

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4350242号
(P4350242)

(45) 発行日 平成21年10月21日 (2009.10.21)

(24) 登録日 平成21年7月31日 (2009.7.31)

(51) Int.Cl.		F I	
H O 2 N	2/00	(2006.01)	H O 2 N 2/00 C
B O 6 B	1/06	(2006.01)	B O 6 B 1/06 A
H O 1 L	21/60	(2006.01)	H O 1 L 21/60 3 1 1 T
H O 1 L	21/607	(2006.01)	H O 1 L 21/607 C

請求項の数 11 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願平11-337766	(73) 特許権者	000005821
(22) 出願日	平成11年11月29日 (1999.11.29)		パナソニック株式会社
(65) 公開番号	特開2001-149865 (P2001-149865A)		大阪府門真市大字門真1006番地
(43) 公開日	平成13年6月5日 (2001.6.5)	(74) 代理人	100062144
審査請求日	平成18年10月5日 (2006.10.5)		弁理士 青山 篠
		(74) 代理人	100091524
			弁理士 和田 充夫
		(72) 発明者	光本 豊
			大阪府門真市大字門真1006番地 松下
			電器産業株式会社内
		(72) 発明者	岡本 健二
			大阪府門真市大字門真1006番地 松下
			電器産業株式会社内
		審査官	大山 広人
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波振動発生装置及び方法、並びにバンプ接合装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電圧が印加され超音波振動する超音波振動子 (1 2 0) に対する超音波振動の制御をデジタル演算処理にて行う超音波振動発生装置において、

上記超音波振動子へ印加する上記電圧を指数関数 $\exp(-2 \quad n \quad t)$ 、ここで は減衰率、 n は定数、 t は時間である、に従い時間経過とともに徐々に減少変化させることを特徴とする超音波振動発生装置。

【請求項 2】

上記指数関数は、上記超音波振動子の発振開始から終了までにて得られる上記超音波振動子の電圧プロファイルを複数回更新して得られる、請求項 1 記載の超音波振動発生装置

10

【請求項 3】

超音波振動している上記超音波振動子から得られる電圧及び電流の各実効値に基づいてインピーダンスを求め、上記超音波振動子への電圧の印加開始直後について上記インピーダンスに基づいて上記超音波振動子へ印加する電圧の周波数を変化させる実効値判断部 (2 3 2 3) をさらに備えた、請求項 1 又は 2 記載の超音波振動発生装置。

【請求項 4】

上記実効値判断部は、電圧の上記印加開始直後について上記インピーダンスが目標値を超えるときに用いる設定済みの周波数を格納したメモリ (2 3 2 3 1) を備え、上記インピーダンスが目標値を超えときには上記設定済みの周波数を送出する、請求項 3 記載の

20

超音波振動発生装置。

【請求項 5】

上記超音波振動子へ供給する電圧の周波数を変化させながら、それぞれの上記周波数毎に、上記超音波振動子から得られる電圧及び電流の各実効値に基づいてインピーダンスを求め、上記超音波振動子におけるインピーダンス特性を求めるインピーダンス特性測定部(2322)をさらに備えた、請求項1から4のいずれかに記載の超音波振動発生装置。

【請求項 6】

電圧が印加され超音波振動する超音波振動子(120)に対する超音波振動の制御をデジタル演算処理にて行う超音波振動発生方法において、

上記超音波振動子へ印加する上記電圧を指数関数 $\exp(-2 \frac{n}{t})$ 、ここでは減衰率、 n は定数、 t は時間である、に従い時間経過とともに徐々に減少変化させることを特徴する超音波振動発生方法。

【請求項 7】

上記指数関数は、上記超音波振動子の発振開始から終了までにて得られる上記超音波振動子の電圧プロファイルを複数回更新して得られる、請求項6記載の超音波振動発生方法。

【請求項 8】

超音波振動している上記超音波振動子から得られる電圧及び電流の各実効値に基づいてインピーダンスを求め、上記超音波振動子への電圧の印加開始直後について上記インピーダンスに基づいて上記超音波振動子へ印加する電圧の周波数を変化させる、請求項6又は7に記載の超音波振動発生方法。

【請求項 9】

上記電圧の上記印加開始直後について上記インピーダンスが目標値を超えるとときには設定済みの周波数を使用する、請求項8記載の超音波振動発生方法。

【請求項 10】

上記超音波振動子へ供給する電圧の周波数を変化させながら、それぞれの上記周波数毎に、上記超音波振動子から得られる電圧及び電流の各実効値に基づいてインピーダンスを求め、上記超音波振動子におけるインピーダンス特性を求める、請求項6から9のいずれかに記載の超音波振動発生方法。

【請求項 11】

請求項1から5のいずれかに記載の超音波振動発生装置(170)と、

上記超音波振動発生装置から供給される正弦波形の入力電圧にて超音波振動してパンプ(104a、106)の接合を行う振動子(120、113)と、

を備えたことを特徴とするパンプ接合装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、突起電極であるパンプを電極上に接合するときには上記パンプに付与する超音波振動を発生する超音波振動発生装置、及び該超音波振動発生装置にて実行される超音波振動発生方法、さらに、上記超音波振動発生装置を備えたパンプ接合装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、モバイル通信機器等に使用される電子部品には、小型化、軽量化、及び高周波化がますます要求されてきている。このような中、半導体実装分野では、上記小型化に伴う電極間等における狭ピッチ化、及びタクト高速化、さらに弱耐熱材料の使用に伴う低温ボンディング化が求められている。

これらを実現するためには、例えばパンプ等を電極に形成するときのボンディングにおける荷重を小さくし、ICに与える熱を低くし、すなわち総じてエネルギーを小さくしていく必要がある。一方、上記ボンディングの強度を保つためには、上記パンプを電極に接合させるときに該パンプに作用させる超音波振動エネルギーを大きくしていく必要がある。

これらの実現のためには、実装機に搭載されている超音波振動子は、より効率よくかつ高速に、かつより高周波にて振動することが要求される。

【 0 0 0 3 】

図 3 3 には、上記超音波振動子を発振させる超音波振動発生装置 1 0 の現状における主な構造を示している。即ち、超音波振動発生装置 1 0 は、超音波振動子 2 0 を超音波振動させるための、パワーアンプ 2 1、トランス 2 2、V C O (ボルテージコントロールオシレータ) 2 3、及び V C A (ボルテージコントロールアンプリファイヤー) 2 4 と、超音波振動子 2 0 における超音波振動の周波数をフィードバック制御するための、電圧電流検出部 2 5、P L L (フェーズロックループ) 回路 2 6、及びループフィルタ 2 7 と、超音波振動子 2 0 における超音波振動の振幅を変化させるための、実効値検出部 2 8、目標値発生器 2 9、及び差動アンプ 3 0 とを有する。又、超音波振動子 2 0 は、圧電素子を有し、目標値で例えば 6 4 k H z の超音波振動を発生するように、上記圧電素子へ正弦波にてなる電圧が印加される。又、電極とパンプとを強固かつ効率的に接合させるためには、超音波振動子 2 0 における固有振動数、つまり共振状態にて超音波振動子 2 0 を振動させる必要がある。

10

【 0 0 0 4 】

パワーアンプ 2 1 及びトランス 2 2 は、超音波振動子 2 0 を直接駆動する回路部分であり、上記圧電素子へ上記電圧を印加する。上記電圧電流検出部 2 5 は、上記圧電素子を有する超音波振動子 2 0 へ電圧が印加され、超音波振動子 2 0 が超音波振動しているときにおける超音波振動子 2 0 の電圧及び電流を検出する。上述のように超音波振動子 2 0 には正弦波にてなる電圧が印加されるが、超音波振動子 2 0 の場合、電圧電流検出部 2 5 にて検出される電圧及び電流の各位相は、振動開始したときには、若干のずれが生じる。上記共振状態にて超音波振動子 2 0 を振動させるためには、上記ずれを無くし電圧及び電流の各位相を一致させることが必要である。上記 P L L 回路、上記ループフィルタ 2 7、及び上記 V C O 2 3 は、上記一致を図るように動作する。つまり、P L L 回路 2 6 は、電圧電流検出部 2 5 から送出される電圧及び電流の各正弦波をそれぞれデジタル変換してパルス波とし、各パルス波における位相のずれが無くなるように動作し、ローパスフィルタであるループフィルタ 2 7 を介して V C O 2 3 にて上記ずれが無くなるように電圧の周波数を変化させる。

20

【 0 0 0 5 】

上記実効値検出部 2 8 は、電圧電流検出部 2 5 から送出されている電圧、電流の波形に基づき実効値を検出し、かつ A C から D C に変換して電力値として差動アンプ 3 0 に供給する。該差動アンプ 3 0 には、目標値発生器 2 9 から上記振幅を変化させるため所望の振幅に対応した電力が供給されており、差動アンプ 3 0 は、実効値検出部 2 8 と目標値発生器 2 9 との各電力の偏差に応じた値の電圧を V C A 2 4 へ供給する。V C A 2 4 では、V C O 2 3 から供給される電圧の周波数に関する情報と差動アンプ 3 0 から供給される電圧の振幅に関する情報とに基づいて、目標の振幅を有し上記位相差を是正するようにパワーアンプ 2 1 へ供給する電圧を制御する。

30

【 0 0 0 6 】

【 発明が解決しようとする課題 】

上述のような従来の構成では、上記 P L L 回路 2 6 はデジタル信号を処理し、その他の構成部分はアナログ信号を処理する。上記目標値発生器 2 9 では、上述のように超音波振動子 2 0 へ印加する電圧の振幅を目標値に調整するに際し、時間経過とともに電圧値を変化させていくが、該電圧値変化もアナログ処理にて行なわれる。よって、目標値発生器 2 9 が有する上記電圧値変化用のランプ関数又はステップ関数は、アナログ回路であるゆえ回路構成上の制約から数パターンしか持つことができない。よって、エネルギー効率良く、目標の振幅に到達するためのパターンを作成することは困難である。

