

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4088665号  
(P4088665)

(45) 発行日 平成20年5月21日(2008.5.21)

(24) 登録日 平成20年3月7日(2008.3.7)

(51) Int.Cl. F I  
**B 0 6 B 1/02 (2006.01)**  
 B 0 6 B 1/02 A  
 B 0 6 B 1/02 K

請求項の数 5 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2002-180468 (P2002-180468)	(73) 特許権者	507227968
(22) 出願日	平成14年6月20日(2002.6.20)		株式会社 I J R
(65) 公開番号	特開2003-285008 (P2003-285008A)		神奈川県川崎市幸区小倉308番地10
(43) 公開日	平成15年10月7日(2003.10.7)		新産業創造センター
審査請求日	平成17年2月4日(2005.2.4)	(74) 代理人	100075247
(31) 優先権主張番号	特願2002-14808 (P2002-14808)		弁理士 最上 正太郎
(32) 優先日	平成14年1月23日(2002.1.23)	(72) 発明者	井上 潔
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		東京都世田谷区上用賀三丁目16番7号
		審査官	梶本 直樹
		(56) 参考文献	特開2002-210408(JP, A)
			特開昭63-120708(JP, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波発生方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波発振器(78、88 - 1、88 - 2、88 - 3)に、その振動子(78 - 1、88 - 1、88 - 2、88 - 3)の機械的共振周波数 F に近似の周波数の励振電流を供給し、超音波を発生させる方法において、

超音波発振器(78、88 - 1、88 - 2、88 - 3)の励振電極(78 - 2)を、上記振動子(78 - 1、88 - 1、88 - 2、88 - 3)の機械的共振周波数 F を共振周波数とする共振回路(773、78、873、88 - 1、88 - 2、88 - 3)に接続し、

当該共振回路(773、78、873、88 - 1、88 - 2、88 - 3)に、超音波の周期 T の100分の1以上、3分の1以下のパルス幅の衝撃電流パルス<sup>10</sup>を供給して共振を生ぜしめ、超音波を発生させると共に、

負荷の変動、温度変化等による振動子(78 - 1)の機械的共振周波数の変化に伴う音圧レベルの変化をマイクロホン(732、832)により検出し、これが一定に保たれるよう上記衝撃電流パルスの繰返し周波数を制御すること、  
 を特徴とする上記の超音波発生方法。

【請求項 2】

衝撃電流パルスが、振動子の機械的共振振動の半波に1パルスの割合で供給され、且つその極性が1パルス毎に正負反転するよう構成された請求項1に記載の超音波発生方法。

【請求項 3】

二次側を電源と絶縁し得るトランス(77)を用い、その二次コイルを共振回路の構成に利用<sup>20</sup>

する請求項 1 に記載の超音波発生方法。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の超音波発生方法を実施するための超音波発生装置であって、

少なくとも一つの超音波発振器(78)と、

中間タップを有する一次コイル(771、772)と、上記超音波発振器(78)の励振電極(78 - 2)

に接続され共振回路を形成する二次コイル(773) とを有するトランス(77)と、

トランス(77)の一次コイル(771、772)に、超音波発振器(78)の振動子(78 - 1)の機械的共振振動の各半波毎にオンタイムが上記機械的共振振動の周期 T の100分の 1 以上、3 分の 1 以下の衝撃パルス電流を供給する電源回路と、

負荷の変動、温度変化等による振動子(78 - 1)の機械的共振周波数の変化に伴う音圧レベルの変化を検出するマイクロホン(732)と、当該マイクロホンの出力に応じて上記電源回路の出力周波数を制御するフィードバック型周波数制御装置付パルス発振器(73)と、  
から構成されたことを特徴とする超音波発生装置。

10

【請求項 5】

トランス(87)の二次コイルが複数の出力端子(A、B、C、D)を有し、それらの端子(A、B、C、D)間にそれぞれ固有の共振周波数を有する超音波発振器(88 - 1、88 - 2、88 - 3)の励振電極が接続され、各超音波発振器(88 - 1、88 - 2、88 - 3)がそれぞれ固有の共振周波数で共振せしめられるよう構成された請求項 4 に記載の超音波発生装置。

【発明の詳細な説明】

20

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、超音波発生方法及びその方法を実施するため好ましい超音波発生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

超音波は、機械加工、溶接、洗浄、微粒子の分散、凝集、メッキ、化学、医療及び診断装置、害獣害虫の防除、距離計、ソナー、魚群探知、非破壊検査等の分野で広く用いられている。

特に強力な超音波は、主として10KHzないし50KHzの帯域のものが使用されており、それらの超音波は、電歪材や磁歪材から成る振動子に高周波変動電界又は磁界を作用させて超音波帯域の周波数で機械的振動を発生させ、その振動を拡大するホーン及び導波筒を用いて所望の位置に導き、外方の媒体中に超音波を放射させるものである。超音波の媒体となるものには、大気、加工液、海水その他の液体及び溶液、人体又は動物の身体、各種機械部品、素材などがある。

