

特 許 証

特 許 第 1 5 0 0 6 7 7 号

昭和56年 特 許 願 第 152464号

昭和63年特許出願公告第051068号

発明の名称 超音波定在波の形成方法及び装置

特許権者 小平市上水本町1568 エステート上水本町3-203
木下知己
東京都杉並区荻窪1-26-9
武蔵英一

発 明 者 木下知己

この発明は、特許するものと確定し、特許原簿に登録されたことを証する。

平成 1年 6月28日

特 許 庁 長 官

吉 田 文 毅



三菱総合研究所の木下知己 開発したのは超音波振動素 溶液中で使用する装置を試作
主任研究員は一定の場所で振 子と反射板との間に常に定常 している。当方はエネルギー
動する定常波を安定して出せ 波をつくる装置。電圧の変化 効率の良さを生かして半導体
る超音波発生装置を開発し に応じて変形する圧電素子を の洗浄に使ったり、反射波の
た。定常波はエネルギーを振 使っており、約千ヘルツの超音 周波数の変化から水溶液に含
動に変換する効率が通常の超 波を発生する。平行光線の回 まれる物質の検出に利用でき
音波に比べ るという。
て高いの また超音
で、従来超 波には発酵
音波が使わ などの生
三菱総研 効率的な洗浄など広い応用

れている洗浄などの分野のほ 折現象を用いて定常波ができ 学反応を促進する働きがある
か、バイオテクノロジー分野 ているかを精時チェックしな とする説もある。醸造メーカ
で生化学反応の促進などに使 ながら、温度などの環境が変化 ーの中には、この装置を用い
える可能性もある。化学や醸 しても継続して定常波を作り てウイスキーやワインなどの
造関係の企業などが応用の道 続ける仕組みだ。 改良を試みている企業もある
を探っているという。 現在超音波機器メーカーが という。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 超音波定在波の形成方法及び装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 超音波振動子と反射板とを離隔対向させて配置しこれらの中に超音波定在波を形成させる超音波定在波形成方法において、初期発振用信号を振動子に加えて初期定在波を形成し、この定在波を波面に平行な光で照明し所定の次数 α 回析光を取り出して対応する電気信号に変換し、この信号により当該信号の1/2の周波数の振動子駆動用信号に換えて前記振動子に加えることにより連続的に定在波を形成することを特徴とする超音波定在波の形成方法。

【請求項2】 超音波振動子と反射板とを離隔対向させて配置しこれらの中に超音波定在波を形成させる超音波定在波形成方法において、定在波を平行な光で照明して所定次数の回析光を取り出す手段と、前記振動子の初期発振用信号を出力する第1の発振回路と、前記取り出した回析光を光電変換して対応する電気信号を出力する検出回路と、該電気信号により当該信号の1/2の周波数の信号を出力する第2の発振回路と、該第2の発振回路の出力信号レベルが所定値よりも低いときは前記第1の発振回路の出力信号を、高いときは当該第2の発振回路の出力信号を選択して前記振動子に加えてこれを駆動させる駆動回路とを備えたことを特徴とする超音波定在波の形成装置。

【請求項3】 前記回析光を取り出す手段は光源と、該光源からの光を収束させるレンズと、該収束した光から定在波に平行な線光源を形成するスリットと該線光源を平行な光にして定在波に証明する第2のレンズと、該定在波を通過した光を収束させる第3のレンズと、該収束された光を所定方向に反射させる反射鏡とを備えたことを特徴とする請求項2記載の超音波定在波の形成装置。

【請求項4】 前記第1の発振回路は所定周波数の低周波信号を出力とする低周波発信器と、該定周波信号により発振周波数及び周波数の変化が制御され振動子発振用の信号を出力する帰引発振器と、該発振用信号を増幅する電圧増幅器とを備えたことを特徴とする請求項2記載の超音波定在波の形成装置。

【請求項5】 前記検出回路は入射する回析光を相対する電気信号に変換する光電変換素子と、該電気信号を増幅する電圧増幅器と、漸く増幅した信号に含

まれる雑音を除去するフィルタ回路とを備えたことを特徴とする請求項2記載の超音波定在波の形成装置。

【請求項6】 前記第2の発振回路は前記検出回路から入力された信号を方形波信号に変換するシュミット・トリガ回路と、該方形波信号を1/2に分周して前記振動子に加えられる信号と同じ周波数の信号を出力する分周回路を備えることを特徴とする請求項2記載の超音波定在波の形成装置。