40

【 0 0 0 7 】

さらに又、従来の構成は、P L L 方式なのでループフィルタ 2 7 が必要となり、該ループフィルタ 2 7 はローパスフィルタであることから、遅れを発生して、上記位相のロック、

50

つまり上記位相のずれがなくなり、上記共振状態になるまでに長い時間を要する。具体的には、超音波振動子20における周波数を64kHzとしたとき、上記位相ロックまで約100msを要する。上記超音波振動発生装置10を備えた、例えばパンプ形成装置においては、一つのパンプ形成に許容されるタクトは約10msであることから、上記100msの値は論外な値である。よって、従来、例えばパンプ形成装置においては、生産に入る前にテストパンプ形成を行うことで上記位相ロックの状態となるような周波数を得て、実際の生産時には、上記PLL回路26を有するフィードバック回路部分を機能させずに、上記位相ロック状態の周波数にて超音波振動子20を超音波振動させてパンプ接合を行っているのが現実である。

したがって、従来では、パンプ接合が確実に行われない場合も生じる可能性があるという問題がある。

又、将来的には、超音波振動子20における周波数を64kHzを超える、例えば100kHz、200kHzのような周波数が要求されることが考えられる。そのような場合に、従来の構成ではさらに上記位相ロックに時間を要してしまう。

本発明はこのような問題点を解決するためになされたもので、パンプ接合に最適な周波数にて確実に早く振動させる周波数制御によりパンプ接合が確実に行われ、及びエネルギー効率の良い振幅制御が行われる、超音波振動発生装置及び方法、並びにパンプ接合装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明の第1態様の超音波振動発生装置によれば、電圧が印加され超音波振動する超音波振動子に対する超音波振動の制御をデジタル演算処理にて行う超音波振動発生装置において、上記超音波振動子へ印加する上記電圧を指数関数 $\exp(-2nt)$ 、ここでは減衰率、 n は定数、 t は時間である、に従い時間経過とともに徐々に減少変化させることを特徴とする。

【0009】

上記指数関数は、上記超音波振動子の発振開始から終了までにて得られる上記超音波振動子の電圧プロファイルを複数回更新して得られるようにすることもできる。

【0011】

又、超音波振動している上記超音波振動子から得られる電圧及び電流の各実効値に基づいてインピーダンスを求め、上記超音波振動子への電圧の印加開始直後について上記インピーダンスに基づいて上記超音波振動子へ印加する電圧の周波数を変化させる実効値判断部をさらに備えることもできる。

【0012】

又、上記実効値判断部は、電圧の上記印加開始直後について上記インピーダンスが目標値を超えるときに用いる設定済みの周波数を格納したメモリを備え、上記インピーダンスが目標値を超えときには上記設定済みの周波数を送出することもできる。

【0013】

又、上記超音波振動子へ供給する電圧の周波数を変化させながら、それぞれの上記周波数毎に、上記超音波振動子から得られる電圧及び電流の各実効値に基づいてインピーダンスを求め、上記超音波振動子におけるインピーダンス特性を求めるインピーダンス特性測定部をさらに備えることもできる。

【0014】

又、本発明の第2態様の超音波振動発生方法によれば、電圧が印加され超音波振動する超音波振動子に対する超音波振動の制御をデジタル演算処理にて行う超音波振動発生方法において、上記超音波振動子へ印加する上記電圧を指数関数 $\exp(-2nt)$ 、ここでは減衰率、 n は定数、 t は時間である、に従い時間経過とともに徐々に減少変化させることを特徴する。

【0015】

又、本発明の第3態様のパンプ接合装置によれば、上記第1態様の超音波振動発生装置と

10

20

30

40

50

、
上記超音波振動発生装置から供給される正弦波形の入力電圧にて超音波振動してパンプの接合を行う振動子と、
を備えたことを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

【 発明の実施の形態 】

本発明の実施形態である超音波振動発生装置、及び該超音波振動発生装置にて実行される超音波振動発生方法、並びに上記超音波振動発生装置を備えたパンプ接合装置について、図を参照しながら以下に説明する。尚、各図において同じ構成部分については同じ符号を付している。

10

【 0 0 1 7 】

上記パンプ接合装置としては、図 2 6 に示すようなパンプ形成装置 1 0 1 及び図 3 1 に示すようなフリップチップ実装装置 1 1 1 の形態がある。パンプ形成装置 1 0 1 は、上述の超音波振動子 2 0 に相当する超音波振動子 1 2 0 を有するパンプ形成ヘッド 1 0 2 と、上記超音波振動発生装置 1 7 0 を有する制御装置 1 8 0 とを備え、当該パンプ形成装置 1 0 1 に搬入された IC チップ 1 0 3 の電極上に、図 2 8 ~ 図 3 0 に示す動作にてパンプを形成する装置である。即ち、超音波振動子 1 2 0 の先端部分には、図 2 7 に示すように金線 1 0 4 が供給され、該金線 1 0 4 は、図 2 8 に示すように熔融され熔融ボール 1 0 4 a を形成する。次に、図 2 9 に示すように熔融ボール 1 0 4 a は IC チップ 1 0 3 の電極 1 0 5 上へ押圧される。このとき上記超音波振動発生装置 1 7 0 にて熔融ボール 1 0 4 a には超音波振動が与えられ、熔融ボール 1 0 4 a と電極 1 0 5 との接合が図られる。そして図 3 0 に示すように、金線 1 0 4 が切断され電極 1 0 5 上にパンプ 1 0 6 が形成される。尚、IC チップ 1 0 3 の一例は、例えば 5 × 5 mm の大きさにてなり、電極 1 0 5 を 1 5 0 個程有しており、各電極上にパンプが形成されている。又、形成されたパンプ 1 0 6 の直径は約 4 0 μ m である。

20

【 0 0 1 8 】

又、上記フリップチップ実装装置 1 1 1 は、図 3 2 に示すように、上述の超音波振動子 2 0 に相当する超音波振動子 1 1 3 を有するパンプボンディングヘッド 1 1 2 と、上記超音波振動発生装置 1 7 0 を有する制御装置 1 8 1 とを備え、当該フリップチップ実装装置 1 1 1 に搬入された IC チップ 1 1 4 を基板上にフリップチップ実装する装置である。IC チップ 1 1 4 には、一又は複数のパンプが形成されており、パンプボンディングヘッド 1 1 2 に保持された IC チップ 1 1 4 が上記基板上に押圧され、該押圧時に、超音波振動発生装置 1 7 0 によって超音波振動子 1 1 3 が超音波振動して IC チップ 1 1 4 を超音波振動させ、パンプと上記基板上の電極との接合が行われる。

30

このように上記超音波振動発生装置 1 7 0 は、パンプ形成装置 1 0 1 及びフリップチップ実装装置 1 1 1 のどちらの装置にも装着可能である。尚、以下に説明する本実施形態では、パンプ形成装置 1 0 1 に設けた場合を例に採っている。

【 0 0 1 9 】

第 1 実施形態；

上記超音波振動発生装置 1 7 0 について説明する。

40

超音波振動発生装置 1 7 0 は、超音波振動子 1 2 0 を超音波振動させるための、パワーアンプ 1 2 1 及びトランス 1 2 2、さらには超音波振動子 1 2 0 における超音波振動の周波数をフィードバック制御するための、電圧電流検出部 1 2 5、パルス波形生成回路 1 3 0、CPU 1 3 2、及び正弦波発生部 1 3 7、さらには超音波振動子 2 0 における超音波振動の振幅を変化させるための、実効値変換部 1 3 1、CPU 1 3 2、及び乗算型 D / A 変換器 1 3 8 を有する。尚、上記超音波振動子 1 2 0 は上述の超音波振動子 2 0 に相当し、上記パワーアンプ 1 2 1 は上述のパワーアンプ 2 1 に相当し、上記トランス 1 2 2 は上述のトランス 2 2 に相当し、上記電圧電流検出部 1 2 5 は上述の電圧電流検出部 2 5 に相当する。よって、これらの構成及び動作について、ここでの説明は省略する。尚、超音波振動子 1 2 0 は、本実施形態においても、圧電素子を有し、目標値で例えば 6 4 k H z の超

50

音波振動を発生するように上記圧電素子へ正弦波にてなる電圧が印加される。

【 0 0 2 0 】

上記パルス波形生成回路 1 3 0 は、上記電圧電流検出部 1 2 5 から供給されるアナログ信号で正弦波にてなる、超音波振動子 1 2 0 から得られた電圧波形及び電流波形に基づいてゼロクロス点を検出するとともに、上記電圧及び電流をデジタル値に変換してそれぞれパルス波形に変換する。上述したように超音波振動子 1 2 0 が共振周波数にて振動するまでは、超音波振動子 1 2 0 から得られる電圧波形及び電流波形には位相ずれが存在するので、それぞれの上記パルス波形においても位相のずれが存在する。

【 0 0 2 1 】

上記電圧及び電流の各パルス波形は、C P U 1 3 2 に備わる位相ずれ量生成部 1 3 2 2 に供給される。位相ずれ量生成部 1 3 2 2 は、C P U 1 3 2 の内部クロックを使用して、上記電圧及び電流の各パルス波形における位相のずれ量に相当する上記クロックを計数する。即ち、上記電圧の位相を表すパルス信号の立ち上がりで上記計数を開始し、上記電流の位相を表すパルス信号の立ち上がりで計数を停止して、この間の上記クロック数をカウントする。該計数値はC P U 1 3 2 に備わる周波数積分制御部 1 3 2 5 に供給される。尚、該計数値は正の数のみならず、負の数の場合もある。該周波数積分制御部 1 3 2 5 は、被加算周波数に上記計数値を加算し、得たデジタル値にてなる積算周波数を上記正弦波発生部 1 3 7 に備わる累積加算器 1 3 7 1 へ送出する。このようにして上記位相ずれが無くなるように、超音波振動子 1 2 0 へ供給する入力電圧の周波数を繰り返し修正していくが、上記被加算周波数は各修正段階にて元となる周波数をいう。例えば、第 1 回目の修正段階における被加算周波数は、本実施形態では上記 6 4 k H z であり、上記計数値が 2 であり、該計数値に乗算する定数 K f を例えば 1 とすれば、第 2 回目の修正段階における被加算周波数は $6 6 (= 6 4 + 1 \times 2)$ k H z となる。

