

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7296865号
(P7296865)

(45)発行日 令和5年6月23日(2023.6.23)

(24)登録日 令和5年6月15日(2023.6.15)

(51)国際特許分類 F I
G 0 1 N 35/02 (2006.01) G 0 1 N 35/02 D
G 0 1 N 35/00 (2006.01) G 0 1 N 35/00 F

請求項の数 2 (全20頁)

(21)出願番号	特願2019-218793(P2019-218793)	(73)特許権者	501387839 株式会社日立ハイテク 東京都港区虎ノ門一丁目17番1号
(22)出願日	令和1年12月3日(2019.12.3)	(74)代理人	110000350 ポレール弁理士法人
(65)公開番号	特開2021-89177(P2021-89177A)	(72)発明者	高麗 友輔 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
(43)公開日	令和3年6月10日(2021.6.10)	(72)発明者	稲邊 利幸 東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内
審査請求日	令和4年8月16日(2022.8.16)	(72)発明者	宮本 隼佑 東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内
		審査官	佐々木 崇

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 化学分析装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

反応容器の内部で、サンプルと試薬とを音波により攪拌し、圧電素子で前記音波を発生し、前記音波を検出する音波センサを有する攪拌機構と、前記攪拌機構を制御するコントローラと、を有し、

前記コントローラは、前記音波センサで検出された検出信号を処理する音波検出部と、健全時情報を記憶する健全情報メモリと、前記音波検出部から伝送された音波の周波数と前記健全情報メモリに記憶された音波の周波数とを比較する、又は、検出された送信波形の振幅と前記健全情報メモリに記憶された送信波形の振幅とを比較する信号強度判定部と、前記音波検出部から伝送された音波の周期特性と前記健全情報メモリに記憶された音波の周期特性とを比較する繰返し周期判定部と、を有し、

前記音波検出部から伝送された音波の周期特性が、振幅検出時間と振幅不検出時間との割合又は検出信号における伝搬時間であり、前記健全情報メモリに記憶された音波の周期特性が、振幅存在時間と振幅不存在時間との割合又は健全時信号における伝搬時間であることを特徴とする化学分析装置。

【請求項2】

請求項1に記載する化学分析装置であって、

前記信号強度判定部における比較結果と前記繰返し周期判定部における比較結果とに基づいて、前記圧電素子の劣化及び前記反応容器の健全性を判定する劣化判定部を有することを特徴とする化学分析装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、化学分析装置に関する。

【背景技術】

【0002】

化学や医用などの分野における分析では、サンプルと試薬との被攪拌物の微量化が進んでいる。また、超音波を照射することにより、サンプルと試薬とを攪拌し、混合する場合がある。

【0003】

こうした本技術分野の背景技術として、特開2015-25678号公報（特許文献1）がある。特許文献1には、分析前や分析中の攪拌動作において、反応容器内の被攪拌物の液性に対して、記憶部にて設定された圧電素子から発生させる超音波の強度の設定値と、反応容器内の被攪拌物を通過し、検出部にて検出された超音波の強度の検出値と、を制御部にて比較することにより、反応容器内の被攪拌物に対して、圧電素子から超音波が適切な条件で照射されたか否かを判断する自動分析装置が記載されている（要約参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2015-25678号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1には、圧電素子から超音波が適切な条件で照射されたか否かを判断する自動分析装置が記載されている。

【0006】

しかし、特許文献1には、超音波の照射条件が適正か否かを判断する自動分析装置（化学分析装置）は記載されているものの、圧電素子の劣化の診断、反応容器の変形や位置ずれの診断、及び、反応容器内の被攪拌物の液量の健全性の診断を実現することについては、記載されていない。

【0007】

そこで、本発明は、圧電素子の劣化の診断のみならず、反応容器の変形や位置ずれの診断及び反応容器内の被攪拌物の液量の健全性の診断を実現し、攪拌性能の信頼性が高い化学分析装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記した課題を解決するため、本発明の化学分析装置は、反応容器の内部で、サンプルと試薬とを音波により攪拌し、圧電素子で音波を発生し、音波を検出する音波センサを有する攪拌機構と、攪拌機構を制御するコントローラと、を有し、コントローラは、音波センサで検出された検出信号を処理する音波検出部と、健全時情報を記憶する健全情報メモリと、音波検出部から伝送された音波の周波数と健全情報メモリに記憶された音波の周波数とを比較する、又は、検出された送信波形の振幅と健全情報メモリに記憶された送信波形の振幅とを比較する信号強度判定部と、音波検出部から伝送された音波の周期特性と健全情報メモリに記憶された音波の周期特性とを比較する繰返し周期判定部と、を有し、音波検出部から伝送された音波の周期特性が、振幅検出時間と振幅不検出時間との割合又は検出信号における伝搬時間であり、健全情報メモリに記憶された音波の周期特性が、振幅存在時間と振幅不存在時間との割合又は健全時信号における伝搬時間であることを特徴とする。

【0009】

そして、本発明の化学分析装置は、更に、信号強度判定部における比較結果と繰返し周

10

20

30

40

50

期判定部における比較結果とに基づいて、圧電素子の劣化及び反応容器の健全性を判定する劣化判定部を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、圧電素子の劣化の診断のみならず、反応容器の変形や位置ずれの診断及び反応容器内の被攪拌物の液量の健全性の診断を実現し、攪拌性能の信頼性が高い化学分析装置を提供することができる。

【0011】

なお、上記した課題、構成及び効果については、下記する実施例の説明により、明らかにされる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】実施例1に記載する化学分析装置の全体的な装置構成を説明する説明図である。

【図2】実施例1に記載する攪拌機構109を説明する断面図である。

【図3】実施例1に記載する駆動ユニット205を説明するブロック図である。

【図4】実施例1に記載する信号ユニット214を説明するブロック図である。

【図5】音波発生部201から音波センサ213へ伝搬する音波の伝搬路を説明する説明図である。

【図6】音波伝搬路501における音波の送信波形及び受信波形を説明する概略図である。

【図7】音波伝搬路502における音波の送信波形及び受信波形を説明する概略図である。

【図8】音波伝搬路503における音波の送信波形及び受信波形を説明する概略図である。

【図9】音波伝搬路501、音波伝搬路502及び音波伝搬路503における音波の送信波形及び受信波形を説明する概略図である。

【図10】実施例1に記載する圧電素子の劣化及び反応容器102の健全性を診断するためのフローチャートである。

【図11】実施例1に記載する圧電素子の劣化及び反応容器102の健全性を診断するための診断テーブルである。

【図12】実施例1に記載するケース(A)における音波の送信波形及び受信波形を説明する概略図である。

【図13】実施例1に記載するケース(B1)における音波の送信波形及び受信波形を説明する概略図である。

【図14】実施例1に記載するケース(B2)における音波の送信波形及び受信波形を説明する概略図である。

【図15】実施例1に記載するケース(C)における音波の送信波形及び受信波形を説明する概略図である。

【図16】実施例1に記載するケース(D1)における音波の送信波形及び受信波形を説明する概略図である。

【図17】実施例1に記載するケース(D2)における音波の送信波形及び受信波形を説明する概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、図面を使用して、本発明の実施例を説明する。なお、実質的に同一又は類似の構成には、同一の符号を付し、説明が重複する場合には、その説明を省略する場合がある。

【実施例1】

【0014】

まず、実施例1に記載する化学分析装置の全体的な装置構成を説明する。

【0015】

図1は、実施例1に記載する化学分析装置の全体的な装置構成を説明する説明図である。

【0016】

化学分析装置は、反応容器102を格納する反応ディスク101と、反応ディスク10

10

20

30

40

50

1に格納される反応容器102の恒温状態を保持する恒温槽114と、サンプルカップ104を収納するサンプル用ターンテーブル103と、試薬ボトル105を格納する試薬用ターンテーブル106と、サンプルを反応容器102に分注するサンプル分注機構107と、試薬を反応容器102に分注する試薬分注機構108と、分注されたサンプルと分注された試薬とを反応容器102内で攪拌する攪拌機構109と、反応容器102内の被攪拌物（以下、検体と称す）の反応中及び/又は反応後の吸光度を測定する測光機構110と、測定が終了した後に、反応容器102を洗浄する洗浄機構111と、を有する。