【請求項7】 前記駆動回路は前記第2の発振回路の出力信号レベルが所定値よりも低いときには前記第1の発振回路の出力信号を、高いときには第2の発振回路の出力信号を選択出力する比較選択回路と、斯く選択された信号を増幅する電力とを特徴とする請求項2記載の超音波定在波の形成装置。

【請求項8】 前記光電変換素子が光電子増幅管である請求項5記載の超音波定在波の形成装置。

【請求項9】 前記比較回路は前記第2の発振回路からの入力信号を整流して負電圧信号を形成する整理回路と、該負電圧信号と前記第1の発信回路からの入力信号との合成信号を増幅する増幅回路と、該増幅回路の出力信号をインピーダンス変換する第1のエミッタホロワ回路と、前記第2の発振回路からの入力信号をインピーダンス変換する第2のエミッタホロワ回路とを備えたことを特徴とする請求項7記載の超音波定在波の形成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、高効率な超音波洗浄、殺菌装置又はガラス加工等への利用に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

超音波は振動数が可聴周波数領域を超える弾性波で、広義の音源であるが、可聴周波数の音源に見られない種々の現象が現われ、洗浄、殺菌或いはガラス加工等の各種分野に広く応用されている。ところで現行の超音波洗浄等においては水槽等の液槽内で単に振動子により超音波を発生させるに過ぎない。洗浄の効果は

液槽—液—内容物の共振現象により得られるのであるが、当該超音波の周波数は限られた狭帯域内にあるとはいえ単一の周波数でないため、最適な共振現象が得られないだけエネルギー効率が悪い。ところで、超音波洗浄等に超音波定在波を形成すると最適な共振現象が得られエネルギー効率が高くなることが知られている。しかし、定在波形成の持続性の困難さが超音波特に超音波定在波を利用した各種機器の普及を遅らせる一因となっている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

解決しようとする問題点は、超音波振動子により発生する限られた狭帯域内の内で変化する周波数の超音波から特定の周波数の定在波を形成し、この状態を継続させることによって、超音波洗浄等のエネルギー効率を高める点である。

【0004】

【課題を解決するための手段】

本発明は超音波定在波による光の変調を利用して定在波のできる周波数を検出し、周波数が変化する以前に同数の定在波を立てるように周波数を自動追尾させるようにした超音波定在波の形成方法及び装置を提供するものである。

【0008】

【実施例】

先ず、本発明に使用する超音波定在波による光の変調について説明する。

超音波定在波では振動の一周期の間に2回づつ振幅が0になる（波の節）状態があり、又その間に一周期に2回づつ振幅の極大がある。従って、超音波定在波による光の回析の場合には回析スペクトルの強度分布は時々刻々と変化しており、音の振動数を f とすると、毎秒 $2f$ 回づつ0次以外の回析スペクトルが消失する状態が起こる。逆に0次の回析光は毎秒 $2f$ 回づつ極大となる。そこで、0次の回析光だけを取り出し、又は0次以外の全ての回析光又はいずれか1つの次数の回析光だけを取り出して使用すると、毎秒証明回数 $2f$ 回の点滅する光源を作ることができる。位相格子の理論の当てはまる条件では超音波の強さを加減して適当な位相格子振幅に設定すると、0次の光の明るさの極大が1、極小が0となり、0次の光で理論上100%の変調が得られる。

また、超音波の周波数を一定範囲で変化させることは光やレーザよりも容易であることも知られている。

そこで、前記光の変調により定在波ができる周波数を検出し、この検出信号により振動子の発振周波数を制御するようにした一種の自励発振回路を構成することにより、超音波定在波を安定に形成することが可能である。