【 0 0 2 2 】

正弦波発生部 1 3 7 は、上記累積加算器 1 3 7 1 と、波形メモリ 1 3 7 2 と、D / A 変換器 1 3 7 3 とを備え、いわゆるシンセサイザー等と同様の構成を有し、超音波振動子 1 2 0 へ供給する電圧波形の周波数の制御をデジタル直接合成方式で行う部分である。上記累積加算器 1 3 7 1 は、上述のように周波数積分制御部 1 3 2 5 から供給される修正用の上記積算周波数値を加算し、該加算値をアドレスデータとして波形メモリ 1 3 7 2 へ送出する回路である。該累積加算器 1 3 7 1 は、正弦波の 1 周期分に相当するアドレスを送出した時点でオーバーフローし、最初のアドレスに戻る。周波数のデジタルデータが大きくなればその分アドレスの更新が比例して速くなる。これにより、デジタルデータにより周波数を瞬時に制御できる。波形メモリ 1 3 7 2 は、図 5 に示すように、正弦波のデジタル値の 1 周期分を表すデータを格納した R O M (リードオンリーメモリ) である。このような波形メモリ 1 3 7 2 へ上記累積加算器 1 3 7 1 から供給されるデータに応じた周波数を有する正弦波を波形メモリ 1 3 7 2 は送出する。

波形メモリ 1 3 7 2 から送出された修正用の周波数を有する波形データは、D / A 変換器 1 3 7 3 にてアナログ信号に変換され、電圧波形の周波数を修正する修正周波数にてなる正弦波形を乗算型 D / A 変換器 1 3 8 へ送出される。

【 0 0 2 3 】

このようにパルス波形生成回路 1 3 0、位相ずれ量生成部 1 3 2 2、周波数積分制御部 1 3 2 5、及び正弦波発生部 1 3 7 を有することで、超音波振動子 1 2 0 から得た電圧及び電流の位相のずれを一致させるため、超音波振動子 1 2 0 へ供給する電圧波形の周波数を得るための演算は、すべてデジタル信号にて処理が行われる。よって、従来のように P L L 方式を用いておらず、又、正弦波発生部 1 3 7 を備えデジタル直接合成方式で行うので、遅延は発生しない。したがって、超音波振動子 1 2 0 が共振点で振動するように、バンプの接合を行いながら超音波振動子 1 2 0 へ供給する電圧波形の周波数の調整を行うことができるので、従来に比べてバンプ接合を確実に行うことができる。

【 0 0 2 4 】

又、実効値変換部 1 3 1 は、電圧電流検出部 1 2 5 から供給されるアナログ信号で正弦波

10

20

30

40

50

にてなる電圧及び電流に基づいて、該電圧及び電流の各実効値を求め、ＡＣからＤＣに変換し、ＣＰＵ１３２に備わるＡ／Ｄ変換器１３２１へ送出する。このように実効値変換部１３１は、上記電圧及び電流の各実効値を求めてＡ／Ｄ変換器１３２１へ送出することができるが、超音波振動子１２０へ供給する電流値が超音波振動の振幅に影響を及ぼすことから、本実施形態では、実効値変換部１３１は、上記電流の実効値をＡ／Ｄ変換器１３２１へ送出している。よって以下の説明では電流をＡ／Ｄ変換器１３２１へ送出した場合を例に採る。勿論、これに限定されるものではなく、電圧、電力、又は、インピーダンスによるフィードバックも可能である。

【００２５】

Ａ／Ｄ変換器１３２１にてデジタル変換された上記電流の実効値は、ＣＰＵ１３２に備わる偏差部１３２６に供給される。偏差部１３２６には、該ＣＰＵ１３２に備わるメモリ１３２３に格納されている、時間経過とともに変化する目標となる電流振幅の実効値データが上記メモリ１３２３から供給されている。よって、偏差部１３２６は、Ａ／Ｄ変換器１３２１から供給された電流の実効値と、上記目標電流振幅実効値との偏差を求め、該偏差を示す値を、ＣＰＵ１３２に備わる比例制御部１３２７及び振幅積分制御部１３２８に供給する。尚、電圧振幅値生成部の機能を果たす一例が、上記偏差部１３２６、比例制御部１３２７、及び振幅積分制御部１３２８にて構成される部分である。

本実施形態では、ＣＰＵ１３２内で上記電流実効値はデジタル値にて処理されるので、上記目標電流振幅実効値もデジタル値にて処理するのが便利である。よって、メモリ１３２３には、例えば図６及び図７に示すように、時間経過とともに変化する目標電流振幅実効値データを多数、格納することができる。したがって、上述したように従来、アナログ回路にて振幅制御を行っていたため、上記ランプ関数やステップ関数は数パターンしか持つことができず、エネルギー効率の劣る制御しかできなかったが、本実施形態によれば、図６及び図７に示すように、例えばパンプの大きさ等に対応して、パンプ接合の時間経過と超音波振動の最適な振幅との関係を表すデジタル値にてなる目標電流振幅実効値データを種々用意してメモリ１３２３に格納しておくだけで良いことから、エネルギー効率の良い制御が可能となる。

【００２６】

比例制御部１３２７及び振幅積分制御部１３２８は、制御工学にて一般的に用いられる公知の制御部であり、比例制御部１３２７は上記偏差を示す値がゼロになるように振幅値を求め、振幅積分制御部１３２８は、上記偏差を示す値の積算値を送出する。そしてＣＰＵ１３２は、比例制御部１３２７及び振幅積分制御部１３２８からの出力値を合わせて電圧振幅値として上記乗算型Ｄ／Ａ変換器１３８へ送出する。

【００２７】

乗算型Ｄ／Ａ変換器１３８は、デジタル値にてなる電圧振幅値と、アナログ波形にてなり、上記修正周波数にてなる正弦波形の電圧とを乗算し、所望の振幅を有し、かつ超音波振動子１２０の超音波振動の周波数を調整する上記修正周波数を有する正弦波の電圧をパワーアンプ１２１へ送出する。

【００２８】

上述した、周波数及び振幅の制御が、上記共振状態の達成終了まで繰り返し実行される。ＣＰＵ１３２には、該繰り返し動作のタイミングを発生するためのインターバルタイマ１３２４が備わる。該インターバルタイマ１３２４の動作にて、図３に示すように上記周波数及び振幅の一連の制御動作Ａが、図４に示す時間間隔にて実行される。

【００２９】

尚、上述の説明では、ＣＰＵ１３２内に備わる、位相ずれ量生成部１３２２、周波数積分制御部１３２５、偏差部１３２６、比例制御部１３２７、及び振幅積分制御部１３２８について、ＣＰＵ１３２内にハードウェア的に設けたように記載している。勿論このように構成することもできるが、本実施形態では、各部の動作をソフトウェアにて制御している。

【００３０】

以上のように構成されるパンプ形成装置 101、特に超音波振動発生装置 170 の動作について以下に説明する。尚、以下の動作は、超音波振動発生装置 170 を有する制御装置 180 にて制御される。

パンプ形成装置 101 に備わる搬送装置にて、パンプが形成される IC チップ 103 が当該パンプ形成装置 101 に搬入され、さらにパンプ形成ヘッド 102 近傍へ配置される。以後、図 28 ~ 図 30 を参照して上述したように、パンプ形成ヘッド 102 は、IC チップ 103 の電極 105 上へパンプを形成していく。このとき、図 29 に示す溶融ボール 104a が電極 105 へ押圧されているときに、超音波振動発生装置 170 の制御により、パンプ形成ヘッド 102 に備わる超音波振動子 120 が上記共振状態にて振動可能ように、超音波振動子 120 の超音波振動が制御される。

10

【0031】

上記超音波振動の作用を開始した時点では、超音波振動子 120 は、CPU 132 に予め設定されている周波数、本実施形態では 64 kHz、及び後述のステップ 32 にて求まる振幅値を有する正弦波の電圧がパワーアンプ 121 及びトランス 122 を介して超音波振動子 120 へ供給され、超音波振動する。

超音波振動の開始後、図 8 に示すステップ（図内では「S」にて示す）1 では、電圧電流検出部 125 にて超音波振動子 120 の電圧及び電流が検出され、ステップ 2 では、パルス波形生成回路 130 にてゼロクロス点が検出されて、ステップ 1 にて検出された電圧及び電流値がデジタル変換される。次のステップ 3 及びステップ 4 では、CPU 132 にて、ステップ 2 にてデジタル変換された電圧及び電流のパルス信号について、位相のずれに相当する CPU 132 内のクロックが計数される。

20

【0032】

次のステップ 5 では、CPU 132 にて、上記被加算周波数と、上記位相差を表す計数値に定数 K_f を乗算した値とが加算され、ステップ 6 にて CPU 132 から正弦波発生部 137 へ送出される。

ステップ 7 では、正弦波発生部 137 にて上述したように修正周波数が生成される。

【0033】

一方、上述のステップ 1 ~ ステップ 7 の動作と並行して、図 9 に示すステップ 11 ~ ステップ 16 が実行される。即ち、ステップ 11 では、実効値変換部 131 にて本実施形態では上記電流の実効値について交流から直流へ変換され、CPU 132 へ送出される。次のステップ 12 では、CPU 132 にて上記電流実効値がデジタル変換され、次のステップ 13 にて、メモリ 1323 から読み出した上記目標電流振幅実効値と、デジタル値にてなる電流実効値との偏差が求められる。次のステップ 14 では、求めた上記偏差を示す値と、偏差積算値とが加算され、新たな偏差積算値として設定される。次のステップ 15 では、ステップ 13 にて求めた偏差を示す値に定数 K_p を乗算した値と、上記新偏差積算値に定数 K_i を乗算した値とが加算され、ステップ 16 にてデジタル値にてなる電圧振幅値として乗算型 D/A 変換器 138 へ送出される。