【0017】

そして、化学分析装置は、サンプル用ターンテーブル103と、試薬用ターンテーブル106と、サンプル分注機構107と、試薬分注機構108と、攪拌機構109と、測光機構110と、洗浄機構111と、を制御するコントローラ112と、入出力装置としてのコンソール113と、を有する。

10

【0018】

そして、化学分析装置は、以下のように、動作する。

(1) サンプルカップ104から、サンプル分注機構107により、反応容器102にサンプルが分注される。

(2) サンプルが分注された反応容器102が格納された反応ディスク101が、試薬分注位置まで回転する。

(3) 試薬ボトル106から、試薬分注機構108により、サンプルが分注された反応容器102に試薬が分注される。

20

(4) サンプル及び試薬が分注された反応容器102が格納された反応ディスク101が、攪拌位置まで回転する。

(5) 攪拌機構109により、反応容器102内のサンプルと試薬とを攪拌（以下、混合も含む場合がある）する。

(6) 攪拌が終了した反応容器102が格納された反応ディスク101が、吸光度の測定位置まで回転する。

(7) 測光機構110により、サンプルと試薬との反応中及び/又は反応後の検体の吸光度を測定する。

(8) 測定が終了した反応容器102が格納された反応ディスク101が、洗浄位置まで回転する。

30

(9) 洗浄機構111により、測定が終了した反応容器102内の検体を吸引し、反応容器102を洗浄する。

【0019】

なお、これら一連の動作及び反応ディスク101の回転のタイミングは、コントローラ112により、制御され、これら一連の動作は、複数のサンプルに対して、逐一、バッチ処理的に実行される。

【0020】

なお、分析を実行する前に、事前に、コンソール113から、分析項目、サンプルの量や試薬の量などの情報を入力する。そして、コントローラ112で、自動的に分析プログラムが作成され、この分析プログラムに基づいて動作する。

40

【0021】

また、音波センサ213（図2参照）で検出された検出信号（受信波形）は、コントローラ112（信号ユニット214（図2参照））で処理され、コンソール113に処理された結果が表示される。

【0022】

次に、実施例1に記載する攪拌機構109を説明する。

【0023】

図2は、実施例1に記載する攪拌機構109を説明する断面図である。

【0024】

恒温槽114は、恒温水204を満し、反応容器102は、恒温水204に浸るように

50

設置される。反応容器 102 には、検体 211 が注入されている。

【0025】

攪拌機構 109 は、恒温槽 114 の内壁（例えば、内壁の内周側）に設置される音波発生部 201 と、恒温槽 114 の内壁（例えば、内壁の外周側）に設置される音波反射部 202 と、音波反射部 202 の下方に設置される音波センサ 213 と、有する。

【0026】

音波発生部 201 から発生した音波は、恒温水 204 を伝搬し、反応容器 102 の側面から、反応容器 102 に照射され、反応容器 102 に注入されている検体 211 を攪拌し、サンプルと試薬とを混合する。なお、音波は、超音波であることが好ましい。

【0027】

一般に、液体中を伝搬する音波は、自由液面に到達すると、液体は気体に飛び出すような力が作用する。音響放射圧が主要因である。このため、音波発生部 201 から発生した音波は、反応容器 102 に注入されている検体 211 の液面よりも、下方に向かって（液面がない方向に）照射される。

【0028】

また、音波発生部 201 から発生した音波は、音波反射部 202 で反射し、恒温水 204 を伝搬し、反応容器 102 の側面から、反応容器 102 に照射され、反応容器 102 に注入されている検体 211 を攪拌し、サンプルと試薬とを混合する。

【0029】

音波反射部 202 は、音波発生部 201 から発生した音波を、下方に向かって反射するように、傾斜を有する。これにより、音波反射部 202 で反射し、反応容器 102 に照射される音波は、下方に向かって（液面がない方向に）照射される。

【0030】

このように、攪拌機構 109 は、検体 211 を非接触で攪拌する。

【0031】

また、音波発生部 201 は、上下方向（縦方向）にアレイ状に設置され、それぞれが独立に駆動するセグメント 207 を有する。セグメント 207 は、電極と電極との間に圧電材料を有し、圧電素子から構成され、音波を発生する。なお、音波発生部 201 は、超音波素子であることが好ましい。

【0032】

つまり、攪拌機構 109 は、恒温槽 114 の対面する、それぞれ側面に、音波を発生する音波発生部 201 と、音波を反射する音波反射部 202 と、有する。そして、音波発生部 201 と音波反射部 202 との間に、反応容器 102 を設置する。

【0033】

音波センサ 213 は、音波発生部 201 から反応容器 102 を通過する音波であって、（1）直接的に、伝搬する音波、（2）音波反射部 202 を経由して、伝搬する音波、（3）反応容器 102 の気液界面で反射して、伝搬する音波、などを検出する。なお、音波センサ 213 は、伝搬する音波を圧力変化として感知し、電気信号（検出信号）に変換する。

【0034】

また、コントローラ 112 は、音波発生部 201 の駆動を制御する駆動ユニット 205 と、音波センサ 213 で検出された検出信号を処理する信号ユニット 214 と、を有する。駆動ユニット 205 は、コンソール 113 から情報 206 を受信し、信号ユニット 214 は、コンソール 113 に情報 215 を送信する。

【0035】

次に、実施例 1 に記載する駆動ユニット 205 を説明する。

【0036】

図 3 は、実施例 1 に記載する駆動ユニット 205 を説明するブロック図である。

【0037】

駆動ユニット 205 は、検体情報メモリ 301 と、使用素子判定器 302 と、制御器 3

10

20

30

40

50

03と、波形発生器304と、増幅器305と、可変整合回路306と、切替器307と、を有する。

【0038】

検体情報メモリ301は、コンソール113より受信した情報206を記憶する。情報206は、検体情報であり、検体211を攪拌するための攪拌条件の設定に必要な情報である。例えば、検体情報は、反応容器102で攪拌する検体211の液量（サンプルの量や試薬の量、サンプルの量と試薬の量との割合）、検体211の粘性、反応容器102の形状などである。

【0039】

使用素子判定器302は、検体情報と攪拌条件との対応情報を有する。そして、使用素子判定器302は、検体情報メモリ301から伝送された検体情報に適合する攪拌条件を判定する。つまり、使用素子判定器302は、事前に記憶された対応情報に基づいて、伝送された検体情報に適合する攪拌条件を決定する。なお、攪拌条件とは、例えば、音波の振幅、音波の周波数、音波の周期、駆動するセグメント207の組合せ、音波の照射時間（攪拌時間）などである。

10

【0040】

制御器303は、使用素子判定器302から伝送された攪拌条件（設定情報）に基づいて、波形発生器304、可変整合回路306、切替器307へ、制御信号を伝送する。

【0041】

波形発生器304は、伝送された設定情報に基づいて、波形信号を発生する。

20

【0042】

増幅器305は、波形発生器304で発生した波形信号を増幅する。

【0043】

可変整合回路306は、増幅器305と切替器307との間のインピーダンス差を調整する。

【0044】

切替器307は、ON/OFF制御により、音波発生部201の駆動を制御する。つまり、切替器307は、圧電素子のON/OFFを、スイッチで制御する。例えば、反応容器102で攪拌する検体211の液量から、反応容器102に注入されている検体211の液面の高さを計算し、最適な音波照射領域が決定される。

30

【0045】

そして、この音波照射領域に対応するセグメント207を決定し、音波発生部201（圧電素子）を駆動する。

【0046】

なお、音波発生部201（圧電素子）には、駆動ユニット205から、振幅（出力）変調された波形信号（電圧）が印加される。このため、音波発生部201（圧電素子）から発生した音波も、振幅変調に応じた音波になり、振幅変調に応じた音波が反応容器102に照射される。