【0009】

図1は定在波による光変調を利用し当該定在波ができる周波数を検出するための光変調における光学系の概略図で、コンデンサレンズ2の前側焦点F_{2a}の位置には光源1が配置されており、後側焦点F_{2b}の位置にはスリット3が配置されている。このスリット3の後方位置にはコリメータレンズ4が配設されており、その前側焦点F_{4a}はコンデンサレンズ2の後側焦点F_{2b}と合致している。コンデンサレンズ2は光源1の光を収束すると共にスリット3と協働して後述する超音波定在波の音波面と平行な線光源を作るものである。コリメータレンズ4はスリット3が入射される光を平行な光として放射する。

液槽5はコリメータレンズ4の後方位置に配置されており、側壁5a、5bにはコリメータレンズ4と対向する位置に当該レンズ径よりも大きい窓6a、6bが形成されている。この液槽5内の壁部50側の所定位置には超音波振動子7が配置されており、壁部5d側には超音波振動子7と対向して反射板8が配置されている。この反射板8は表面粗さが小さく、固定音響インピータンスの大きな部材例えばガラス板で形成されている。また、液槽5内には液体例えば水9が所定量注入されている。そして、超音波振動子7から放射された超音波は水9（媒質）中を伝播して反射板8に至り、当該反射板8により反射され、これらの振動子7及び反射板8の間に超音波定在波SWを形成し得るようになっている。

液槽5の窓6bの後方位置にはシュリーレンレンズ10が配置されており、このレンズ10の後方焦点F_{10b}位置には反射鏡11が配設されている。光源1、コンデンサレンズ2、スリット3、コリメータレンズ4、窓6a、6b、シュリーレンレンズ10及び反射鏡11の各中心は夫々同一光軸上に正確に配列されており、反射鏡11の反射面11aは前記光軸を所定の角度例えば45°の角度をなしている。また超音波の伝播方向とコリメータレンズ4から照射される光Lとは互いに直

角をなしている。反射鏡11で反射された光は超音波定在波形成回路20（図2）の光電変換素子27に照射されるようになっている。

【0010】

超音波定在波形成回路20は図2に示すように、超音波発振回路20A、超音波振動子駆動回路20B、光変調検出回路20C及び超音波発振回路20Dにより構成されており、駆動回路20Dにより一種の自励発振回路を形成している。発振回路20Aは超音波の初期発振用のものであり、低周波発振器21は所定範囲例えば20～200,000Hzの正弦波信号を発振して出力する。この出力信号帰引発振器22の帰引幅と措引周波数の設定を行うためのものである。

帰引発振器22はインダクタンスLとコンデンサCとにより特定周波数の信号Vaを発振出力するもので、インダクタンスLの部分にリアクタンス管（図示せず）が接続されている。この場合のリアクタンス管はバイアスを変化させるとインダクタンスが変化すると発振周波数fが変化する。そして、バイアスに大きな信号を入れると、これに伴い周波数も大きく変化し、バイアスに正弦波交流の周期で変化する。このバイアス信号として前記低周波発振器21の出力信号が加えられる。従って、低周波発振器21の出力信号の振幅レベルの大小に応じて当該帰引発振器22の出力信号の周波数の変化の大小を加減することができる。また、低周波発振器21の出力信号の周波数により帰引発振器22の出力信号の周波数変化の速さを変えることができる。電圧増幅器23は帰引発振器22の出力信号Vaを増幅して出力する。この出力信号Vaは超音波振動子7の初期発振用の信号として使用される。

駆動回路20Bの比較選択回路24は発振回路20A、20Dからの信号Va、Vbを比較し、いずれか一方の信号を超音波発信用の信号として選択出力するものである。この比較選択回路24については後述する。電力増幅回路25は比較回路24から選択出力された信号を増幅し、超音波振動子7を駆動し得るようになるものである。整合回路26は電力増幅器25と振動子7とのインピーダンスを整合させるためのもので高周波トランスで構成されており、電力増幅回路25からの出力を効率よく振動子に加えるものである。超音波振動子7は例えばジルコチタン酸鉛系の振動子で入力信号に応じて振動し、対応する周波数の超音波

信号を放射するものである。検出回路20Cは定在波による光の変調を検出して対応する電気信号を出力するものである。光電変換素子27は例えば光電子増幅管で、反射鏡で(図1)で反射された反射光L'に対応する電気信号Vcを出力する。反射光L'は前述したように振動子7の振動数fの2倍の周期で点滅する光であり、従って、光電子増幅管27の出力信号Vcの周波数は2fとなる。この信号Vcはほぼ正弦波に近い交流信号である。フィルタ回路29は電圧増幅器28で増幅された信号Vcに含まれる雑音を除去し、正弦波信号Vc'として出力する。