30

【0003】

而して、一般的には、周波数が50KHz以下の超音波発振装置の回路構成は、図1に示されているように、共振回路が用いられる。

図1に示した装置は、共振回路10、直流電源接続端子11、周波数可変型のマルチバイブレーター12、スイッチング素子13、結合トランス14、及びホーン一体型の振動子を備えた超音波発振器15その他から成る公知の超音波発振装置である。

40

【0004】

超音波発振器15は、フェライトコア即ち振動子にコイルを巻き回したものである。マルチバイブレーター12はパワートランジスタやSCR(半導体制御整流器)等を用いたものであり、スイッチング素子13を駆動して所望の繰返し周波数の矩形波電圧パルスが発生させ、共振回路10に高周波正弦波電流を発生させる。この正弦波電流は結合トランス14を介して超音波発振器15のコイルに供給され、フェライトコアを高周波で縦方向に振動させ、その先端のコーンから強力な超音波を放射させる。

【0005】

このとき、マルチバイブレーター12の出力パルスの繰返し周波数と、振動子の固有振動数

50

とを合致させておけば、共振により強力な超音波が効率よく得られることとなる。然しながら、この装置では、温度ドリフトなどのため生じる振動子の固有振動数の変動に追従して、マルチバイブレーター12の出力パルスの繰返し周波数を制御し、両者を常時完全に合致させておくことが困難であり、そのため安定した超音波が得られないという問題がある。

#### 【0006】

図2に示すものは、電歪素子などにより直接超音波を発生させるよう構成されている。この種の回路は、単一の衝撃超音波パルスが発生するのに適している。

図2において、21は直流電源端子、22は周波数可変型のマルチバイブレーター、23はスイッチング素子、24はフィルター回路、25は静電型超音波発振器である。この装置の作動については最早説明の必要がないであろう。この装置においても、温度ドリフトなどのため、安定した超音波が得られないものである。

#### 【0007】

このため、図3に示す如き装置が提案されている。この回路は強力な超音波の発生源として広く用いられているものである。

図3において、31は検波回路、32はコンパレーター、33は増幅器、34は移相回路、35はゲイン可変増幅器、36はバンドパスフィルター、37は振幅制限回路、38は電力増幅器、39は振動子である。

#### 【0008】

この装置では、振動子39の振動が検波回路31により検出され、その振幅がコンパレーター32により基準値と比較され、そのコンパレーター32の出力によりゲイン可変増幅器35のゲインが制御される。一方、検波回路31の出力信号は移相回路34により位相が修正され、ゲイン可変増幅器35に入力し、振動子39の振動と完全に同期した所定振幅の正弦波電圧信号に変換され、バンドパスフィルター36を経て、電力増幅器38により増幅され、振動子39のコイルに供給される。

#### 【0009】

この装置では、振動子39のフェライトコアの共振周波数と同一の周波数で、かつ、完全に同期した励磁電流が振動コイルに与えられるが、振動検出の帰還量が大きいので、重負荷のときにはしばしば発振が停止するという問題がある上、バンドパスLCフィルターを用いるので、Q値が小さくなり、鋭い共振点を利用することが困難である。又、電力増幅器38の出力電流の位相が共振によって変動するという問題もあり、更に、振動コイルの制動アドミタンスがなくなるので、共振周波数で共振が維持されるようにするため適切なインダクタンスを振動コイルに並列に接続する必要がある。このため装置は複雑で高価なものとなる上、使用可能範囲の狭いものとなる。

#### 【0010】

このため、更に図4に示す如き装置が提案されている。

図4中、41は検波回路、42は制御信号発生回路、43は直流増幅器、44はゼロ点検出回路、45は位相差検出回路、46は位相整合回路、47は電力増幅器、48は振動子、49はマイクロホンである。

制御信号発生回路42は、図3に示された回路と略同様な構成であり、コンパレーター421、時常数回路422、ゲイン可変増幅器423、波形整形回路424、電圧制御発振回路425とから成る。

#### 【0011】

この装置においては、振動子48の振動は、マイクロホン49と検波回路41とにより検出され、その検出信号は制御信号発生回路42により振動子48に同期した正弦波信号に変換される。

この出力は、直流増幅器43により増幅され、その直流増幅器43の出力は、一方において位相差検出回路45に送られ、その位相が、ゼロ点検出回路44により検出される振動子の振動のゼロ点、即ち振動子の振動の位相と比較され、その位相差を示す信号は位相整合回路46の制御入力として用いられる。この回路の各部の電圧波形は図5に示されている。図中、a