【0047】

このように、攪拌される検体211に対して最適な音波であって、反応容器102で攪拌する検体211の液量に対して最適なセグメント207が決定される。そして、決定された圧電素子に電力が供給され、音波が発生する。

40

【0048】

次に、実施例1に記載する信号ユニット214を説明する。

【0049】

図4は、実施例1に記載する信号ユニット214を説明するブロック図である。

【0050】

信号ユニット214は、劣化判定部401と、信号強度判定部402と、繰返し周期判定部403と、音波検出部404と、健全情報メモリ405と、を有する。

【0051】

50

音波検出部 404 は、音波センサ 213 で検出された検出信号を、処理（アナログ/デジタル変換）する。そして、音波検出部 404 でアナログ/デジタル変換された検出信号は、信号強度判定部 402 と繰返し周期判定部 403 とに、伝送される。

【0052】

健全情報メモリ 405 は、健全時情報を記憶する。健全時情報とは、例えば、反応容器 102 で攪拌する検体 211 の液量、サンプルの量と試薬の量との割合、検体 211 の粘性、反応容器 102 の形状、音波の振幅、音波の周波数、音波の周期（振幅存在時間と振幅不存在時間）、駆動するセグメント 207 の組合せ、音波の照射時間（攪拌時間）などに対する健全時に受信されるべき健全時信号である。

【0053】

また、健全時情報には、健全時の送信周期 $T T$ 、健全時の受信周期 $R R$ 、健全時の送信波形の振幅 $T T - A$ 、健全時の送信波形の周波数 $T T - F$ 、健全時の受信波形の伝搬時間 $t t$ 、健全時の振幅存在時間 $R - O N$ と健全時の振幅不存在時間 $R - O F F$ との割合が含まれる。

【0054】

信号強度判定部 402 は、音波検出部 404 から伝送された検出信号と、健全情報メモリ 405 に記憶される健全時信号と、を比較する。特に、検出信号における音波の振幅や音波の周波数と、健全時信号における音波の振幅や音波の周波数と、を比較する。

【0055】

そして、劣化判定部 401 は、これらの差異が、事前に設定される所定の範囲以内の場合には、圧電素子は正常であると診断され、これらの差異が、事前に設定される所定の範囲よりも、大きい又は小さい場合には、圧電素子に異常があると診断され、圧電素子の劣化が診断される。

【0056】

繰返し周期判定部 403 は、音波検出部 404 から伝送された検出信号と、健全情報メモリ 405 に記憶される健全時信号と、を比較する。

【0057】

つまり、繰返し周期判定部 403 は、検出信号における音波の周期特性と健全時信号における音波の周期特性とを比較する。特に、検出信号における音波の周期（振幅検出時間と振幅不検出時間）と、健全時信号における音波の周期（振幅存在時間と振幅不存在時間）と、を比較する。

【0058】

具体的には、（振幅検出時間と振幅不検出時間との合計時間）と（振幅存在時間と振幅不存在時間との合計時間）とを比較し、又は / 及び、（振幅検出時間と振幅不検出時間との割合）と（振幅存在時間と振幅不存在時間との割合）とを比較する。そして、検出信号における伝搬時間と健全時信号における伝搬時間とを比較する。

【0059】

そして、劣化判定部 401 は、これら合計時間や割合の差異又は伝搬時間が、事前に設定される所定の範囲以内の場合には、反応容器 102 の変形や位置ずれはなく、反応容器 102 内の検体 211 の液量は正常であると診断される。

【0060】

一方、劣化判定部 401 は、これら合計時間や割合の差異又は伝搬時間が、事前に設定される所定の範囲よりも、大きい又は小さい場合には、反応容器 102 の変形や位置ずれがあり、反応容器 102 内の検体 211 の液量に異常があると診断される。

【0061】

つまり、これにより、反応容器 102 の変形や位置ずれ、及び、反応容器 102 内の検体 211 の液量の健全性が診断される。

【0062】

劣化判定部 401 は、信号強度判定部 402 における比較結果と繰返し周期判定部 403 における比較結果とに基づいて、圧電素子の劣化、反応容器 102 の変形や位置ずれ、

10

20

30

40

50

反応容器 102 内の検体 211 の液量の健全性を判定（診断）する。そして、劣化判定部 401 は、判定結果（処理された結果）を、情報 215 として、コンソール 113 に送信し、コンソール 113 は、判定結果を表示する。

【0063】

つまり、実施例 1 では、健全時の音波の特性と検出された音波の特性とを比較することにより、圧電素子の劣化の診断のみならず、反応容器 102 の変形や位置ずれの診断及び反応容器 102 内の検体 211 の液量の健全性の診断を実現することができる。

【0064】

ここで、音波の特性とは、音波の振幅（送信波形の振幅 $TT - A$ ）、音波の周波数（送信波形の周波数 $TT - F$ ）、及び、音波の周期（振幅検出時間 $R - ON$ と振幅不検出時間 $R - OFF$ ）、送信周期 TT 、受信周期 RR 、受信波形の伝搬時間 tt 、振幅検出時間 $R - ON$ と振幅不検出時間 $R - OFF$ との割合である。

10

【0065】

また、音波の周期特性とは、音波の周期（振幅検出時間 $R - ON$ と振幅不検出時間 $R - OFF$ ）、送信周期 TT 、受信周期 RR 、受信波形の伝搬時間 tt 、振幅検出時間 $R - ON$ と振幅不検出時間 $R - OFF$ との割合である。

【0066】

このように、実施例 1 に記載する化学分析装置は、例えば、サンプルを反応容器 102 に分注するサンプル分注機構 107 と、試薬を反応容器 102 に分注する試薬分注機構 108 と、分注されたサンプルと分注された試薬とを反応容器 102 内で音波により攪拌する攪拌機構 109 と、反応容器 102 内の検体 211 の反応中及び／又は反応後の吸光度を測定する測光機構 110 と、測定が終了した後に、反応容器 102 を洗浄する洗浄機構 111 と、サンプル分注機構 107 と試薬分注機構 108 と攪拌機構 109 と測光機構 110 と洗浄機構 111 とを制御するコントローラ 112 と、入出力装置としてのコンソール 113 と、を有する。

20

【0067】

そして、コントローラ 112 は、攪拌機構 109 の音波発生部 201 の駆動を制御する駆動ユニット 205 と、攪拌機構 109 の音波センサ 213 で検出された検出信号を処理する信号ユニット 214 と、を有する。

【0068】

そして、信号ユニット 214 は、音波センサ 213 で検出された検出信号をアナログ／デジタル変換する音波検出部 404 と、健全時情報を記憶する健全情報メモリ 405 と、音波検出部 404 から伝送された音波の振幅や音波の周波数と健全情報メモリ 405 に記憶される音波の振幅や音波の周波数とを比較する信号強度判定部 402 と、音波検出部 404 から伝送された音波の周期と健全情報メモリ 405 に記憶される音波の周期とを比較する繰返し周期判定部 403 と、信号強度判定部 402 における比較結果と繰返し周期判定部 403 における比較結果とに基づいて、圧電素子の劣化及び反応容器 102 の健全性（反応容器 102 の変形や位置ずれ、反応容器 102 内の検体 211 の液量の健全性）を判定する劣化判定部 401 と、を有する。

30

【0069】

このように、実施例 1 によれば、特に、音波の周期などを使用し、反応容器 102 の変形や位置ずれの診断及び反応容器 102 内の検体 211 の液量の健全性の診断を実現することができる、攪拌性能の信頼性が高い化学分析装置を提供することができる。

40

【0070】

また、実施例 1 によれば、強い攪拌力を有し、検体 211 を十分に攪拌することができ、一方、検体 211 の液面が盛り上がり、検体 211 が反応容器 102 から飛散する恐れはない。

