_X)$ を供給し、その際 ϕ_X は位相状態を示す。以下の表には、上述の 3 つのモードで圧電駆動部 4 及び 5 にどの交流電圧が印加されるのかを示している。

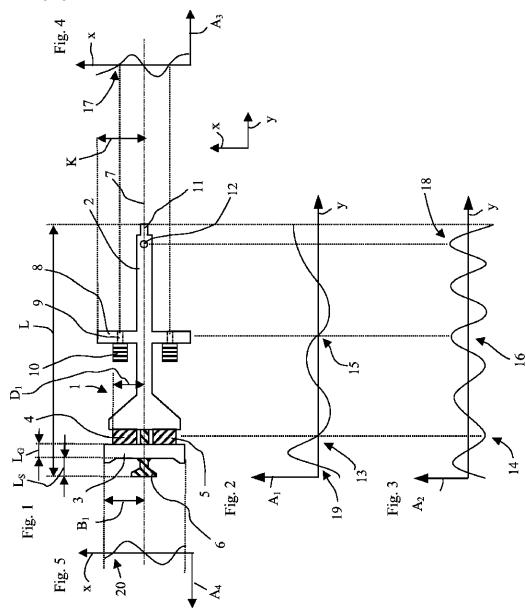
40

50

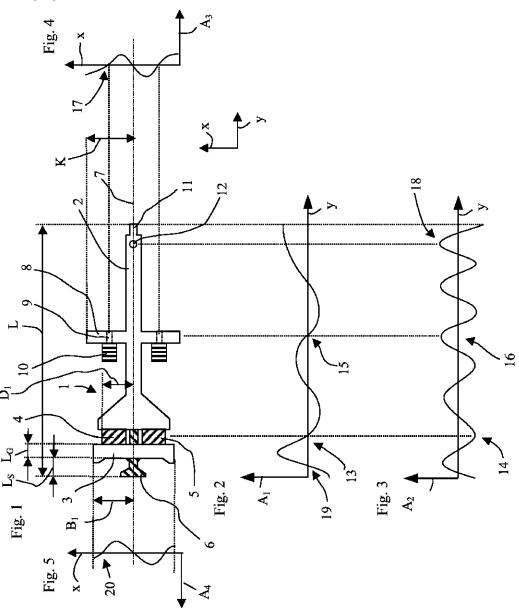
	圧電駆動部 4	圧電駆動部 5
Y モード	U_1	U_1
X モード	U_2	$-U_2$
X Y モード	$U_1 + U_2$	$U_1 - U_2$



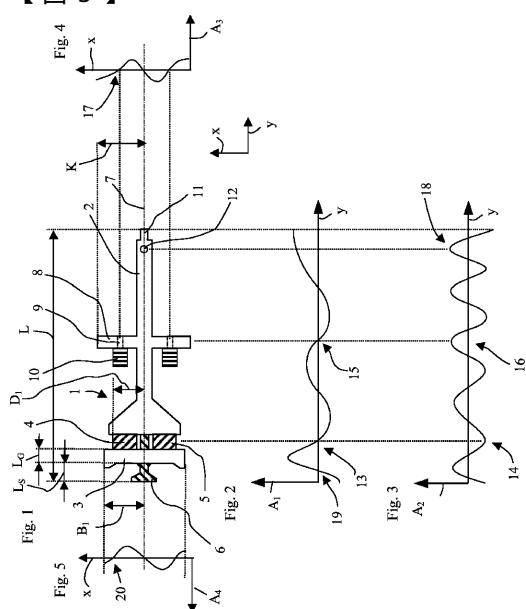
【図3】



【図4】

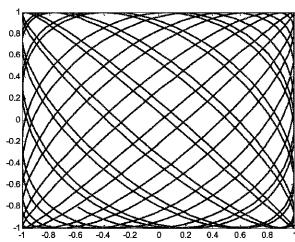


【図5】



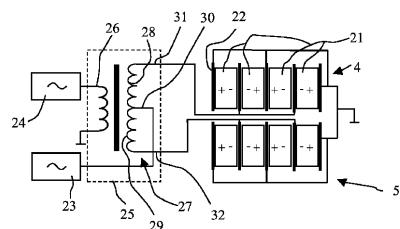
【図6】

Fig. 6



【図7】

Fig. 7



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平10-303240(JP,A)
特開平11-314067(JP,A)
特開2007-035827(JP,A)
特開平05-074874(JP,A)
特開昭63-214381(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04R 1/06
H04R 15/00-19/00
H01L 21/60-21/607