10

20

30

40

50

に示す波形51は、制御信号発生回路42の出力電圧矩形波、b、c及びdに示す波形52、53及び54は、何れも位相差検出回路45に入力する直流増幅器43の出力電流波形であり、そのハッチング部分は、aに示す波形51のオンタイムに当たる部分を示している。位相差検出回路45の出力は、このハッチング部分の平均電流であり、上記電流と電圧が同位相であるbにおいては正の値521、位相差180度であるcにおいては531、位相差が90度であるdにおいては0となる。

#### 【0012】

更に上記直流増幅器43の出力は、他の一方において位相整合回路46に送られ、位相差検出回路45の出力する位相差信号電圧により制御され、振動子48の振動と完全に同一位相に整合され、次いで電力増幅器47に送られて電力増幅された後、振動子48の振動コイルに供給され、これにより発信コイルが励起され、コアが振動し、超音波が発振されるものである。

この装置によれば、振動子48の共振周波数にシャープに追従して常時安定した発振が可能であるが、この装置は複雑で高価であるばかりでなく、大型で実用に適さないと言う欠点がある。

#### 【0013】

##### 【発明が解決しようとする課題】

本発明が解決しようとする課題は、簡単で安価な回路により安価で電力効率が高く安定した超音波を発振し得る方法及び装置を提供することにある。

#### 【0014】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の課題は、超音波発振器に、その振動子の機械的共振周波数Fに近似の周波数の励振電流を供給し、超音波を発生させる方法において、  
超音波発振器の励振電極を、上記振動子の機械的共振周波数Fを共振周波数とする共振回路に接続し、

当該共振回路に、超音波の周期Tの100分の1以上、3分の1以下のパルス幅の衝撃電流パルスを供給して共振を生ぜしめ、超音波を発生させると共に、  
負荷の変動、温度変化等による振動子の機械的共振周波数の変化に伴う音圧レベルの変化をマイクロホンにより検出し、これが一定に保たれるよう上記衝撃電流パルスの繰返し周波数を制御するよう構成することにより達成される。

#### 【0015】

望ましい実施例においては、衝撃電流パルスの繰返し周波数が、振動子の機械的共振周波数Fの2倍と等しくなるように追従制御され、振動子の共振周期の半波毎に正負の極性が反転するようにしてトランスの一次コイルに供給される。

上記の目的を達成するため、本発明方法を実施する装置においては、振動子に機械的共振を生じさせ、且つ二次側を電源と絶縁するため、トランスが用いられる。而して、トランスとしては、二次コイルが複数の出力端子を有するものも使用される。それらの端子間にそれぞれ固有の共振周波数を有する振動子を接続し、各振動子がそれぞれ固有の共振周波数で共振せしめられるよう構成することも可能である。

更に、本発明の第二の課題は、

上記の超音波発生方法を実施するための超音波発生装置であって、

少なくとも一つの超音波発振器と、

中間タップを有する一次コイルと、上記超音波発振器の励振電極に接続され共振回路を形成する二次コイルとを有するトランスと、

トランスの一次コイルに、超音波発振器の振動子の機械的共振振動の各半波毎にオンタイムが上記機械的共振振動の周期Tの100分の1以上、3分の1以下の衝撃パルス電流を供給する電源回路と、

負荷の変動、温度変化等による振動子の機械的共振周波数の変化に伴う音圧レベルの変化を検出するマイクロホンと、当該マイクロホンの出力に応じて上記電源回路の出力周波数を制御するフィードバック型周波数制御装置付パルス発振器と、

10

20

30

40

50

から構成されたことを特徴とする超音波発生装置により達成される。

而して好ましい実施例においては、

トランスの二次コイルが複数の出力端子を有し、それらの端子間にそれぞれ固有の共振周波数を有する超音波発振器の励振電極が接続され、各超音波発振器がそれぞれ固有の共振周波数で共振せしめられるよう構成される。

【 0 0 1 6 】

而して、上記トランスの二次コイルには、複数の出力端子を設け、それらの端子間にそれぞれ振動子を接続し、更に、それらの振動子に適宜の時間差をもって衝撃パルス電流を与えてそれぞれ異なった周波数で共振させ得るよう構成することも可能である。

【 0 0 1 7 】

作用としては、振動子の機械的共振等価回路を考えたとき、インピーダンスを $Z$ とすると、

【数 1】

$$\frac{dZ}{dt} = r + j \left( \omega M + \frac{S}{\omega} \right) \quad (1)$$

$r$ : 抵抗

$M$ : 質量

$S$ : スティフネス

ここで等価変換をして、

【数 2】

$$\begin{aligned} R &= \frac{r}{A} \\ L &= \frac{m}{A} \\ C &= \frac{A}{S} \end{aligned} \quad (2)$$