【0071】

また、実施例 1 によれば、音波センサ 213 により、攪拌中に、検出信号を検出することができ、検出信号は、検体 211 の液面の挙動（揺れ）も反映する。

50

【 0 0 7 2 】

次に、音波発生部 2 0 1 から音波センサ 2 1 3 へ伝搬する音波の伝搬路を説明する。

【 0 0 7 3 】

図 5 は、音波発生部 2 0 1 から音波センサ 2 1 3 へ伝搬する音波の伝搬路を説明する説明図である。

【 0 0 7 4 】

音波発生部 2 0 1 から音波センサ 2 1 3 へ伝搬路としては、(1) 直接的に、伝搬する音波伝搬路 5 0 1、(2) 音波反射部 2 0 2 を経由して、伝搬する音波伝搬路 5 0 2、(3) 反応容器 1 0 2 の気液界面で反射して、伝搬する音波伝搬路 5 0 3 など、の伝搬路がある。

10

【 0 0 7 5 】

次に、各音波伝搬路における音波の送信波形(送信信号)及び受信波形(受信信号)を説明する。以下の図面は、横軸に時間、縦軸に振幅を示す。

【 0 0 7 6 】

図 6 は、音波伝搬路 5 0 1 における音波の送信波形及び受信波形を説明する概略図である。

【 0 0 7 7 】

音波伝搬路 5 0 1 における音波の送信波形では、送信周期 T (1 周期) は、音波の照射時間(電流の印加時間) $T - O N$ と音波の否照射時間(電流の否印加時間) $T - O F F$ とからなる。

20

【 0 0 7 8 】

なお、送信周期 T は、音波発生部 2 0 1 を駆動する駆動回路に流れる電流を検出し、示される。また、送信周期 T は、反応容器 1 0 2 の形状や検体 2 1 1 の液量などにより調整される。

【 0 0 7 9 】

音波伝搬路 5 0 1 における音波の受信波形では、受信周期 $R 6$ (1 周期) は、音波の検出時間(振幅検出時間) $R - O N 6$ と音波の否検出時間(振幅不検出時間) $R - O F F 6$ とからなる。

【 0 0 8 0 】

なお、受信波形は、音波発生部 2 0 1 から発生した音波が、恒温水 2 0 4、反応容器 1 0 2、検体 2 1 1 を通過し、音波センサ 2 1 3 に伝搬するため、伝搬時間 $t 6$ が経過した後を検出される。

30

【 0 0 8 1 】

また、受信周期 $R 6$ と送信周期 T とは、同等の信号周期を示す。なお、受信周期 $R 6$ と送信周期 T とが同等の信号周期であっても、反応容器 1 0 2 の変形や位置ずれがあり、反応容器 1 0 2 内の検体 2 1 1 の液量に異常がある場合には、検出時間 $R - O N 6$ と否検出時間 $R - O F F 6$ との割合と、照射時間 $T - O N$ と否照射時間 $T - O F F$ との割合と、が変化する場合がある。

【 0 0 8 2 】

また、音波の周波数は $M H z$ オーダであるが、音波の周期は数十 $H z$ オーダである。

40

【 0 0 8 3 】

図 7 は、音波伝搬路 5 0 2 における音波の送信波形及び受信波形を説明する概略図である。

【 0 0 8 4 】

音波伝搬路 5 0 2 における音波の送信波形では、図 6 と同様である。

【 0 0 8 5 】

音波伝搬路 5 0 2 における音波の受信波形でも、図 6 と概ね同様である。受信周期 $R 7$ (1 周期) は、音波の検出時間(振幅検出時間) $R - O N 7$ と音波の否検出時間(振幅不検出時間) $R - O F F 7$ とからなる。

【 0 0 8 6 】

50

なお、受信波形は、音波発生部 201 から発生した音波が、恒温水 204、反応容器 102、検体 211 を通過し、音波反射部 202 を経由し、音波センサ 213 に伝搬するため、伝搬時間 t_7 が経過した後に検出される。なお、伝搬時間 t_7 は、伝搬時間 t_6 よりも長い。

【0087】

図 8 は、音波伝搬路 503 における音波の送信波形及び受信波形を説明する概略図である。

【0088】

音波伝搬路 503 における音波の送信波形では、図 6 や図 7 と同様である。

【0089】

音波伝搬路 503 における音波の受信波形でも、図 6 や図 7 と概ね同様である。受信周期 R_8 (1 周期) は、音波の検出時間 (振幅検出時間) $R-ON_8$ と音波の否検出時間 (振幅不検出時間) $R-OFF_8$ とからなる。

【0090】

なお、受信波形は、音波発生部 201 から発生した音波が、恒温水 204、反応容器 102、検体 211 を通過し、反応容器 102 の気液界面で反射し、音波センサ 213 に伝搬するため、伝搬時間 t_8 が経過した後に検出される。なお、伝搬時間 t_8 は、伝搬時間 t_6 や伝搬時間 t_7 よりも長い。

【0091】

図 9 は、音波伝搬路 501、音波伝搬路 502 及び音波伝搬路 503 における音波の送信波形及び受信波形を説明する概略図である。

【0092】

音波伝搬路 501、音波伝搬路 502 及び音波伝搬路 503 における音波の送信波形では、図 6、図 7、図 8 と同様である。

【0093】

音波伝搬路 501、音波伝搬路 502 及び音波伝搬路 503 における音波の受信波形では、受信周期 R_9 (1 周期) は、音波の検出時間 (振幅検出時間) $R-ON_9$ と音波の否検出時間 (振幅不検出時間) $R-OFF_9$ とからなる。

【0094】

なお、受信波形は、音波発生部 201 から発生した、音波伝搬路 501、音波伝搬路 502 及び音波伝搬路 503 を伝搬した音波が、音波センサ 213 に伝搬するため、伝搬時間 t_9 が経過した後に検出される。なお、伝搬時間 t_9 は、伝搬時間 t_6 と同等である。

【0095】

また、検出時間 $R-ON_9$ は、3 つ受信波形が重なるため、検出時間 $R-ON_6$ 、検出時間 $R-ON_7$ 、検出時間 $R-ON_8$ よりも長くなり、振幅も変化する。

【0096】

このように音波センサ 213 では、重なっている 3 つ受信波形が、検出される。そして、特に、この受信波形の周期など (音波の周期など) を使用することにより、反応容器 102 の変形や位置ずれの診断及び反応容器 102 内の検体 211 の液量の健全性の診断を実現することができる。

【0097】

次に、実施例 1 に記載する圧電素子の劣化及び反応容器 102 の健全性を診断するためのフローを説明する。

【0098】

図 10 は、実施例 1 に記載する圧電素子の劣化及び反応容器 102 の健全性を診断するためのフローチャートである。

【0099】

S1 では、音波発生部 201 から音波を発生させ、検体 211 を攪拌する。

【0100】

S2 では、音波センサ 213 で伝搬した音波 (検出信号) を検出する。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 1 】

S 3では、駆動回路に流れる電流を検出し、送信波形の振幅、送信波形の周波数、送信周期 T（これらを送信波情報と称す）を、一般的な手法を使用して、算出する。

【 0 1 0 2 】

S 4では、音波センサ 2 1 3 で検出された検出信号を使用して、受信波形の振幅、受信波形の周波数、受信周期 R 9、伝搬時間 t 9（これらを受信波情報と称す）を、一般的な手法を使用して、算出する。

【 0 1 0 3 】

S 5では、送信波情報と健全時情報とを比較し、受信波情報と健全時情報とを比較する。

【 0 1 0 4 】

S 6では、圧電素子の劣化及び反応容器 1 0 2 の健全性を診断する。つまり、状態を判定する。

【 0 1 0 5 】

判定では、以下に分類される。

(A) 良好な攪拌状態を維持している。

(B) 圧電素子が劣化している。

(C) 反応容器 1 0 2 の変形や位置ずれが発生している。

(D) 反応容器 1 0 2 内の検体 2 1 1 の液量が変化している。

【 0 1 0 6 】

なお、(A) は健全状態であり、(B) (C) (D) は異常状態である。

【 0 1 0 7 】

S 7では、(A) の場合に、現状の駆動状態を維持する。

【 0 1 0 8 】

S 8では、(B) (C) (D) の場合に、コンソール 1 1 3 にエラーを表示し、エラーを処理する。なお、(B) の場合であって、出力低下と判定された場合には、圧電素子に印加される電圧の振幅を修正して、攪拌性能を回復させることもできる。また、攪拌性能を回復させることができないようなエラーの場合には、攪拌を一時停止する。