発振回路20Dは検出回路20Cから出力される信号Vc'から振動子駆動信号を形成するものである。シュミットトリガ回路30は正弦波信号を方形波信号に変換するもので、例えば集積回路で構成されており、入力信号Vc'に応じた周期の方形波信号Pcを出力する。分周回路31はフリップフロップ回路により構成されており、シュミットトリガ回路30からの入力方形波信号Pcの周期を1/2に分周し、周波数fの信号Vbの周波数は発振回路20Aすなわち、振動子7の発振周波数と等しい。

【0011】

図3は前述した比較選択回路24の一実施例を示す詳細回路で、トランジスタTr1のベースはコンデンサC1を介して入力端子T1に接続されており、コレクタは抵抗R3を介して正電源+Vccに接続され、エミッタは接地されている。トランジスタTr1のベースとコンデンサC1との接続点Aは抵抗R1、R2を介して接地されており、抵抗R2にはダイオードD1とD2、D3とD4の直列回路及びコンデンサC3が並列接続されている。ダイオードD1とD2の接続点CはコンデンサC2を介して入力端子T2に接続されている。トランジスタTr2のベースはコンデンサC4を介してトランジスタTr1のコレクタに接続されており、当該ベースは抵抗R4を介して正電源+Vccに接続されると共に、抵抗R5を介して接地されている。このトランジスタTr2のコレクタは正電源+Vccに、エミッタはトランジスタTr3のエミッタに接続されている。トランジスタTr3のベースはコンデンサC5を介して前記ダイオードD1とD2との接続点Cに接続されると共に、抵抗R6を介して正電源+Vccに接続さ

れており、抵抗 R_1 を介して接地されている。また、このトランジスタ $T r 3$ はのコレクタは正電源 $+V c c$ に接続されており、エミッタは抵抗 R_0 を介して接地されている。従って、これらのトランジスタ $T r 2$ 、 $T r 3$ はエミッタホロワ回路となっている。そして、入力端子 T_2 、 T_3 には夫々発振回路 $20 A$ の出力信号 $V a$ 、発振回路 $20 D$ の出力信号 $V b$ が加えられるようになっている。

入力端子 T_2 から入力された信号 $V b$ はダイオード $D_1 \sim D_4$ 及びコンデンサ C_3 で構成された整流回路により負の直流電圧に変換され、接続点 B に電圧 $-E b$ は接続点 A において信号 $V a$ と合成されトランジスタ $T r 1$ のベースに入力される。この負の電圧 $=E b$ は信号 $V a$ よりも大きい。従って、信号 $V b$ が入力されないときにはトランジスタ $T r 1$ が動作状態となり、トランジスタ $T r 2$ から信号 $V a$ に応じた信号が出力端子 $T 4$ に出力される。信号 $V b$ が入力されるときにはトランジスタ $T r 1$ が不動作状態となり、トランジスタ $T r 3$ から信号 $V b$ に応じた信号が出力端子 $T 4$ に出力される。この場合には発振回路 $20 D$ 、駆動回路 $20 B$ 、振動子 7 及び検出回路 $20 C$ が閉ループとなり、前述したように一種の自動発振回路を構成することになる。もし、この閉ループの何処かに外乱が起こり、閉ループが遮断した場合には、比較選択回路 24 が作動し、発振回路 $20 A$ からの出力信号 $V a$ が振動子 7 に供給される。

このような構成において、低周波発振器 21 によって帰引発振器 22 を制御し、その出力信号 $V a$ の周波数を所定周波数を中心に帰引する。この信号 $V a$ を電圧増幅器 23 、比較選択回路 24 、電力増幅回路 25 及び整合回路 26 を介して超音波振動子 7 に印加する。振動子 7 はこの印加信号 $V a$ の周波数に応じた超音波を放射する。この超音波は媒質である水中を伝播し、反射板 8 (図 1)により反射される。そして、振動子 7 と反射板 8 との間に定在波 $S W$ が形成される。