30

【0034】

乗算型 D/A 変換器 138 では、図 11 に示すように、ステップ 21 にて、正弦波発生部 137 から供給された上記修正周波数を有する正弦波と、CPU 132 から供給された上記電圧振幅値とが乗算され、乗算値はアナログ変換されてパワーアンプ 121 へ送出される。次のステップ 22 ではパワーアンプ 121 及びトランス 122 にて電力増幅がなされ、次のステップ 23 では増幅された電力にて超音波振動子 120 が超音波振動される。そして、上述したようにインターバルタイマ 1324 による時間間隔にて、再び、ステップ 1 へ戻り、上述の各動作が繰り返される。

40

【0035】

このように本実施形態によれば、超音波振動子 120 を共振状態にて振動させるためのフィードバック制御について、超音波振動子 120 の電圧及び電流の位相、並びに各実効値をデジタル値で収集可能で、デジタル演算するように構成したことより、従来のアナログ演算のように回路構成等の制約がなくなり様々な柔軟な制御が可能となり、従来のような

50

遅延が発生せず、パンプ接合中でも振動制御が可能である。よって、パンプ接合品質を従来に比べて向上させることができる。又、上記デジタル値を用いてフィードバック制御を行うことから、時間経過とともに目標電流振幅実効値を変化させたデータを多数用意することができ、エネルギー効率良くパンプ接合を実行することができる。

【0036】

第2実施形態；

上述した実施形態の変形例として、CPU132に代えてCPU232を設けることができる。CPU232は、CPU132にフィードフォワード制御部2321、インピーダンス特性測定部の機能を果たす一例としてのホーン良否自動判定部2322、実効値判断部2323、及び当該CPU232の外部から例えばパラレルデータの供給を受けるI/Oポート2324を備える。このようなCPU232を設けた場合の構造及び動作について以下に説明する。尚、CPU132と同一の構成及び動作を行うCPU232内の構成部分についてはCPU132と同一の符号を付しその説明を省略する。

【0037】

いかに速くかつ確実にパンプの接合を行うためには、超音波振動子120へ供給する電圧を、図13に示すように一定の振幅を有する正弦波の形態でその包絡線が一定の電圧値V1であるようなステップ関数的に一気に目標振幅まで立ち上げるのが良いように思われる。しかしながら、出願人の実験によれば、上記ステップ関数的に電圧を超音波振動子120へ印加しても良好な結果は得られず、図14に実線で示す包絡線のように、指数関数的に電圧を印加すると、より迅速にかつ確実にパンプ接合が可能となることがわかった。

【0038】

このことは、以下のように論証することができる。

超音波振動子120を電氣的にモデル化すると、超音波振動子120の等価回路は、コイル、抵抗、コンデンサを有する、いわゆるLCR回路となり、入力を電圧、出力を電流とすると図15に(a)に示す2次の伝達関数となる。ここで、「V」は上記LCR回路に印加される電圧、「S」はラプラス変換における複素数、「 γ 」は減衰率、「n」は定数である。

この正弦波を入力したときの過渡項は $(-\gamma - n)$ のEXPつまり指数関数と正弦波との掛け算で表され、上記LCR回路へ供給する電流振幅の立ち上がりは指数を $(-\gamma - n)$ とした指数関数となる。

上記電流の立ち上がりを速くするためには、上記(a)の伝達関数の上記過渡項、つまり分母をキャンセルするように、正弦波を変化させれば良い。正弦波入力 $\sin \omega t$ の周波数が共振周波数であるとき、正弦波をEXP関数で変化させる、図15に(b)にて示す電圧プロファイルと、上記LCR回路の伝達関数(a)と、図15に(c)にて示す電圧プロファイルの伝達関数とに注目すれば、元々の過渡項がキャンセルできる。図16に示す極配置からは、極が現状よりも遠くなるので電流の立ち上がりが速くなる事が分かる。立ち上がりの速さは $(-\gamma - 2n)$ のEXPで立ち上がる。又、指数関数の指数が、上記 $(-\gamma - 2n)$ のとき、上記キャンセルが行われるので、最も速く電流振幅を立ち上がらせることができる。

【0039】

そこで本第2実施形態では、CPU232には、上述の偏差部1326の送出する、上記A/D変換器1321から供給された電流の実効値と上記目標電流振幅実効値との偏差を示す値が供給される、フィードフォワード制御部2321を設けている。該フィードフォワード制御部2321には、メモリ23211を備え、該メモリ23211には、図14及び図18から図20を参照して下記に説明するように図17に示す包絡線を描くような電圧プロファイルを格納しておき、超音波振動子120の電流及び電圧の実効値のサンプリング毎にデータを更新して乗算型D/A変換器にデータを与えれば、超音波振動子120へ供給する電流を速く立ち上げる事が可能である。尚、下記に説明するように、上記図17に示す包絡線は、上述のように指数関数にて示される曲線でありその指数が上記 $(-\gamma - 2n)$ である曲線に結果的になる。尚、ここで、tは時間である。

【 0 0 4 0 】

即ち、図 1 8 から図 2 0 にて、それぞれ実線で示す曲線が第 1 回目の試行発振にて得られた電流、目標電流値から実効値を引いた偏差、該偏差が表す電流値を電圧値に変換するための定数 K を用いて得た電圧の各パターンである。尚、上記試行発振とは、上記メモリ 2 3 2 1 1 に格納する上記電圧プロファイルを得るために、超音波振動子 1 2 0 を OFF 状態から ON 状態とし、再び OFF 状態に戻すまでの動作をいう。又、上記定数 K は、いわゆるフィードフォワード制御にて用いられる定数であり、超音波振動子 1 2 0 に応じて種々変化する。本実施形態では、1 以下、特に 0 . 1 を用いている。又、図 1 4 及び図 2 0 はともに包絡線として示されている。

【 0 0 4 1 】

図 2 0 に実線にて示される、第 1 回目の試行発振にて得られた電圧は、図 1 4 に点線にて示す当初の電圧としての V 1 に加算され、図 1 4 に示すように V 2 から始まる電圧プロファイルが作成される。得られた電圧プロファイルは上記メモリ 2 3 2 1 1 に格納される。そして再度上記試行発振を行い、得られた、図 2 0 に点線にて示される電圧が上記 V 2 から始まる電圧に加算される。つまり、メモリ 2 3 2 1 1 に格納されている電圧プロファイルが更新される。該動作を繰り返し行うことで、徐々に、電圧プロファイルは、指数関数にて示される曲線でありその指数が上記 (- 2 n t) である、図 1 7 に示すような曲線に収束する。尚、出願人の実験では、約 1 0 回程、上記試行発振を行うことで上記指数が上記 (- 2 n t) である電圧プロファイルを得ることができた。よって、上述のように、メモリ 2 3 2 1 1 には、究極的に、図 1 7 に示すような指数関数にて示される曲線でありその指数が上記 (- 2 n t) である電圧プロファイルが格納されることになる。

そして、このようなフィードフォワード制御部 2 3 2 1 から送出される上記電圧プロファイル、比例制御部 1 3 2 7、及び振幅積分制御部 1 3 2 8 から情報が加算させた電圧が乗算型 D / A 変換器 1 3 8 に電圧振幅として供給される。該動作については、図 1 0 を参照して以下に説明する。

このようにフィードフォワード制御部 2 3 2 1 を設けることで、より迅速にかつ確実にパンプ接合が可能となる。

【 0 0 4 2 】

このようにフィードフォワード制御部 2 3 2 1 を設けた場合の動作について、第 1 実施形態にて説明した図 9、並びに図 1 0 及び図 1 1 を参照して以下に説明する。

電圧の振幅制御において、図 9 を参照して説明したようにステップ 1、ステップ 1 1 ~ ステップ 1 4 が実行され、次の、図 1 0 に示すステップ 3 2 では、ステップ 1 3 にて求めた偏差を示す値に定数 K p を乗算した値と、上述のステップ 1 4 で求めた新たな偏差積算値に定数 K i を乗算した値と、さらに本第 2 実施形態では上記メモリ 2 3 2 1 1 に格納されている電圧プロファイルから得たフィードフォワード値に定数 K f を乗算した値とを加算し、電圧振幅値とする。上記フィードフォワード値について説明する。上述の説明では、理解を容易にするためメモリ 2 3 2 1 1 には上記電圧プロファイルが格納される、と記したが、詳しくは、上記電圧プロファイルの時間経過に相当するアドレスと、上記電圧プロファイルに基づいて、上記アドレスにて求まるフィードフォワード値との関係情報として格納されている。よって、例えば、第 1 回目のサンプリング、つまり上述のインターバルタイマーによる間隔によるサンプリングでは、アドレス 0 に対応する上記フィードフォワード値が上記定数 K f と乗算されるのに用いられる。第 2 回目のサンプリングの際には、アドレス 1 に対応する上記フィードフォワード値が用いられ、以後同様にして、第 n 回目のサンプリングの際には、アドレス (n + 1) に対応する上記フィードフォワード値が用いられる。

尚、上記フィードフォワード値を求めるための上記サンプリングの対象となる上記電圧プロファイルは、図 1 7 に示すような指数関数にて示される曲線でありその指数が上記 (- 2 n t) である究極的な電圧プロファイルのみならず、上記試行発振回数が初期、中期等の段階における、つまり上記究極的な電圧プロファイルに至るまでにおける不完全