と置いたとき、

【数 3】

$$\left( \frac{S}{m} - \frac{4r^2}{m^2} \right) = \omega \quad (3)$$

【 0 0 1 8 】

電氣的励振周期と機械系の自己共振周波数が一致し、同期したとき、図 6 に示すように、励振電流波一定の時間経過後は振幅一定の単一正弦波となる。

図中、60は励振電流、61はその包絡線である。

このときの共振電流 $i$ は、

【数 4】

このときの共振電流  $i$  は、

$$i = \frac{Em}{R} \sin(\omega t + \alpha) \{1 - \exp(-\delta t)\} \quad (4)$$

$E$ : 電圧

$t$ : 時間

$\delta$ : 時定数:  $\frac{1}{2} \frac{r}{m}$

$\alpha$ : 位相差

10

となり、LRC共振回路と同等となる。

類推の理により、機械的な意義とは、

【数 5】

質量  $m \propto L$

抵抗  $R \propto \frac{F}{v}$        $v$ : 加速度      (5)

固さ  $S \propto C$

【0 0 1 9】

20

このときの電流は図6に示した状態となり、定常状態に達するまでに一定の時間  $T$  を必要とする。この時定数  $T$  は  $L/R$  であって結局質量と抵抗の比として求めることができる。

即ち、超音波振動の振幅が所定値の63%に達するまでの時間  $T$  は電源をオフにしたとき、この時間  $T$  の関数の一定の時間  $T'$  の間は、減衰しながらも振動を保つことができる。この時間  $T'$  の間は振動が続いているので、この時間  $T'$  の間に電源周波数を振動子の共振周波数に追従して変化させ合致させれば、共振を続けることができる。

【0 0 2 0】

実際には、 $T'$  は0.1~1msec程度であるので、略1msec程度の間に共振周波数の0.1~1%程度の修正を続ければ安定した連続共振を保持できることになる。

図7に実験回路を示す。トランスを空心として超音波振動部分を機械的に結合しないで、超音波を発生させることができる。

30

この場合、電源側と超音波振動側とが空隙を介してエネルギーを授受するので、回転やレシプロ運動の際は特に有効である。

場合によってはフェライトトランスを使用することができる。

この場合特に有効なのは、30~100KHzとか、0.3~3MHz程度の周波数帯域などでは有効である。勿論空心トランスや、高周波(フェライト)トランスを用いることが出来る。

【0 0 2 1】

【数 6】

一次コイルと二次コイルの関係では、一次及び二次コイルの電流をそれぞれ $I_1$ 、 $I_2$ とすると、

$$\frac{I_1}{I_2} = K \frac{(N_2 r_2^2)^2}{Z_2} \frac{(N_1 r_1^2)^2}{Z_1} \frac{f^2}{d^6}$$

$$= k \frac{f^2}{d^6} \quad (6)$$

$K, k$ : 常数

$f$ : 周波数

$d$ : 間隙

と示すことができる。

10

と示すことができる。コイルの間隙長が一定のときは周波数 $f$ の二乗に比例してトランス結合度は大きくなり、電力供給結合率は向上することになる。

超音波モーターでは、パルス幅が小さくなるに従ってより単位波長は短くなり、結局回転位置精度を高めることができることになる。

【 0 0 2 2 】

【 数 7 】

衝撃圧力を $p$ とすれば、

$$p = p_0 + \frac{C^2(V_0 - V)}{[V_0 - S(V_0 - V)]^2} \quad (7)$$

$P_0$ : 初期の圧力

$C$ : 圧縮波速度

$V_0$ : 衝撃圧力が加わらないときの比重の逆数

$V$ : 衝撃圧力が加わったときの比重の逆数

$S$ : 弾性率の圧力微分値

20

30

密度が大きく圧縮率の小さいものほど、衝撃インピーダンスが高くなる。超音波モーターに利用する場合には衝撃が大きいことが有利となる。

従って、表1に示す材料は有利なモーター材として利用できるものである。

【 表 1 】

材 料	C km/sec	S
W	4.029	1.237
S U S	4.569	1.49
炭 素 鋼	3.574	1.920

40

アーク溶接の放電中に超音波を供給したとき、アーク放電によるクレーター部分に生じるデンドライと層の改善がなされ、溶接の強度が高められた。

【 0 0 2 3 】

パルス電流を流して抵抗溶接するときの溶接部分の温度と時間の関係は、式(8)のようになる。

【 数 8 】

$$\frac{d\theta}{dt} = \kappa \frac{\rho C_1}{\zeta \delta^2} \quad (8)$$

$C_1$ : 溶接材の比熱

$\theta$ : 溶接点の温度

$t$ : 時間

$\zeta$ : 抵抗値

$\rho$ : 比重

$\delta$ : 電流密度

10

電極加圧力150MPaで1.6mmの鉄板を溶接するとき、一般的には 値は1～2KA/mm<sup>2</sup>程度となる。溶接材に33KHz、1.0Wの超音波を加えたときは、0.8KA/mm<sup>2</sup>で、1スポット当たり5,000～6,000Nの溶接強度が得られた。