【 0 1 0 9 】

このように、実施例 1 によれば、特に、受信波形の周期を使用することにより、反応容器 1 0 2 の変形や位置ずれの診断及び反応容器 1 0 2 内の検体 2 1 1 の液量の健全性の診断を実現することができる。

【 0 1 1 0 】

そして、実施例 1 によれば、圧電素子の劣化の診断の精度も向上させ、反応容器 1 0 2 の変形や位置ずれの診断及び反応容器 1 0 2 内の検体 2 1 1 の液量の健全性の診断を実現し、攪拌性能の信頼性が高い化学分析装置を提供することができる。

【 0 1 1 1 】

次に、実施例 1 に記載する圧電素子の劣化及び反応容器 1 0 2 の健全性を診断するための診断テーブルを説明する。

【 0 1 1 2 】

図 1 1 は、実施例 1 に記載する圧電素子の劣化及び反応容器 1 0 2 の健全性を診断するための診断テーブルである。

【 0 1 1 3 】

図 1 1 に示す診断テーブルでは、例えば、攪拌状態として、健全状態 1 ケース (A) と異常状態 5 ケース (B 1) (B 2) (C) (D 1) (D 2) とに分類される。

【 0 1 1 4 】

健全状態 (A) の判定は、検出される送信周期 T と健全情報メモリ 4 0 5 に記憶される健全時の送信周期 T T とが一致し、かつ、検出される受信周期 R と健全情報メモリ 4 0 5 に記憶される健全時の受信周期 R R とが一致する場合 (比較結果) が該当する。

【 0 1 1 5 】

なお、一致や不一致の判定は、圧電素子や駆動回路の性能のばらつきや揺らぎを考慮し

10

20

30

40

50

、事前に所定の範囲を設定して、判定する。

【 0 1 1 6 】

異常状態 (B 1) の判定は、検出される送信波形の振幅 $T - A$ と健全情報メモリ 4 0 5 に記憶される健全時の送信波形の振幅 $T T - A$ とが不一致となる場合 (比較結果) が該当する。そして、この判定の場合は、出力低下と判定される。故障モードとしては、圧電素子の劣化と判定される。

【 0 1 1 7 】

異常状態 (B 2) の判定は、検出される送信波形の周波数 $T - F$ と健全情報メモリ 4 0 5 に記憶される健全時の送信波形の周波数 $T T - F$ とが不一致となる場合 (比較結果) が該当する。そして、この判定の場合は、圧電素子の厚みなどの寸法や圧電素子の物性値が変化することによる周波数シフトと判定される。故障モードとしては、圧電素子の劣化と判定される。

10

【 0 1 1 8 】

異常状態 (C) の判定は、検出される受信波形の伝搬時間 t と健全情報メモリ 4 0 5 に記憶される健全時の受信波形の伝搬時間 $t t$ とが不一致となる場合 (比較結果) が該当する。そして、この判定の場合は、伝搬時間の変化と判定される。故障モードとしては、反応容器 1 0 2 の変形や位置ずれがあると判定される。

【 0 1 1 9 】

異常状態 (D 1) の判定は、検出される受信周期 R と健全情報メモリ 4 0 5 に記憶される健全時の受信周期 $R R$ とが不一致となる場合 (比較結果) が該当する。そして、この判定の場合は、受信周期 R よりも受信周期 $R R$ が長くなり、反応容器 1 0 2 内の検体 2 1 1 の液量が増加していると判定される。故障モードとしては、液量の増加と判定される。

20

【 0 1 2 0 】

異常状態 (D 2) の判定は、検出される受信周期 R と健全情報メモリ 4 0 5 に記憶される健全時の受信周期 $R R$ とが不一致となる場合 (比較結果) が該当する。そして、この判定の場合は、受信周期 R よりも受信周期 $R R$ が短くなり、反応容器 1 0 2 内の検体 2 1 1 の液量が減少していると判定される。故障モードとしては、液量の減少と判定される。

【 0 1 2 1 】

なお、これらの異常状態 5 ケースの内、複数のケースが発生した場合であっても、同時に検出することができる。例えば、異常状態 (B 1) と異常状態 (C) とが同時に発生した場合、圧電素子の劣化と反応容器 1 0 2 の変形や位置ずれがあると、それぞれ独立した判定基準により、同時に異常状態を判定することができる。また、例えば、異常状態 (B 2) と異常状態 (D 1) や異常状態 (D 2) とが同時に発生した場合も、それぞれ独立した判定基準により、同時に異常状態を判定することができる。

30

【 0 1 2 2 】

次に、各ケースにおける音波の送信波形及び受信波形を説明する。以下の図面は、横軸に時間、縦軸に振幅を示す。

【 0 1 2 3 】

図 1 2 は、実施例 1 に記載するケース (A) における音波の送信波形及び受信波形を説明する概略図である。

40

【 0 1 2 4 】

図 1 2 に示すように、送信周期 T と受信周期 R とが検出され、これらと健全時の送信周期 $T T$ 及び健全時の受信周期 $R R$ とが比較される。

【 0 1 2 5 】

図 1 3 は、実施例 1 に記載するケース (B 1) における音波の送信波形及び受信波形を説明する概略図である。

【 0 1 2 6 】

図 1 3 に示すように、送信波形の振幅 $T - A$ が検出され、これと健全時の送信波形の振幅 $T T - A$ とが比較される。

【 0 1 2 7 】

50

図 1 4 は、実施例 1 に記載するケース (B 2) における音波の送信波形及び受信波形を説明する概略図である。

【 0 1 2 8 】

図 1 4 に示すように、送信波形の周波数 $T - F$ が検出され、これと健全時の送信波形の周波数 $T T - F$ とが比較される。なお、検出された送信波形を使用し、時間波形を周波数変換し、周波数とエネルギー密度との関係を導き、比較する (図 1 4 の下図参照) 。

【 0 1 2 9 】

図 1 5 は、実施例 1 に記載するケース (C) における音波の送信波形及び受信波形を説明する概略図である。

【 0 1 3 0 】

図 1 5 に示すように、受信波形の伝搬時間 t が検出され、これと健全時の受信波形の伝搬時間 $t t$ とが比較される。

【 0 1 3 1 】

例えば、伝搬時間 $t t$ と伝搬時間 $t 1 5 0$ とを比較し、伝搬時間 $t t$ と伝搬時間 $t 1 5 1$ とを比較する。伝搬時間 $t t$ と伝搬時間 $t 1 5 0$ との差と、伝搬時間 $t t$ と伝搬時間 $t 1 5 1$ との差とは、一定 (所定の範囲以内) ではない。

【 0 1 3 2 】

これは、反応容器 1 0 2 の変形や位置ずれがあることにより、音波伝搬路が変化するためである。つまり、伝搬時間 t の変化により、反応容器 1 0 2 の変形や位置ずれの診断を実現することができる。

【 0 1 3 3 】

図 1 6 は、実施例 1 に記載するケース (D 1) における音波の送信波形及び受信波形を説明する概略図である。

【 0 1 3 4 】

図 1 6 に示すように、受信周期 R が検出され、これと受信周期 $R R$ とが比較される。

【 0 1 3 5 】

また、受信周期 $R - O N 1 6$ の長さが変化する場合もある。つまり、受信周期 $R - O N 1 6$ と受信周期 $R - O F F 1 6$ との割合が変化する場合である。これは、健全時の振幅検出時間 $R - O N$ と健全時の振幅不検出時間 $R - O F F$ との割合と比較することにより、求まる。

【 0 1 3 6 】

液量の増加によって、伝搬する音波が液面の揺れの影響を受ける時間の割合が変化するため、送信周期 $T - O N$ で伝搬する音波のうち、受信周期 $R - O N 1 6$ の長さ (振幅時間) が変化する。