10

20

30

40

50

な電圧プロファイルの場合も勿論ある。

【 0 0 4 3 】

上述のようにして、あるサンプリングにて得られた上記フィードフォワード値は、例えば上記フィードフォワード制御部 2 3 2 1 に含まれるフィードフォワードメモリ 2 3 2 1 2 に格納される。ステップ 3 3 では、該フィードフォワードメモリ 2 3 2 1 2 に格納されているフィードフォワード値の更新が行われる。つまり、現在格納されているフィードフォワード値と、今回のサンプリングにて得られた偏差を示す値とを加算し、該加算値を次のサンプリング時にフィードフォワード値として使用するため、上記加算値を上記フィードフォワードメモリ 2 3 2 1 2 に格納する。そしてステップ 3 4 では、メモリ 2 3 2 1 1 に格納されている、上記アドレスと上記フィードフォワード値との上記関係情報における上記アドレスを一つ進め、上述した図 9 に示すステップ 1 6 へ進む。

10

このようにフィードフォワード制御部 2 3 2 1 を設けることで、迅速かつ確実にパンプ接合を可能とするための、超音波振動子 1 2 0 へ供給する電圧のプロファイルに基づいて、電圧供給が行われることから、第 1 の実施形態に比べてより迅速かつ確実にパンプ接合を行うことができる。

【 0 0 4 4 】

このように C P U 2 3 2 から送出された電圧振幅のデータは、上述したように乗算型 D / A 変換器 1 3 8 へ供給され、乗算型 D / A 変換器 1 3 8 では図 1 1 を参照して説明したように動作する。

【 0 0 4 5 】

20

次に、実効値判断部 2 3 2 3 について説明する。上述のようにして電圧振幅及び周波数の制御された電圧が超音波振動子 1 2 0 へ供給され、電流及び電圧の実効値が実効値変換回路 1 3 1 にて得られる。このとき実際には、超音波振動子 1 2 0 への電圧の供給開始時より直ちに電圧の実効値は立ち上がるが、電流の実効値の立ち上がりは遅れる。よって、電流実効値のパルス高さが不十分な状態のときには、位相ずれ量生成部 1 3 2 2 にて正確な位相ずれ量が求められず周波数制御が満足に行われない。そこで本第 2 実施形態では、実効値判断部 2 3 2 3 を設け、電流及び電圧のデジタルにてなる実効値を実効値判断部 2 3 2 3 に供給し、該電流及び電圧の実効値からインピーダンスを求めて、該インピーダンスが所定値に達するまでは予め定めた値を周波数積分制御部 1 3 2 5 へ供給するようにした。このように構成することで、超音波振動子 1 2 0 への電圧印加開始時における周波数制御を確実に実行することができる。

30

【 0 0 4 6 】

このような実効値判断部 2 3 2 3 の動作について、図 2 4 を参照して以下に説明する。ステップ 4 1 では、上記実効値変換回路 1 3 1 から送出され上記 A / D 変換器 1 3 2 1 にて A / D 変換された電流及び電圧のそれぞれの、デジタルにてなる実効値が実効値変換回路 1 3 1 に取り込まれる。又、ステップ 4 2 では、位相ずれ量生成部 1 3 2 2 から供給される電圧と電流との、デジタルにてなる位相差が実効値変換回路 1 3 1 に供給される。尚、該位相差の取り込みは、上述した周波数制御用に用いるものであり、当該実効値判断動作には無関係な動作である。よって、ステップ 4 3 にて、実効値変換回路 1 3 1 は、電圧実効値を電流実効値にて除算してインピーダンスを求める。次のステップ 4 4 では、例えば実効値判断部 2 3 2 3 に備わる内部メモリ 2 3 2 3 1 に予め格納してある、時間変化と周波数との関係を示すデータを読み取る。

40

【 0 0 4 7 】

次のステップ 4 5 では、実効値変換回路 1 3 1 は、求めた上記インピーダンス値が設定値未満か否かを判断する。上述のように超音波振動子 1 2 0 への電圧印加開始時には電圧実効値はほぼ正常値を、電流実効値は微小な値を示すことから、通常、電圧印加開始時には上記インピーダンスの値は、上記設定値以上となる。ステップ 4 5 における判断において、このようにインピーダンス値が設定値以上となったときには、ステップ 4 8 へ移行する。該ステップ 4 8 では、上記ステップ 4 4 にて読み出した、当該判断時刻における周波数データを周波数積分制御部 1 3 2 5 へ送出する。

50

このように、上記電流実効値が十分に立ち上がらない期間にあっては、内部メモリ 2 3 2 3 1 に格納してある周波数データを周波数積分制御部 1 3 2 5 へ送出することから、上記電流実効値の立ち上がり不十分に起因する周波数制御が不能になることを防止することができる。

【 0 0 4 8 】

一方、ステップ 4 5 における判断において、上記インピーダンス値が上記設定値未満となったときには、即ち、上記電流実効値が十分に立ち上がったと判断されるときには、ステップ 4 6 へ進む。該ステップ 4 6 では、フェイズロック処理、即ち実効値変換回路 1 3 1 へ供給されている電圧位相及び電流位相とに基づいて位相差を求めて、周波数積分制御部 1 3 2 5 へ送出する。

10

そして次のステップ 4 7 では、ステップ 4 5 にて上記インピーダンス値が上記設定値未満となったときの電圧周波数を上記内部メモリ 2 3 2 3 1 に記憶しておく。該記憶された周波数データは、上記ステップ 4 4 における周波数データの読み込みに用いられる。よって、次にパンプ接合動作を行うときにおいては、この上記設定値未満となったときの周波数データ、つまり確実にパンプ接合が可能な周波数データが初期値になり、位相ロック処理が行われるので、超音波振動子 1 2 0 の状態に変化がなければ、上記ロックに要する時間は瞬時であり、たとえ超音波振動子 1 2 0 の状態に変化があったとしても、前回の共振周波数から大幅にずれることはないので、上記ロックに要する時間は速くなる。

そして次のステップ 4 8 では、ステップ 4 5 にて上記電流実効値が十分に立ち上がったと判断されたときの周波数データが周波数積分制御部 1 3 2 5 へ送出される。

20

【 0 0 4 9 】

次に、ホーン良否自動判定部 2 3 2 2 について説明する。上記超音波振動子 1 2 0 は超音波ホーンという部材に取り付けられており、パンプ接合の諸条件が変化したときや、メンテナンスのときには、超音波振動子 1 2 0 を含めて上記超音波ホーンを付け替える場合が生じる。該付け替えを行った場合、その取付状態の良否を判断するために、超音波振動子 1 2 0 から得た電流及び電圧の実効値に基づきインピーダンスを求め、該インピーダンス状態から上記良否を判断している。しかしながら、図 3 3 に示すような従来の超音波振動発生装置では、アナログ信号処理にて行っていたので、上記インピーダンスを測定するためには、通信関係等で使用され上記 6 4 k H z を大幅に超える高周波数まで測定可能な高価なインピーダンス測定器を接続せざるを得なかった。

30

一方、第 1 実施形態及び第 2 実施形態ともに、デジタル演算処理を行っていることから、上述のようにわざわざインピーダンス測定器を接続することなく、上記取付状態の良否を自動的に判定することができる。即ち、上述のように、C P U 2 3 2 には、電圧及び電流の実効値が供給されデジタル変換されているので、超音波振動子 1 2 0 へ供給する電圧の周波数を変化させながら、逐次デジタル値にてなる電流及び電圧の実効値を用いてインピーダンスを求める。このようにして求めた周波数とインピーダンスとの関係は、図 2 1 に示すようになる。つまり、取り付けた超音波振動子 1 2 0 の共振周波数のときに、インピーダンスが最低になるような関係が得られれば、上記取付状態は良好である。取付状態が不良の場合には、共振周波数以外の周波数においてもインピーダンスが低くなる傾向が現れる。

40

このように第 1 実施形態及び第 2 実施形態ともに、デジタル演算処理を行うことに起因して、取り付けた超音波振動子 1 2 0 の共振周波数を入力することで、ホーン良否自動判定部 2 3 2 2 にて自動的に取付状態の良否を判定することが可能となる。よって、例えばメンテナンス時における取付状態の良否判定を従来に比べて簡便かつ迅速に行うことができ、メンテナンス時間を大幅に短縮することができる。

【 0 0 5 0 】

このようなホーン良否自動判定部 2 3 2 2 の動作について、図 2 5 を参照して以下に説明する。

ステップ 5 0 では、超音波振動子 1 2 0 の制御を行うのか、当該ホーン良否自動判定動作を行うかを判断する。

50

ホーン良否自動判定動作においてステップ 5 1 では、超音波振動子 1 2 0 を含む超音波ホーンへ供給する周波数を、当該良否判定動作における最低値に設定する。該最低値とは、メンテナンス等で交換した超音波ホーンの種類によって異なるが、上述の 6 4 k H z の超音波振動子の場合には、4 0 k H z である。次のステップ 5 2 では、設定した周波数を有する電圧を超音波振動子 1 2 0 へ印加し、ステップ 5 3 にて超音波振動子 1 2 0 の超音波振動が安定するまで所定時間待つ。

【 0 0 5 1 】

次のステップ 5 4 では、実効値変換部 1 3 1 から出力される超音波振動子 1 2 0 の電圧、電流の各実効値をホーン良否自動判定部 2 3 2 2 は取り込み、ステップ 5 5 にて上記インピーダンスを求める。ステップ 5 6 では、今回のサンプリングにおける条件値である、上記周波数、インピーダンス、上記電圧及び電流の位相差を記憶する。次のステップ 5 7 では、次のサンプリングのための周波数を設定し、次のステップ 5 8 では設定した周波数が当該良否判定動作における最高値に到達したか否かを判断し、到達していない場合には再び上記ステップ 5 2 へ戻る。尚、上記最高値は、上記最低値の場合と同様にホーンによって異なるが、上述の 6 4 k H z の超音波振動子の場合には、8 0 k H z である。そして設定する上記周波数が上記最高値まで到達したとき、つまり検査すべきすべてのサンプリング周波数にてインピーダンスを測定したときには、ステップ 5 9 にて、取り付けた超音波振動子における共振周波数以外の周波数にてインピーダンスの低くなっているところはないか、インピーダンスが最低となった周波数が共振周波数か否か、等を判断して、超音波ホーンの実効値の良否を判断する。