従って、特に低抵抗材の溶接には有利となる。更に又、電極自体に超音波を加えたとき同じ条件で1スポット当たりの溶接強度は6,500Nとなった。

【0024】

図7に本発明に係る超音波発振装置の一実施例を示す。而して図中、71は交流電源、72は直流安定化電源、73はフィードバック型周波数制御装置付パルス発振器、74及び75はスイッチング素子、76はコンデンサー、77はトランス、78は超音波発振器ある。尚、ここでは、振動子78-1、電極78-2及びホーン78-3からなる静電型の超音波発振器の例を示す。又、トランスは空心トランスであっても有心のものであっても良いこと勿論である。又、このトランス77の二次側に適切なインダクタンスを入れることも推奨される。

20

【0025】

フィードバック型周波数制御装置付パルス発振器73は、周波数可変型マルチバイブレーター731、振動子78-1の頭に取り付けられたマイクロホン732、増幅器733、コンパレータ734から成る。

而して、トランス77の一次コイルは、中心タップ付のコイルであり、中心タップにより区分される二つのコイル、即ち第一コイル771及び第二コイル772から成り、二次コイル773は超音波発振器78の一对の励振電極78-2、78-2と直列に接続される。

ホーン78-3とマイクロホン732は、振動子78-1に固く取り付けられており、一体として振動する振動系を形成し、一つの共振周波数Fを有する。以下の説明では、説明を簡略にするため、この共振周波数を単に振動子の共振周波数Fと言うものとする。

30

【0026】

トランス77の一次コイル771、772に励起電流を供給する電源回路は、直流安定化電源72及びスイッチング素子74、75から成る。

第一コイル771に励起電流を供給する電源回路は、直流安定化電源72及びスイッチング素子75からなり、第二コイル772に励起電流を供給する電源回路は、直流安定化電源72及びスイッチング素子74からなる。

而して、スイッチング素子74、75は、何れも周波数可変型マルチバイブレーター731から供給される制御パルスでオンオフ制御されるが、これらのスイッチング素子74、75の制御パルスは公知の装置のそれと異なるものである。

40

即ち、公知の装置においては、これらのスイッチング素子74及び75は交互にオン、オフし、一方がオンである期間、他の一方はオフとされ、このため、トランス77の端子には図9の上段に示す如き矩形波電圧が加えられ、コイルには同図下段に示される如き正弦波振動電流が流れる。而してこの振動電流の周波数は、振動子78-1の機械的共振周波数に厳密に等しくなるよう精密に制御されなければならない。

そのような公知の方法では、スイッチング素子74及び75を制御するパルスの繰返し周波数を振動子78-1の機械的共振周波数Fのドリフトに対応して厳密に追従制御する必要があるが、この制御は相当に困難であった。

又、そのような超音波発生装置は、入力電力のAV値に比して超音波として放射されるエネ

50



ルギーが僅かである為、力率が悪く、その出力に比して相当に大きな最大需要電力を必要とするという問題があった。

【 0 0 2 7 】

本発明において、スイッチング素子74及び75に供給される駆動パルスは、従来公知のものと異なり、そのオンタイムは、図10の最下段に示されているように、振動子78 - 1の機械的共振周期Tの3分の1以下、100分の1以上である。

このように、本発明方法で供給される駆動パルスなそのオンタイムが短いので電源の無効電力が少なく済み、電源の電力効率が高まる。

又、この共振系はQ値が低いので、多少の環境変化があっても共振は安定しており、超音波レベルの変動は軽微であり、そのため一般的な用途の場合、手動制御によっても超音波の発振レベルの変動を一定の許容範囲内に限定することが可能である。

10

【 0 0 2 8 】

このスイッチング素子74及び75は一定の間隔を置いて交互にオンオフされ、それぞれ図7に示されているようにトランス77の一次コイル771、772に結線され、二次コイル773に逆方向の誘導電流を生じるようになっている。

即ち、コイル771側と772側には逆方向のパルス電流が流れ、このため二次コイルには図10の中段に示すような交番パルス電流が発生する。

而して、本発明においては、このようなスイッチング素子74及び75のオンオフによる刺激により、この装置の電気回路、即ち、コンデンサ76とトランス77の一次コイルからなるタンク回路と、トランス77の二次コイル773と超音波発振器78の一对の電極78 - 2、78 - 2の間のキャパシタンスからなる共振回路と、によって共振を発生させ、これにより超音波を発生させるものである。

20

【 0 0 2 9 】

而して、前述の如く、この回路においては、スイッチング素子74、75に供給される駆動パルスは、図10の最下段に示されているように、一次コイル771、772に流れる正弦波励磁電流の周期Tの2分の1の周期で発振されるものであり、そのオンタイムは上記周期Tの100分の1以上、3分の1以下である。