【 0 1 3 7 】

図 1 7 は、実施例 1 に記載するケース (D 2) における音波の送信波形及び受信波形を説明する概略図である。

【 0 1 3 8 】

図 1 7 に示すように、受信周期 R が検出され、これと受信周期 $R R$ とが比較される。

【 0 1 3 9 】

また、受信周期 $R - O N 1 7 0$ の長さが変化する場合もある。つまり、受信周期 $R - O N 1 7 0$ と受信周期 $R - O F F 1 7 0$ との割合が変化する場合である。これは、健全時の振幅検出時間 $R - O N$ と健全時の振幅不検出時間 $R - O F F$ との割合と比較することにより、求まる。

【 0 1 4 0 】

液量の減少によって、伝搬する音波が液面の揺れの影響を受ける時間の割合が変化するため、送信周期 $T - O N$ で伝搬する音波のうち、受信周期 $R - O N 1 7 0$ の長さ (振幅時間) が変化する。

【 0 1 4 1 】

また、液量の減少により、1 周期分の受信波形が検出されない場合もある (図 1 7 参照

10

20

30

40

50

)。

【0142】

実施例1に記載する化学分析装置は、反応容器102の内部でサンプルと試薬とを音波により攪拌し、圧電素子から音波を発生する音波発生部201及び音波を検出する音波センサ213を有する攪拌機構109と、反応容器102内の検体211の吸光度を測定する測光機構110と、攪拌機構109と測光機構110と洗浄機構111とを制御するコントローラ112と、を有する。

【0143】

そして、コントローラ112は、音波センサ213で検出された検出信号を処理する音波検出部404と、健全時情報を記憶する健全情報メモリ405と、音波検出部404から伝送された音波の振幅や音波の周波数と健全情報メモリ405に記憶される音波の振幅や音波の周波数とを比較する信号強度判定部402と、音波検出部404から伝送された音波の周期特性と健全情報メモリ405に記憶される音波の周期特性とを比較する繰返し周期判定部403と、信号強度判定部402における比較結果と繰返し周期判定部403における比較結果とに基づいて、圧電素子の劣化及び反応容器102の健全性を判定する劣化判定部401と、を有する。

10

【0144】

このように、実施例1によれば、特に、音波の周期特性も使用し、異常状態にある化学分析装置を、迅速に復旧することができ、圧電素子の劣化の診断のみならず、反応容器102の変形や位置ずれの診断及び反応容器102内の検体211の液量の健全性の診断

20

【0145】

なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために、具体的に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を有するものに限定されるものではない。

【符号の説明】

【0146】

101...反応ディスク、102...反応容器、103...サンプル用ターンテーブル、104...サンプルカップ、105...試薬ボトル、106...試薬用ターンテーブル、107...サンプル分注機構、108...試薬分注機構、109...攪拌機構、110...測光機構、111...洗浄機構、112...コントローラ、113...コンソール、114...恒温槽、201...音波発生部、202...音波反射部、204...恒温水、205...駆動ユニット、206...情報、207...セグメント、211...検体、213...音波センサ、214...信号ユニット、215...情報。