【 0 0 5 2 】

I / O ポート 2 3 2 4 には、例えば制御装置 1 8 0 から上記目標電流振幅値の平行データが供給される。供給された平行データの C P U 2 3 2 への取り込み方法としては、図 2 2 に示すようにデータがゼロになった時点で供給されたデータを上記目標電流振幅値とするか、又は図 2 3 に示すように制御装置 1 8 0 から取込トリガ信号が供給されることで上記目標電流振幅値としてのデータの取り込みを行う。

【 0 0 5 3 】

上述の C P U 2 3 2 の説明では、図 1 2 に示すように C P U 2 3 2 内に各動作を実行する構成部分を設けた形態にて説明を行った。もちろん、このように構成することも可能であるが、本実施形態では、各動作はプログラムにてソフトウェア的に実行されている。

【 0 0 5 4 】

本第 2 実施形態でも、周波数制御において位相差がゼロとなるようにフィードバック制御しているが、所望の目標位相を設け、偏差をフィードバックするようにすれば、任意の位相差で制御可能である。又、振幅制御においても、目標電流振幅実効値と測定された電流実効値との偏差がゼロになるように制御しているが、該偏差が所望値になるように制御することもできる。

さらに、電圧及び電流の位相差、並びに電圧及び電流の実効値を有機的に結合して、多変数制御を使用してもよい。

【 0 0 5 5 】

【 発明の効果 】

以上詳述したように本発明の第 1 態様の超音波振動発生装置、及び第 2 態様の超音波振動発生方法、並びに第 3 態様のバンプ接合装置によれば、電圧が印加され超音波振動する超音波振動子に対する超音波振動の制御をデジタル演算処理にて行うようにし、さらに超音波振動子へ供給する電圧制御を指数関数的な変化にて行うようにした。これにより、単に目標電圧へ一気に上昇させる従来の場合に比べてより迅速かつ確実にバンプ接合を行うことができる。

【 0 0 5 6 】

又、さらに実効値判断部を備えることで、超音波振動子への電圧印加開始直後におけるインピーダンスの不安定時には、バンプ接合を迅速かつ確実に行える、設定済みの周波数を有する電圧を超音波振動子へ印加することから、たとえインピーダンスが不安定なときで

あっても迅速かつ確実にパンプ接合を行うことができる。

【0057】

又、さらにインピーダンス特性測定部を備えることで、超音波振動子のインピーダンス特性を測定できることから、例えばメンテナンス等にて超音波振動子を交換したときなど、インピーダンス特性を測定して超音波振動子の取り付け状態の良否を判断することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施形態である超音波振動発生装置の構成を示すブロック図である。

【図2】 図1に示すCPUの構成を示すブロック図である。

【図3】 図1に示す超音波振動発生装置の動作を示すフローチャートである。

10

【図4】 図3に示す動作を実行するタイミングを説明するための図である。

【図5】 図1に示す正弦波発生部に備わる波形メモリに格納される波形データを示す図である。

【図6】 図1に示すCPUに備わるメモリに格納される目標電流振幅実効値を表すデータをグラフ化した図である。

【図7】 図1に示すCPUに備わるメモリに格納される目標電流振幅実効値を表すデータをグラフ化した図である。

【図8】 図1に示す超音波振動発生装置の周波数制御動作を示すフローチャートである。

【図9】 図1に示す超音波振動発生装置の振幅制御動作を示すフローチャートである。

20

【図10】 図9に示す振幅制御動作において、さらに電圧変化制御を加味した場合の動作を示すフローチャートである。

【図11】 図8、図9及び図10に示す動作を元に、図1に示す超音波振動発生装置の動作を示すフローチャートである。

【図12】 本発明の第2実施形態の超音波振動発生装置に備わるCPUの内部構成を示すブロック図である。

【図13】 超音波振動子へ供給する電圧について、従来の場合を示す図である。

【図14】 上記第2実施形態において、超音波振動子へ印加する電圧の時間的变化を示すグラフである。

【図15】 上記第2実施形態において、超音波振動子へ印加する電圧を指数関数にて時間的に変化させるのが好ましいことを説明するための図である。

30

【図16】 上記第2実施形態において、超音波振動子へ印加する電圧を指数関数にて時間的に変化させるのが好ましいことを説明するための図である。

【図17】 上記第2実施形態において、超音波振動子へ印加する電圧の時間的变化を示すグラフである。

【図18】 上記第2実施形態において、超音波振動子へ供給する電流の時間的变化を示すグラフである。

【図19】 目標となる電流値から図18に示す電流を引いた偏差を示すグラフである。

【図20】 図19のグラフに対応した電圧を示すグラフである。

【図21】 上記第2実施形態において、超音波振動子のインピーダンス特性を示すグラフである。

40

【図22】 上記第2実施形態において、超音波振動子の制御を開始させる方法を説明するための図である。

【図23】 上記第2実施形態において、超音波振動子の制御を開始させる別の方法を説明するための図である。

【図24】 上記第2実施形態において、電圧及び電流の各実効値の良否を判断するときの動作を示すフローチャートである。

【図25】 上記第2実施形態において、超音波振動子のインピーダンス特性を測定するときの動作を示すフローチャートである。

【図26】 図1に示す超音波振動発生装置を備えたパンプ形成装置の斜視図である。

50

【図 27】 図 26 に示すパンプ形成ヘッド部分の構成を示す斜視図である。

【図 28】 図 26 に示すパンプ形成ヘッドにて実効されるパンプ形成動作を説明するための図である。

【図 29】 図 26 に示すパンプ形成ヘッドにて実効されるパンプ形成動作を説明するための図である。

【図 30】 図 26 に示すパンプ形成ヘッドにて実効されるパンプ形成動作を説明するための図である。

【図 31】 図 1 に示す超音波振動発生装置を備えたフリップチップ実装装置の斜視図である。

【図 32】 図 31 に示すパンプボンディングヘッドの拡大斜視図である。

10

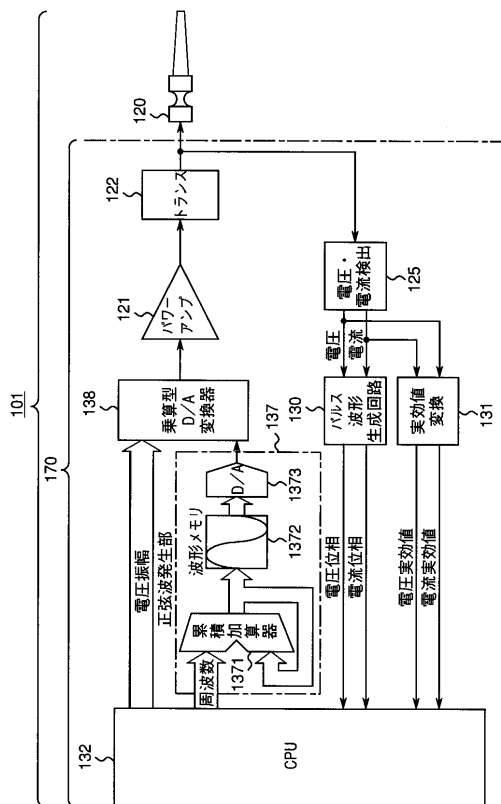
【図 33】 従来の超音波振動発生装置の構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

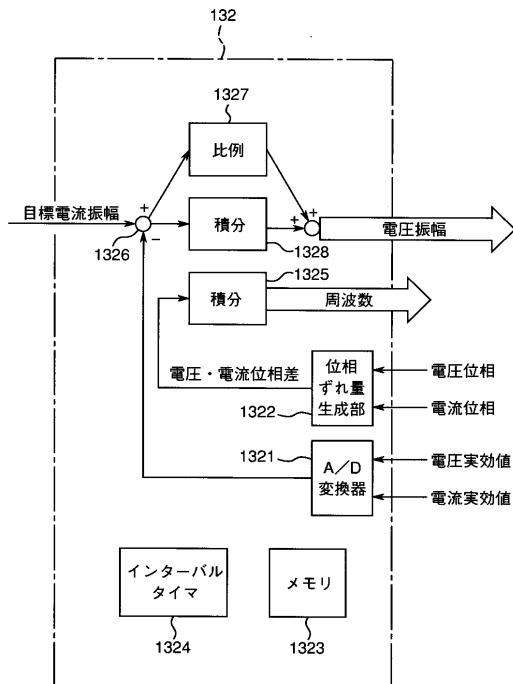
- 101 ... パンプ形成装置、111 ... フリップチップ実装装置、
 120 ... 超音波振動子、130 ... パルス波形生成回路、
 131 ... 実効値変換回路、132 ... CPU、
 137 ... 正弦波発生部、138 ... 乗算型 D/A 変換器、
 170 ... 超音波振動発生装置、180 ... 制御装置、
 1322 ... 位相ずれ量生成部、1325 ... 周波数積分制御部、
 1326 ... 偏差部、1327 ... 比例制御部、1328 ... 振幅積分制御部、
 232 ... CPU、
 2321 ... フィードフォワード制御部、2322 ... ホーン良否自動判定部、
 2323 ... 実効値判断部。