そのため、この励磁電流のデューティファクタは小さく、従って平均電流値も亦小さい。このスイッチング素子74、75の開閉駆動により、一次コイル771、772には、図10の中段に示されているような交番衝撃電流が供給されることになる。このとき二次コイル773には、正弦波共振電流も流れているので、結局、トランスの二次コイル773 即ち振動子78 - 1の励振コイルには、図10の上段に示されているような励磁電流が流れ、これにより超音波が発生することとなる。

30

【 0 0 3 0 】

振動子78 - 1の機械的共振周波数は略一定ではあるが、その作動環境によって多少とも変動することは免れない。

振動子78 - 1の機械的共振周波数が変化すると、音圧レベルが低下するので、マイクロホン732で振幅を検出して、コンパレータ734により始めに設定したレベルと比較し、振幅が設定したレベルに保持されるよう周波数可変型マルチバイブレータ731の発振パルスの繰返し周波数を調整するものである。

40

【 0 0 3 1 】

次に、図8に示された装置に就いて説明する。

この装置は、複数の振動子を設ける点を除けば、図7に示したものと基本的に同様のものである。

而して、図中、交流電源81、直流安定化電源82、周波数制御装置付パルス発振器83、スイッチング素子84及び85、コンデンサ86は、前記図7に示した交流電源71、直流安定化電源72、周波数制御装置付パルス発振器73、スイッチング素子74及び75、コンデンサ76と同様の構成要素であるが、87はフェライトトランス、88 - 1、88 - 2及び88 - 3はそれぞれ固有の機械的共振周波数を有する振動子を具備する超音波発振器である。

これら超音波発振器88 - 1、88 - 2及び88 - 3の共振周波数は同一であっても良く、互いに

50

異なっているとしても良い。

【0032】

而して、フェライトトランス87の一次コイルは中間タップ付コイルであり、二次コイル873は3個の超音波振動子88-1、88-2及び88-3のそれぞれの励振コイルを接続するため4個の中間タップA、B、C及びDを有する。

而して、先ず、前述の図7の説明に記載したように、トランスの一次コイル871、872のインピーダンスと、コンデンサ86のインピーダンスを整合して、これらからなるタンク回路が、超音波発振器88-1の共振周波数 $F_1$ で共振するよう構成し、次いで、

トランス87のタップA、D間のインピーダンスと超音波発振器88-1のインピーダンスを整合して、これらからなるタンク回路の共振周波数が超音波発振器88-1の共振周波数 $F_1$ となるようにし、

更に、トランス87のタップB、D間のインピーダンスと超音波発振器88-2のインピーダンスを整合して、これらからなるタンク回路の共振周波数が超音波発振器88-2の共振周波数 $F_2$ となるようにし、

更に、トランス87のタップC、D間のインピーダンスと超音波発振器88-3のインピーダンスを整合して、これらからなるタンク回路の共振周波数が超音波発振器88-3の共振周波数 $F_3$ となるようにする。

【0033】

このようにすると、これら全てのタンク回路で共振が発生し、それぞれの超音波発振器88-1、88-2、88-3が周波数 $F_1$ 、 $F_2$ 及び $F_3$ の超音波を発振するようになる。

一実施例において、振動子88-1、88-2及び88-3の極間静電容量を3,000pFとし、トランス二次コイルの端子間インダクタンスを、A-B間 3.3mH、A-C間 6.8mH、A-D間 13.5mHとしたとき、振動子88-1、88-2及び88-3をそれぞれ25KHz、30KHz及び50KHzの共振周波数で共振させることができた。

【0034】

この実施例では、代表的な振動子88-2にマイクロホン832を取り付け、これにより前述の図7に示した実施例と同様に発振レベルが一定となるよう制御をするものである。

勿論、総ての振動子88-1、88-2及び88-3にマイクロホンを取り付け、それらの出力を総合的に判断して周波数制御装置付パルス発振器83を制御するようにすることも可能である。

【0035】

尚、ここでは、トランスの二次コイルに中間タップを設けるよう説明したが、このトランスの巻線は多重コイルでも良いこと勿論である。

本発明方法では、制御の時間的裕度が高いので、手動で制御して使用することもでき、又本発明によるときは、発振器が単一の場合のみでなく、複数の場合でも実用的に利用することができるものであり、このことも本発明の極めて有利な点とすることができる。

【0036】

【発明の効果】

本発明は叙上の如く構成されるから、本発明によるときは、振動子は常時その共振周波数で励振されるので、安定した超音波が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】共振回路を用いた公知の超音波発振装置の一例を示す回路図である。