【0012】

一方、光源 1 から放射された光はコンデンサレンズ 2 及びスリット 3 (第 1 図)により定在波 $S W$ の音波面と平行な線光源を作り、コリメータレンズ 4 により液槽 5 の窓 $6 a$ を通して平行光線で超音波定在波 $S W$ を照明する。超音波定在波 $S W$ は密度の変化の大きい部分と小さい部分とが規則正しく並んだものであり密度の小さい部分を通過した (横切った) 光は液槽 5 の窓 $6 b$ を通してシュリーレ

ソレンズ10に入射され、当該シュリーレンレンズ10により反射鏡11の反射面11aに収束される。反射鏡11に収束された0次の回折光は反射面11aで反射されて光電子増倍管27に照射され、対応する電気信号Vcに変換される。信号Vcは電圧増幅器28、フィルタ回路29を通して信号Vc'として出力される。

発振回路20Dはシュミットトリが回路30及び分周回路31により入力信号Vc'の1/2の周波数の信号Vbを形成して比較選択回路24に加える。比較選択回路24は信号Vbが入力される場合には発振回路20Aからの入力信号Vaを遮断し、発振回路20Dからの信号Vbを出力する。この信号Vbは電力増幅器25で増幅された後整合回路26を介して振動子7印加され、振動子7はこの信号Vbにより駆動される。この動作の繰り返しにより超音波定在波SWが持続して形成される。

もし、外乱等により信号Vbが入力されなくなった場合には、比較選択回路24が発振回路20Aからの信号Vaを選択出力し、この信号Vaにより振動子7を引き続いて駆動し、定在波SWを維持する。そして、再び信号Vbが入力された時に発振回路20Dの出力信号20Dにより振動子7を駆動させる。

このようにして振動子7と反射板8との間に超音波定在波SWを形成すると共に、当該定在波SWを安定に持続させることができる。

ところで、前述したように定在波を形成した場合には定在波を形成しない場合に比べてエネルギー効率が数倍高くなり、従って、液槽5を洗浄槽として使用すれば洗浄効率が極めて向上する。

また、本発明は一種の自励発振回路を構成して振動子を駆動しているために、主として温度変化により媒質の雰囲気に変化した場合でも定在波を安定して形成することができる。

また、シュレーリン法によって反射鏡11で0次の回折光を除去すれば、後段に設けたスクリーン上に安定緻密な縞模様を形成することができる。

【0013】

【発明の効果】

以上説明したように本発明は、超音波振動子とこれと離隔対向させた反射板と

の間に超音波定在波を形成し、この定在波を波面に平行な光で照明し、定在波を通して取り出した所要の次数の回折光を電気信号に変換し、この電気信号を前記振動子に加えることによって連続的な定在波を形成するものである。本発明によれば、所望の周波数の超音波定在波を容易に形成することができ、しかも、安定に持続することができる。また、回路構成も単体である等の優れた効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係わる超音波定在波の形成方法及び装置における超音波定在波のできる周波数を検出する方法の説明図である。