20

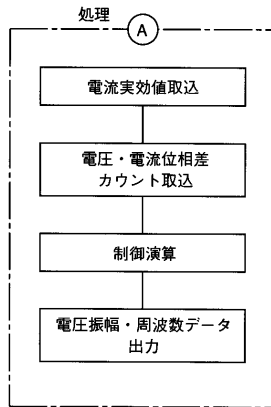
【図 1】



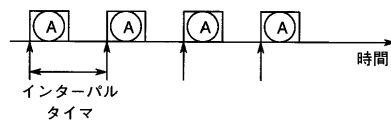
【図 2】



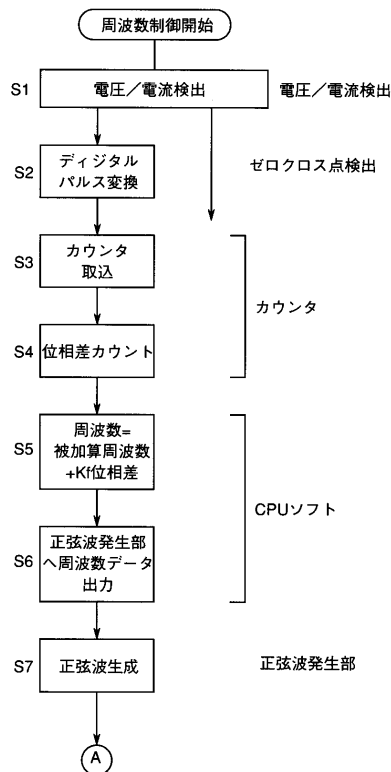
【図 3】



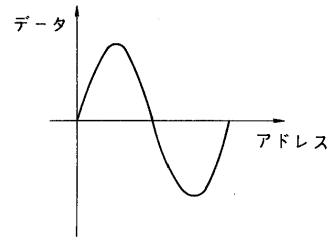
【図 4】



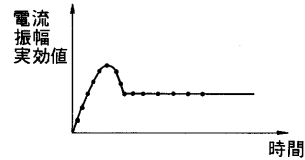
【図 8】



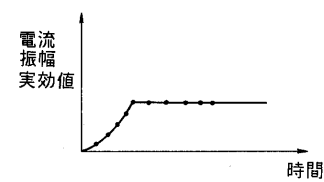
【図 5】



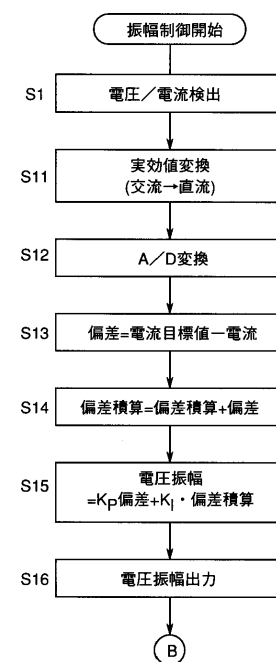
【図 6】



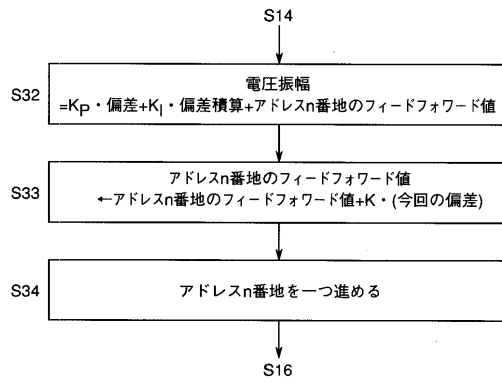
【図 7】



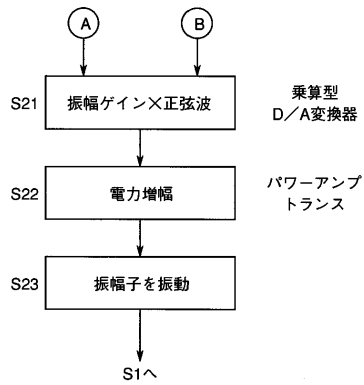
【図 9】



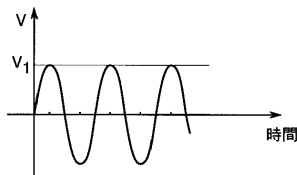
【図 10】



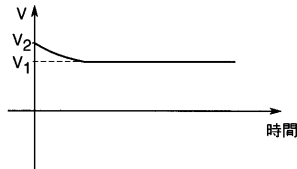
【図 11】



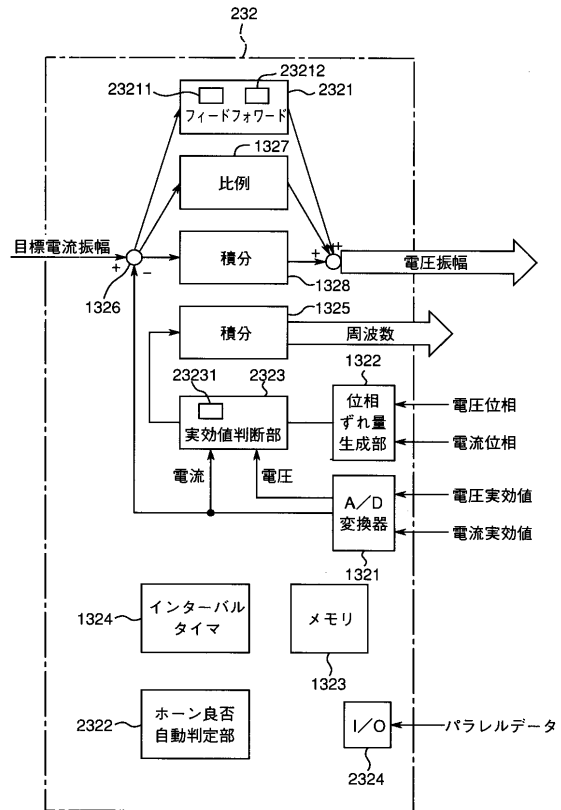
【図 13】



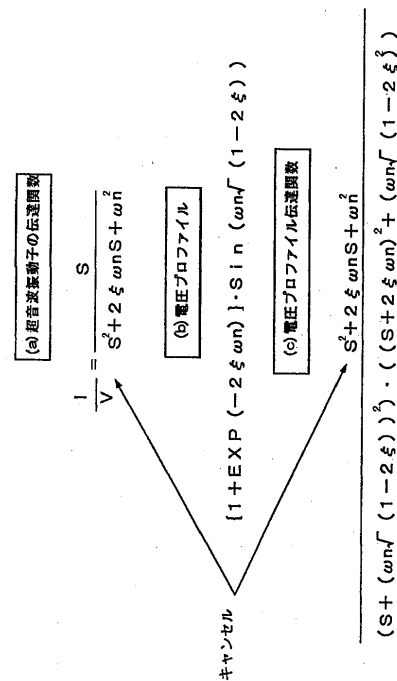
【図 14】



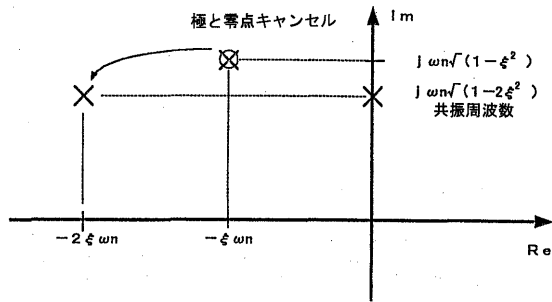
【図 12】



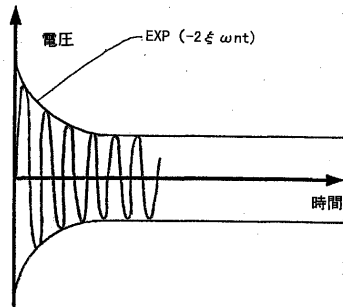
【図 15】



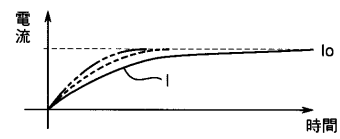
【図 16】



【図 17】



【図 18】



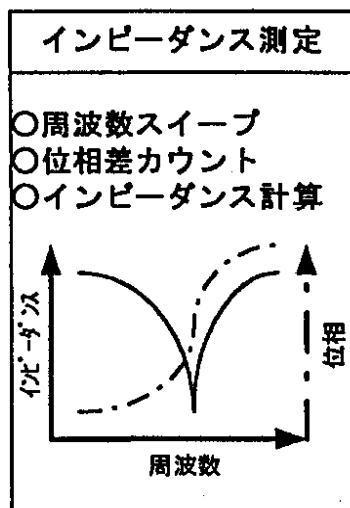
【図 19】