【図2】共振回路を用いない公知の高周波超音波発振装置の一例を示す回路図である。

【図3】広く用いられている公知の超音波発振装置の実用的な一例を示す回路図である。

【図4】図3に示したものと別異の公知の超音波発振装置の実用的な一例を示す回路図である。

【図5】図4に示した回路の各部に現れる電圧波形図である。

【図6】電氣的励振周期と機械系の自己共振周波数が一致し、同期したときの、励振電流を示す波形図である。

【図7】本発明に係る超音波発振装置の一実施例を示す回路図である。

【図 8】本発明に係る超音波発振装置の他の一実施例を示す回路図である。

【図 9】公知の方式において、振動部に加えられる電圧 - 時間関係と、トランスの一次側コイルに流れる電流 - 時間関係を示す波形図である。

【図 10】下段はスイッチングトランジスタのゲート電圧 - 時間関係を示す波形図、中段は下段のスイッチングトランジスタのゲート開閉により一次コイルに与えられるパルス電流波形図、上段はトランス二次コイルに流れる電流波形図である。

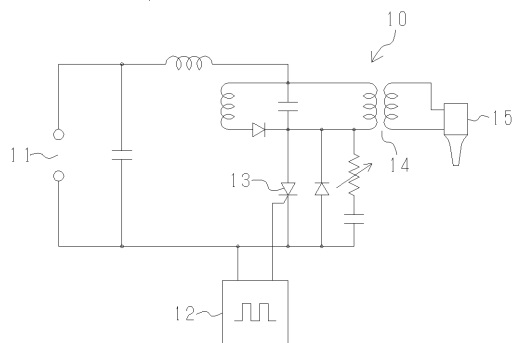
【符号の説明】

10	共振回路	
11	直流電源接続端子	
12	周波数可変型のマルチ <u>バイブ</u> レーター	10
13	スイッチング素子	
14	結合トランス	
15	ホーン一体型の振動子を有する超音波発振器	
21	直流電源端子	
22	周波数可変型のマルチ <u>バイブ</u> レーター	
23	スイッチング素子	
24	フィルター回路	
25	静電型超音波発振器	
31	検波回路	
32	コンパレーター	20
33	増幅器	
34	移相回路	
35	ゲイン可変増幅器	
36	バンドパスフィルター	
37	振幅制限回路	
38	電力増幅器	
39	振動子	
41	検波回路	
42	制御信号発生回路	
421	コンパレーター	30
422	時常数回路	
423	ゲイン可変増幅器	
424	波形整形回路	
425	電圧制御発振回路	
43	直流増幅器	
44	ゼロ点検出回路	
45	位相差検出回路	
46	位相整合回路	
47	電力増幅器	
48	振動子	40
49	マイクロホン	
71	交流電源	
72	直流安定化電源	
73	フィードバック型周波数制御装置付パルス発振器	
731	周波数可変型マルチ <u>バイブ</u> レーター	
732	マイクロホン	
733	増幅器	
734	コンパレーター	
74、75	スイッチング素子	
76	コンデンサー	50

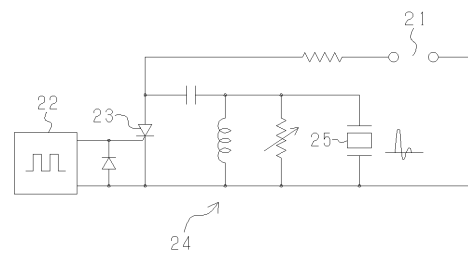
- 77 空 心 ト ラ ン ス  
771 第 一 コ イ ル  
772 第 二 コ イ ル  
773 二 次 コ イ ル  
78 超 音 波 発 振 器  
78 - 1 振 動 子  
78 - 2 電 極  
78 - 3 ホ ー ン  
81 交 流 電 源  
82 直 流 安 定 化 電 源  
83 周 波 数 制 御 装 置 付 パ ル ス 発 振 器  
831 周 波 数 可 変 型 マ ル チ バ イ ブ レ ー タ ー  
832 マ イ ク ロ ホ ン  
833 増 幅 器  
834 コ ン パ レ ー タ ー  
84、85 ス イ ッ チ ン グ 素 子  
86 コ ン デ ン サ ー  
87 ト ラ ン ス  
88 - 1 、 88 - 2 、 88 - 3 振 動 子