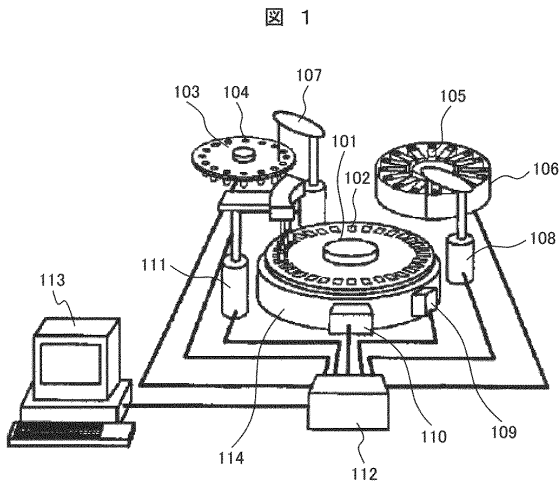
30

40

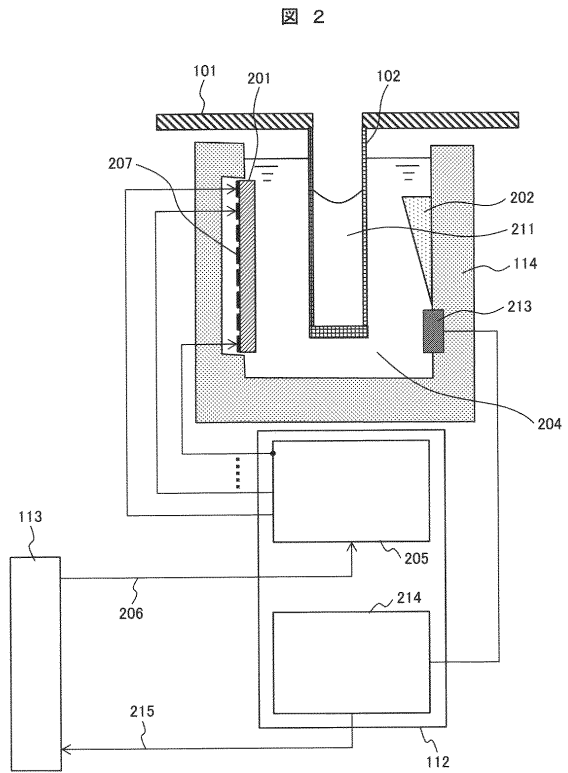
50

【図面】

【図 1】



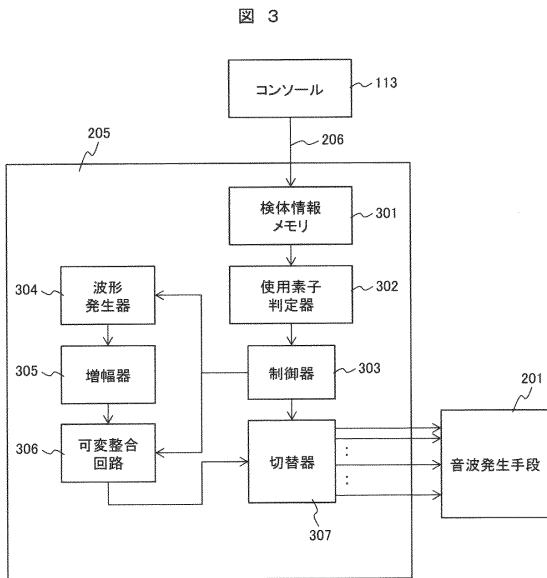
【図 2】



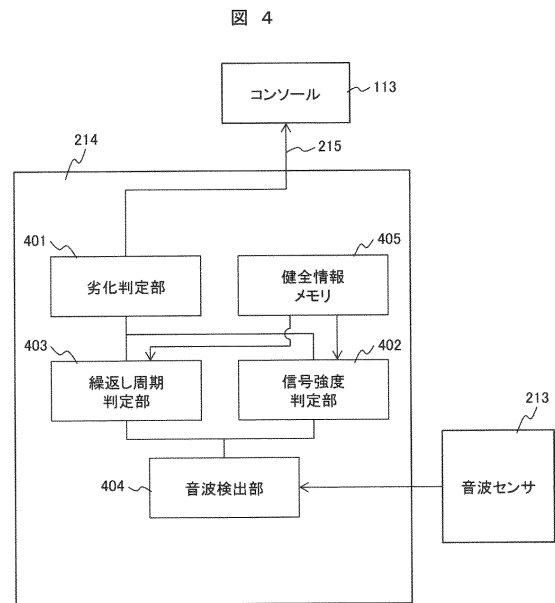
10

20

【図 3】



【図 4】

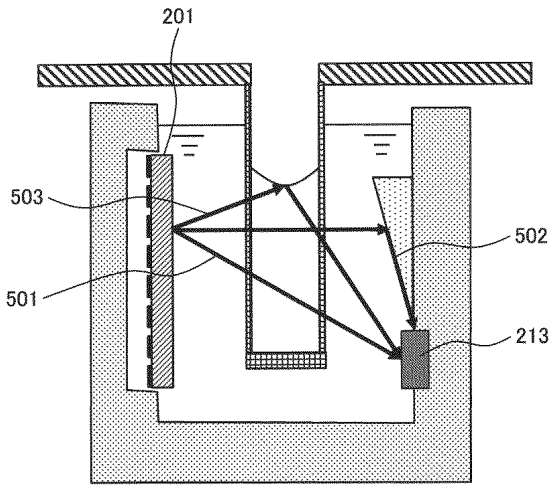


30

40

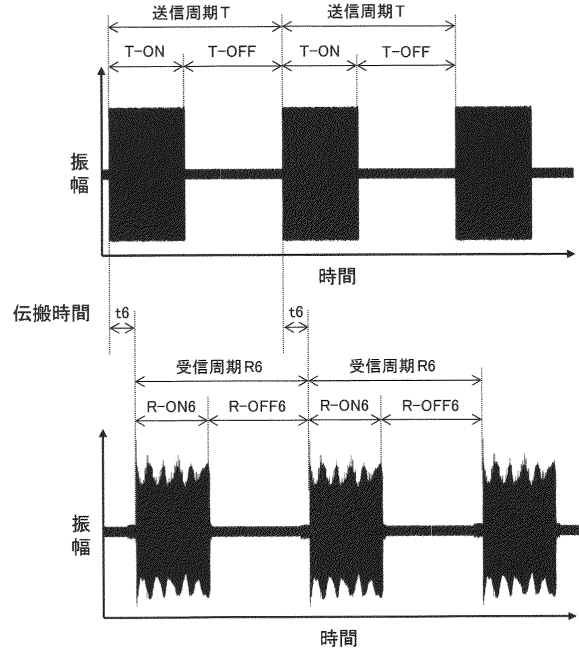
【 図 5 】

図 5



【 図 6 】

図 6

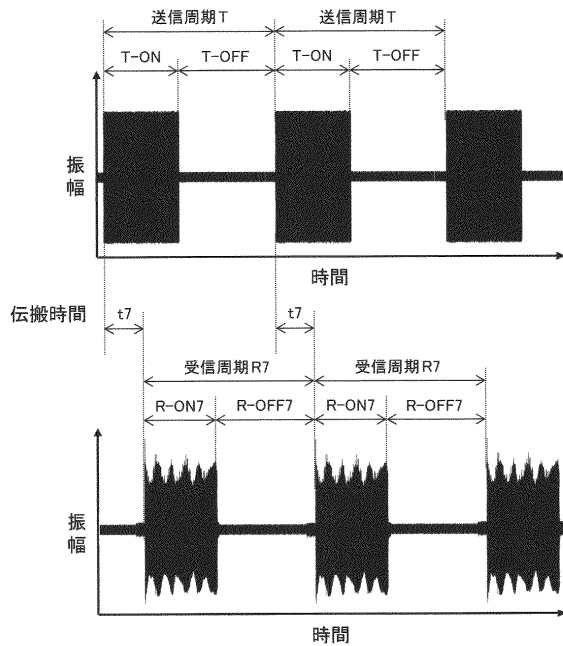


10

20

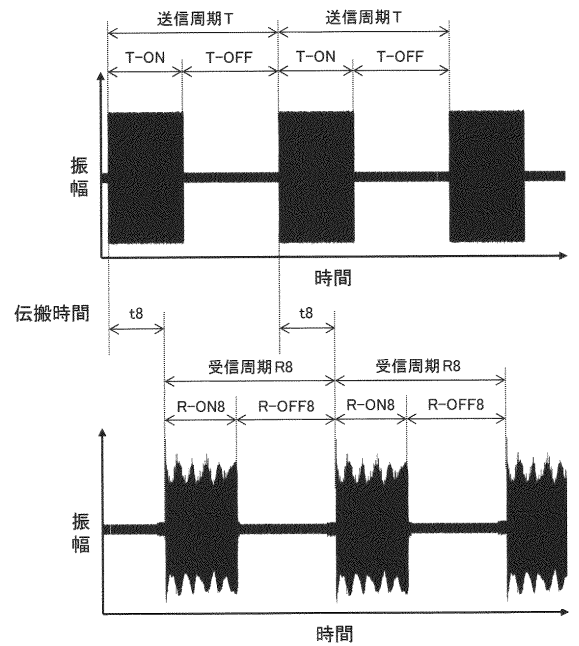
【 図 7 】

図 7



【 図 8 】

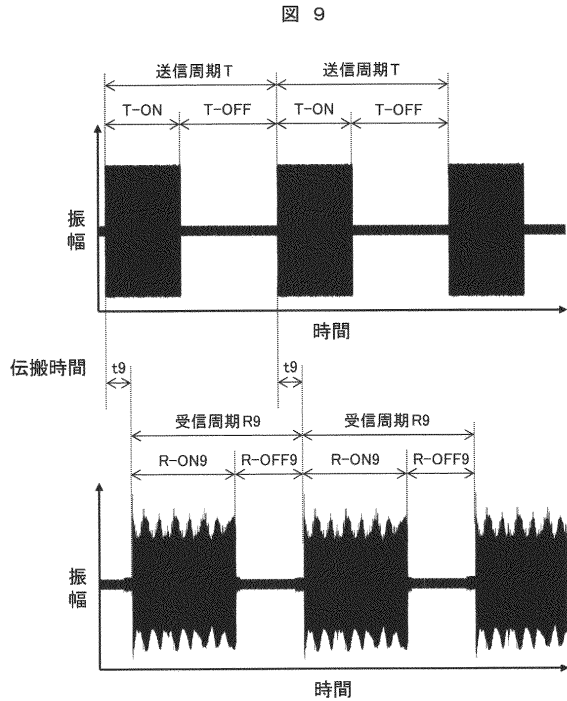
図 8



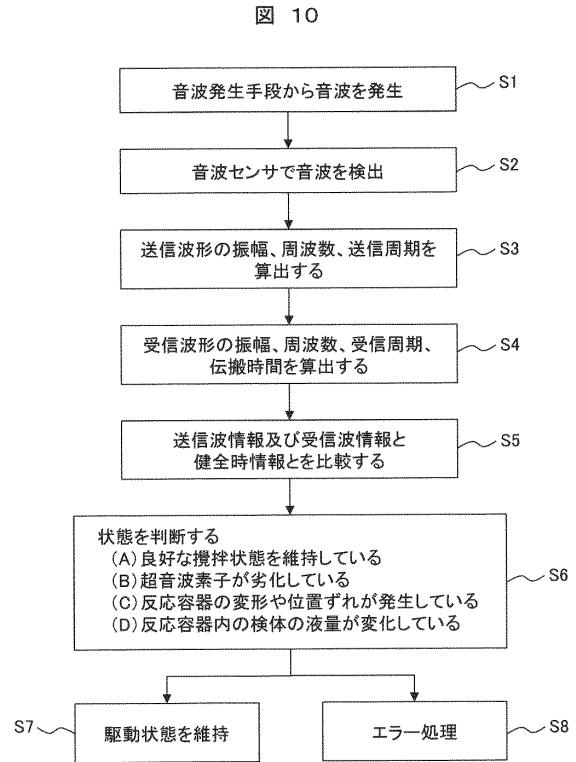
30

40

【図 9】



【図 10】

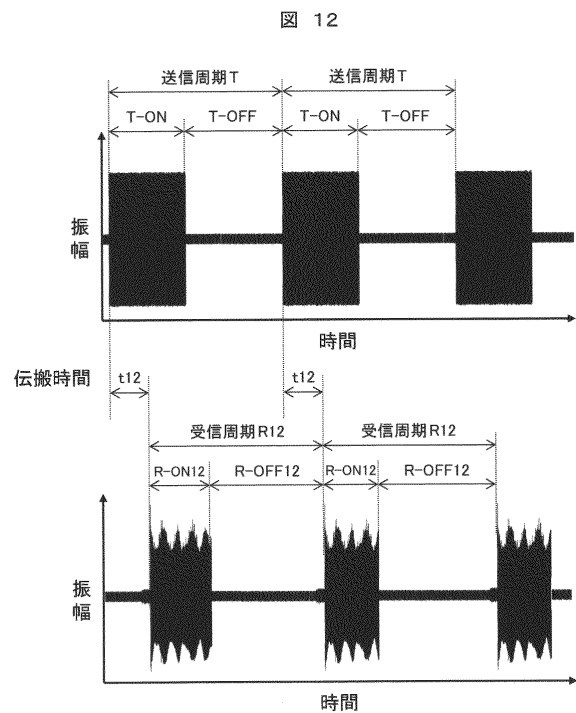


【図 11】

図 11

攪拌状態		送信波情報比較	受信波情報比較	故障モード	
健全	(A)	-	T=TT	R=RR	-
異常	(B1)	出力低下	T-A≠TT-A	-	圧電素子の劣化
	(B2)	周波数シフト	T-F≠TT-F	-	圧電素子の劣化
	(C)	伝搬時間の 変化	-	t≠tt	反応容器の変形 位置ずれ
	(D1)	増加	-	R<RR	液量の増加
	(D2)	減少	-	R>RR	液量の減少