【図2】

超音波定在波を形成するための定在波形成回路の一実施例を示すブロック図である。

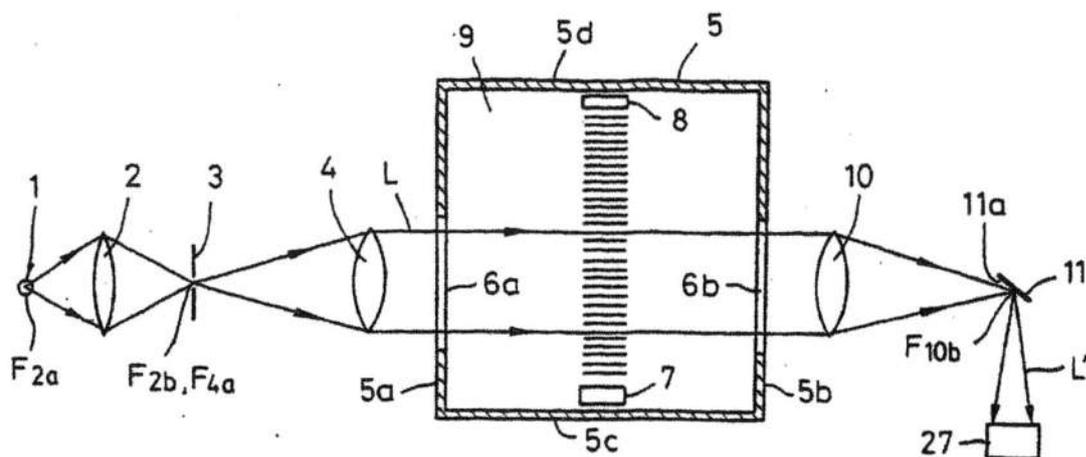
【図3】

図2に示す比較選択回路の一実施例を示す詳細回路図である。

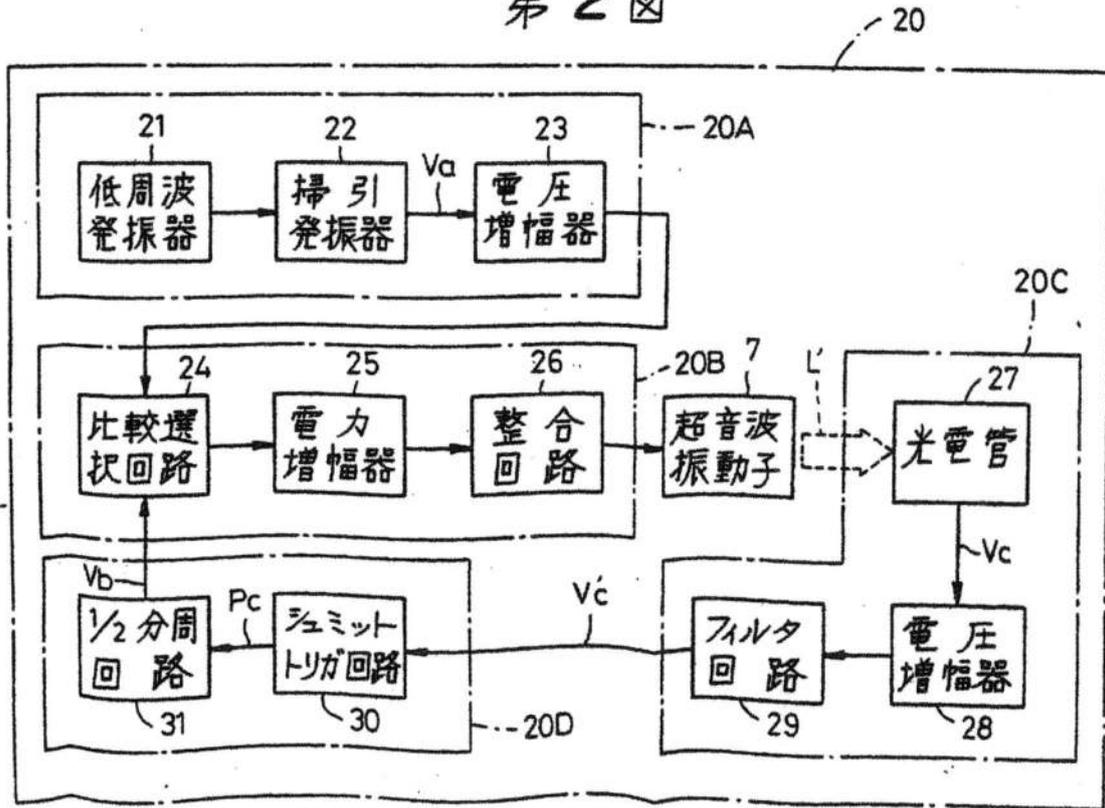
【符号の説明】

| | | | | | |
|-----|----------|-----|-----------|------|---------|
| 1 | 光源 | 6 b | 窓 | 11 | 反射鏡 |
| 2 | コンデンサレンズ | 7 | 超音波振動子 | 20 | 定在波形成回路 |
| 3 | スリット | 8 | 反射板 | 20 A | 発振回路 |
| 4 | コリメータレンズ | 9 | 液 | 20 B | 駆動回路 |
| 5 | 液槽 | 10 | シュリーレンレンズ | 20 C | 検出回路 |
| 6 a | 窓 | | | 20 D | 発振回路 |

第 1 図



第 2 図



第 3 図