10

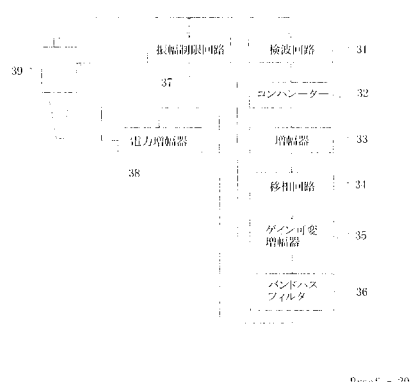
【圖 1】



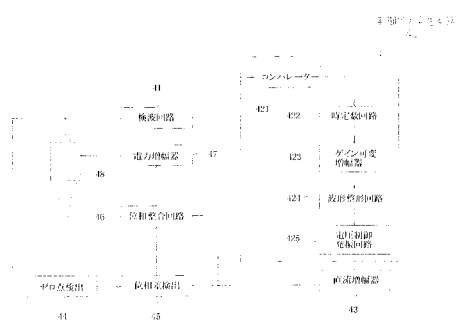
【圖 2】



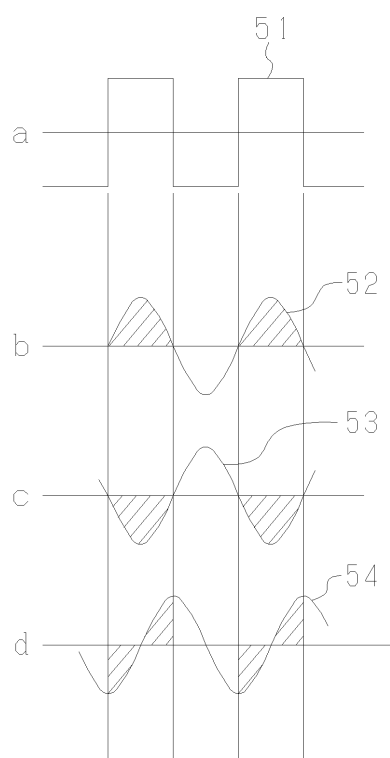
【 図 3 】



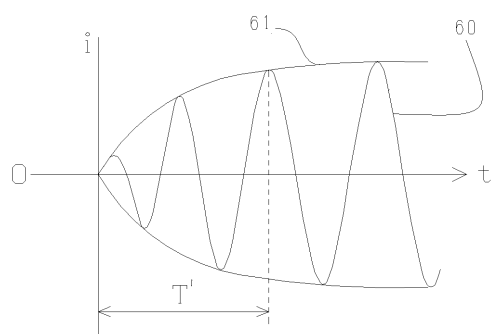
【 図 4 】



【 図 5 】

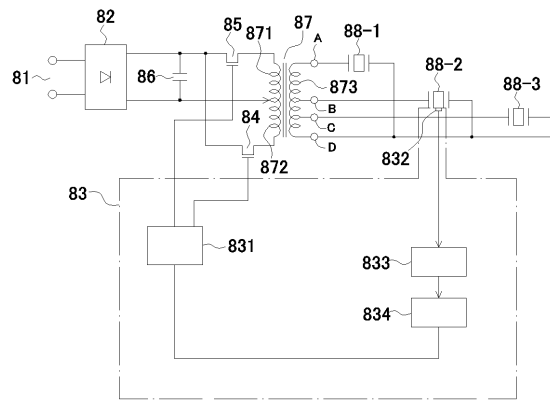


【 図 6 】

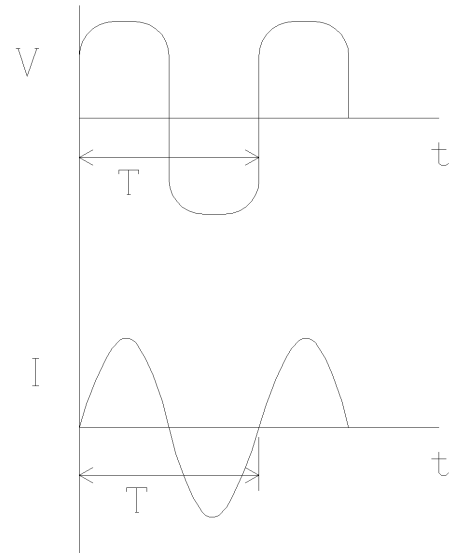


【圖 7】

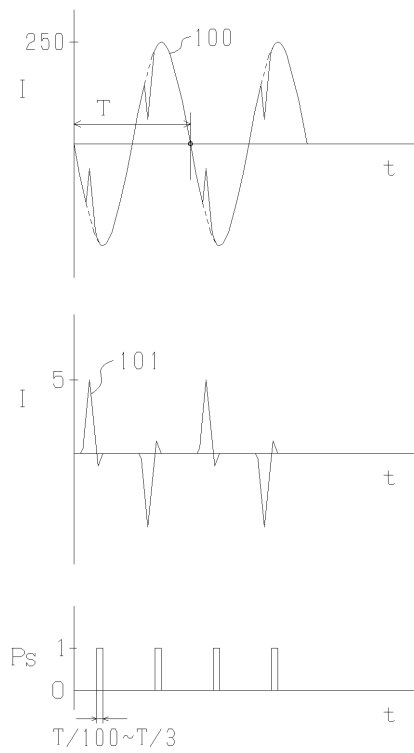
【図 8】



【図 9】



【図 10】



---

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B06B 1/02