【図 12】



10

20

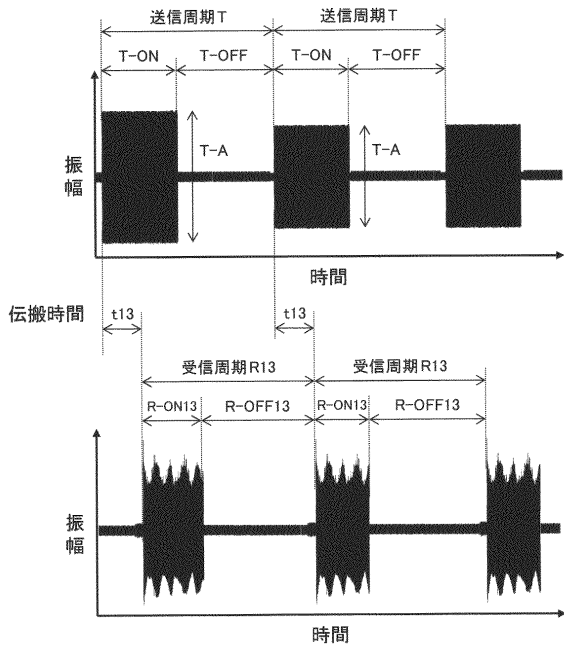
30

40

50

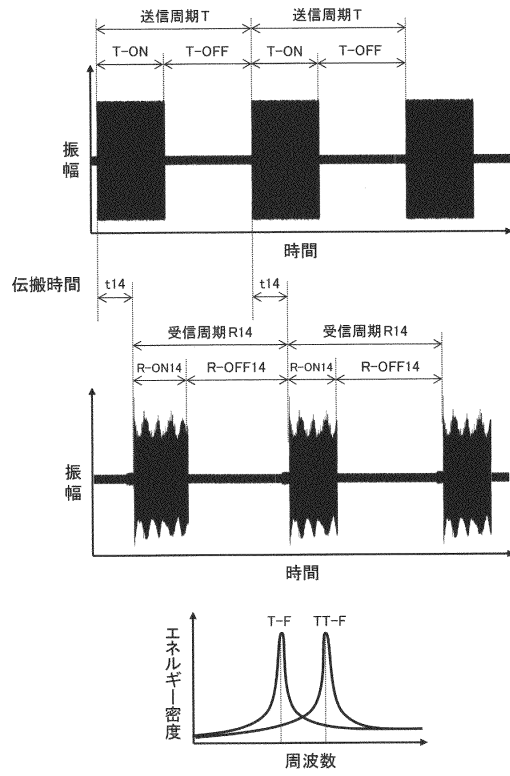
【 図 1 3 】

図 13



【 図 1 4 】

図 14

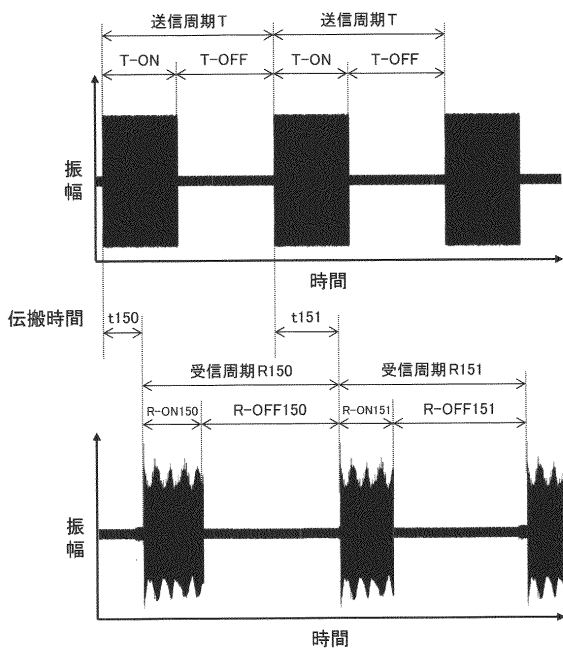


10

20

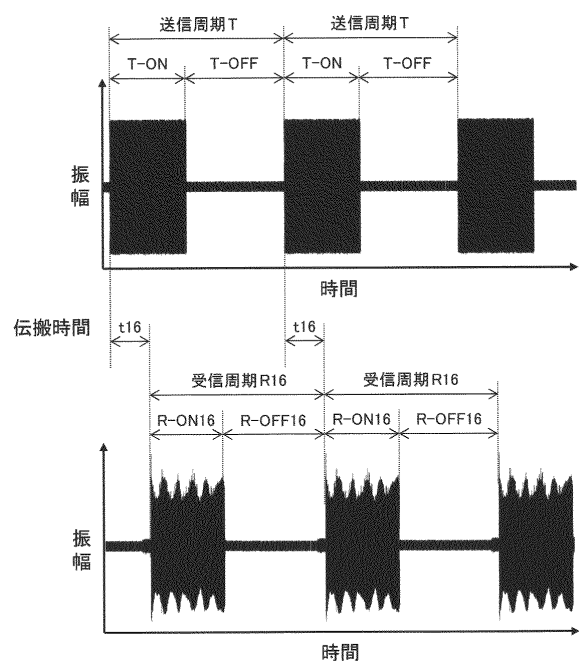
【 図 1 5 】

図 15



【 図 1 6 】

図 16



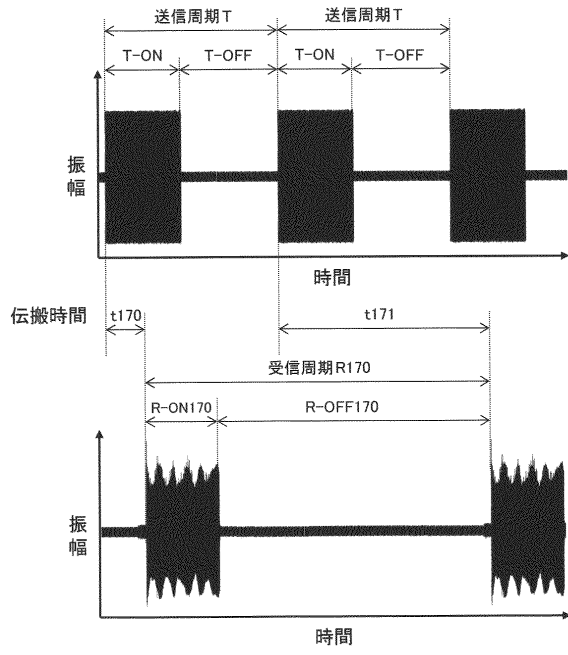
30

40

50

【 図 1 7 】

図 17



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2015-025678(JP,A)
特開2001-188070(JP,A)
特開2008-020197(JP,A)
特開2016-045026(JP,A)
特開2008-268079(JP,A)
特開2009-025248(JP,A)
国際公開第2009/011314(WO,A1)
国際公開第01/063300(WO,A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01N35/00-37/00