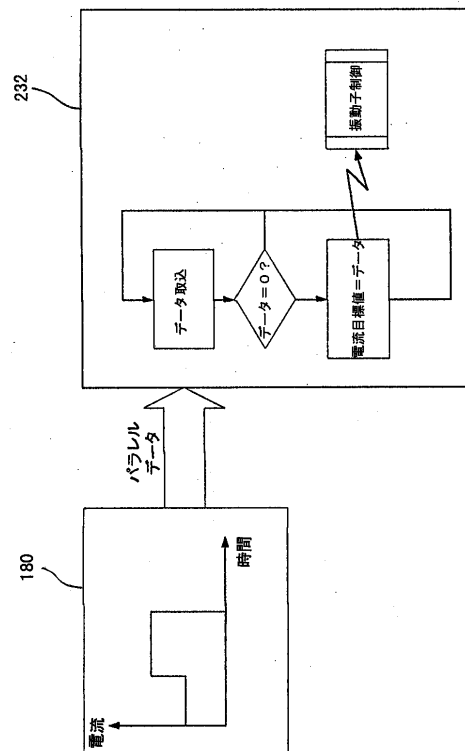
【図 20】



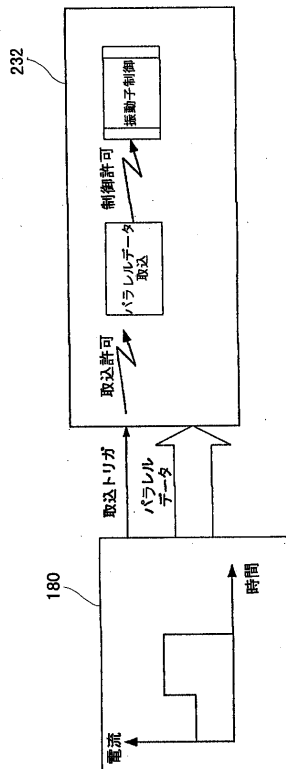
【図 21】



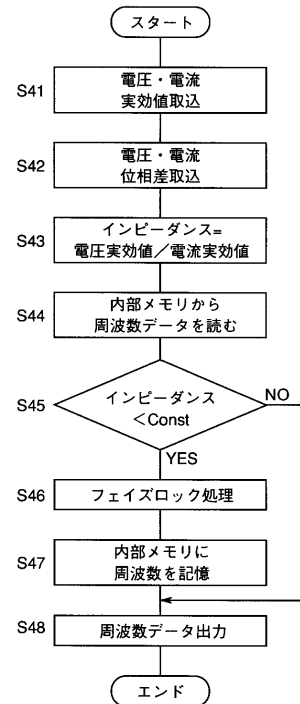
【図 22】



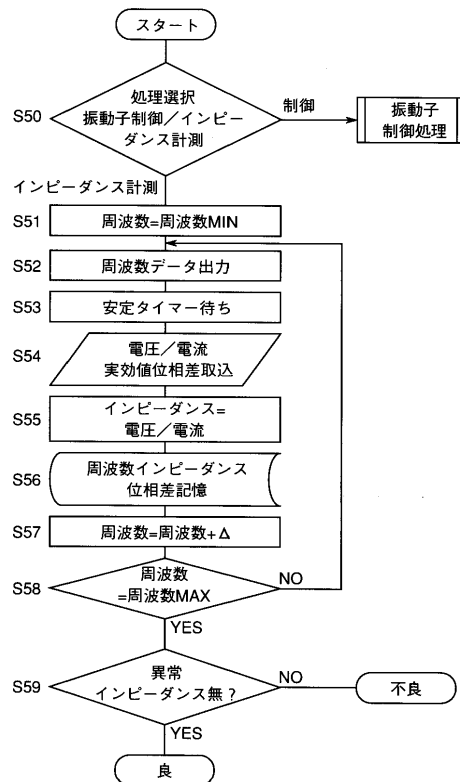
【図 23】



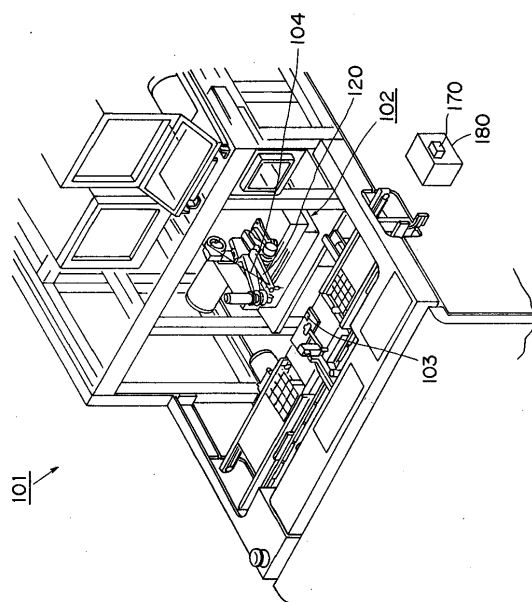
【図 24】



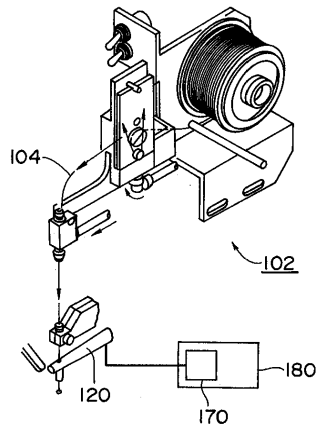
【図 25】



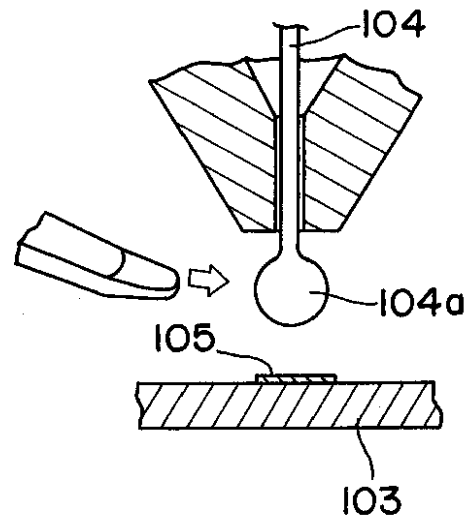
【図 26】



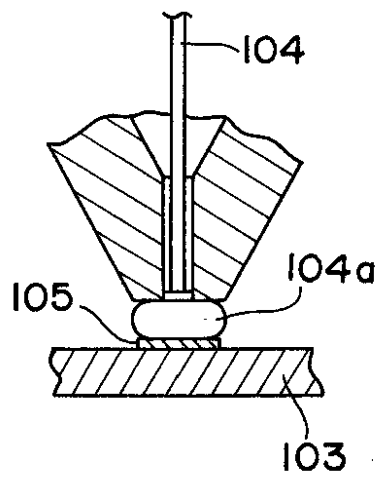
【図 27】



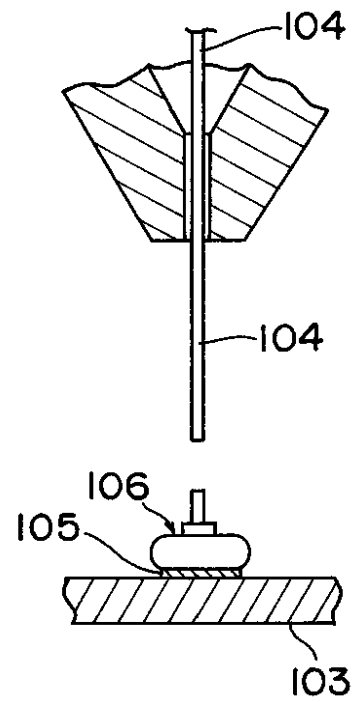
【図 28】



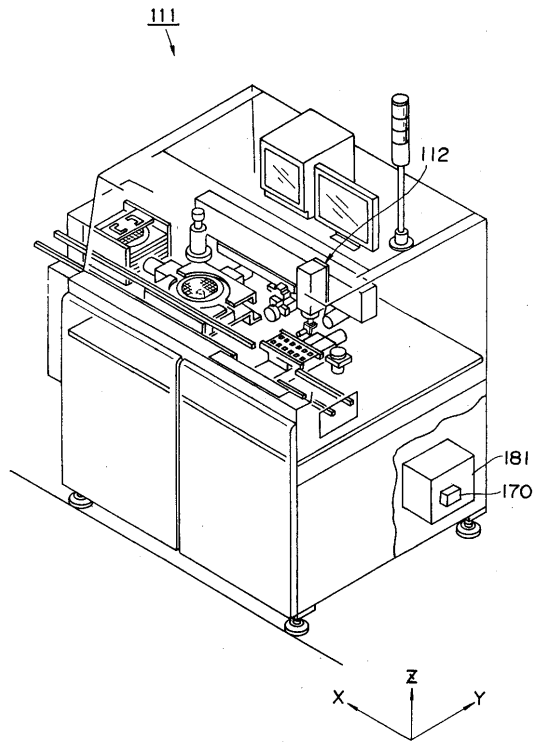
【図 29】



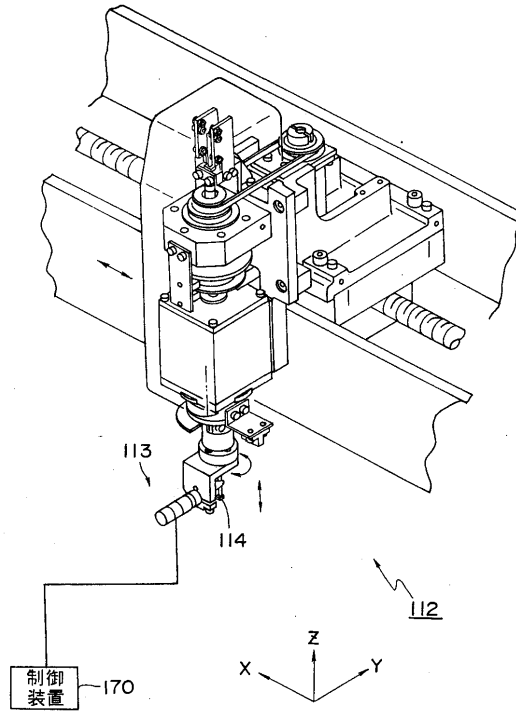
【図 30】



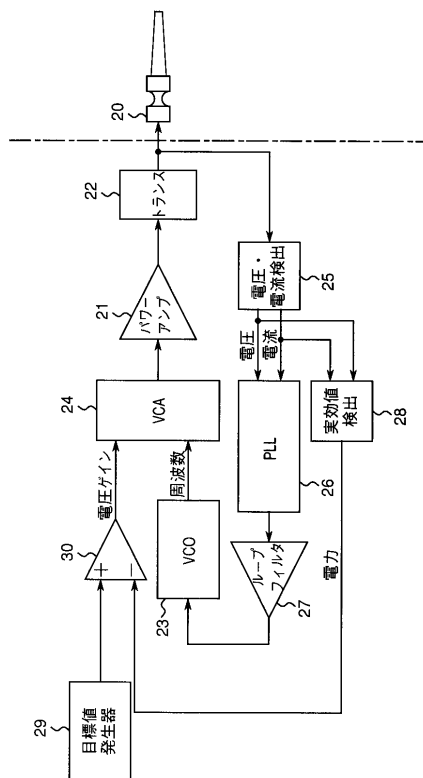
【図 3 1】



【図 3 2】



【図 3 3】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平 0 8 - 0 0 9 4 8 8 (J P , A)
特開平 0 5 - 1 6 6 8 8 9 (J P , A)
特開平 1 1 - 2 6 5 5 5 5 (J P , A)
特開平 1 1 - 2 6 0 8 8 8 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H02N 2/00

B06B 1/06

H01L 21/60

H01L 21/607