

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2021年12月23日(23.12.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/256027 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 35/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/010389
- (22) 国際出願日: 2021年3月15日(15.03.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2020-105625 2020年6月18日(18.06.2020) JP
- (71) 出願人: 株式会社日立ハイテク
(HITACHI HIGH-TECH CORPORATION) [JP/
JP]; 〒1056409 東京都港区虎ノ門一丁目
1 7 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 加藤 宗(KATO Hajime); 〒1008280 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 Tokyo (JP). 鈴木 洋一郎(SUZUKI
Yoichiro); 〒1056409 東京都港区虎ノ門一丁目
1 7 番 1 号 株式会社日立ハイテク内 Tokyo
(JP). 吉田 悟郎(YOSHIDA Gorou); 〒1056409

東京都港区虎ノ門一丁目17番1号 株式
会社日立ハイテク内 Tokyo (JP). 川原 鉄士
(KAWAHARA Tetsuji); 〒1056409 東京都港区
虎ノ門一丁目17番1号 株式会社日立ハイテク
内 Tokyo (JP). 佐川 彰太郎(SAGAWA Syotaro);
〒1056409 東京都港区虎ノ門一丁目17番1
号 株式会社日立ハイテク内 Tokyo (JP).

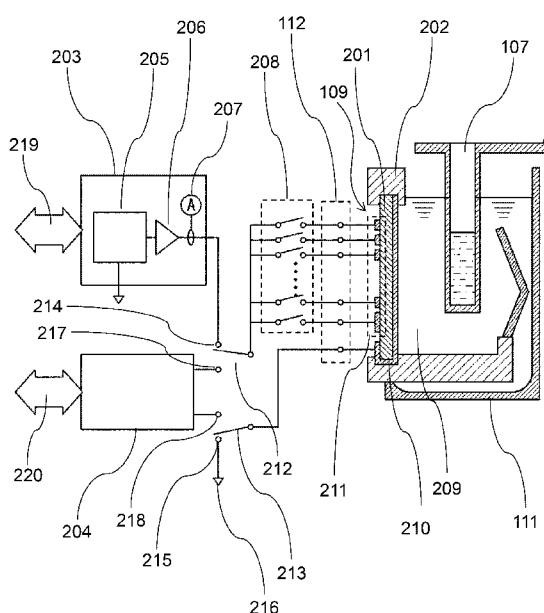
(74) 代理人: 特許業務法人平木国際特許事務所
(HIRAKI & ASSOCIATES); 〒1056232 東京都
港区愛宕二丁目5-1 愛宕グリーンヒルズ
MORIタワー32階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,

(54) Title: AUTOMATIC CHEMICAL ANALYSIS APPARATUS AND ELECTRICAL IMPEDANCE SPECTROM-
ENTRY DEVICE

(54) 発明の名称: 自動化学分析装置および電気インピーダンススペクトル測定器

図 2



(57) Abstract: The present invention provides an automatic chemical analysis apparatus and an electrical impedance spectrometry device which make it possible to detect the state of a stirring mechanism prior to performing a stirring operation. The automatic chemical analysis apparatus dispenses a reagent and a sample to be analyzed into a reactor vessel 107, and performs stirring by applying sonic waves to the reactor vessel 107. The automatic chemical analysis apparatus comprises: a piezoelectric element 201 that generates sonic waves; a plurality of split electrodes 211 that are provided to the surface of the piezoelectric element 201; a power amplifier 203 that causes the piezoelectric element 201 to generate sonic waves by applying a voltage to each of the split electrodes 211; and a host computer and impedance measuring circuit that measure the electrical impedance spectrum of each split electrode 211 by applying a voltage to each of the split electrodes 211.

QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 攪拌動作を実行する前に攪拌機構の状態を検知することができる自動化学分析装置および電気インピーダンススペクトル測定器を提供する。自動化学分析装置は、試薬と、分析対象であるサンプルとを反応容器107内に分注し、反応容器107へ音波を照射することにより攪拌する。自動化学分析装置は、音波を発生する圧電素子201と、圧電素子201の表面に設けられた複数の分割電極211と、各分割電極211に電圧を印加することにより、圧電素子201に音波を発生させる電力増幅器203と、各分割電極211に電圧を印加することにより、各分割電極211に係る電気インピーダンススペクトルを測定するホストコンピュータおよびインピーダンス測定回路と、を備える。

明 細 書

発明の名称：

自動化学分析装置および電気インピーダンススペクトル測定器

技術分野

[0001] 本発明は、自動化学分析装置に係り、特に、反応容器内の試薬およびサンプルを音波によって攪拌するものに関する。また、本発明は、そのような自動化学分析装置と接続可能な電気インピーダンススペクトル測定器に係る。

背景技術

[0002] 特許文献 1 ～ 5 および非特許文献 1 によれば、強力超音波の音響放射圧の効果を用いて反応容器内の被攪拌液（サンプルと試薬）を非接触で混合する技術が開発され、自動化学分析装置に実装され実用化されている。

[0003] この技術では、圧電素子にその厚み共振周波数近傍の周波数で正弦波あるいは矩形波などを印加して超音波を発生させ、反応容器外部より被攪拌液に向けて超音波を照射し、これによって被攪拌液を混合する。

[0004] このような超音波非接触攪拌技術（以下、「本攪拌技術」と呼ぶ）を搭載した自動化学分析装置は、ユーザサイトへの導入から数年間以上にわたって使用してもらうことを想定している。従って、自動分析装置を構成する他の機構（分注機構、洗浄機構など）と同様に、自動分析装置の稼働中には各攪拌動作が適正に行われているかをチェックする機能が求められる。

[0005] とくに特許文献 4 によれば、本攪拌技術の動作時には圧電素子に流れる電流が各攪拌動作ごとに常に計測および記録され、規定の電流が流れているかを計測することで適正な攪拌が行われたか否かが判定される。規定の電流が流れていなかった場合には、超音波の発信源である圧電素子から所望の超音波が発生していなかったと判定され、その攪拌動作に対する異常やエラー、アラートが自動分析装置によってユーザに提示される。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特許第3 6 4 1 9 9 2号公報

特許文献2：特許第3 6 6 1 0 7 6号公報

特許文献3：特許第4 4 0 6 6 2 9号公報

特許文献4：特許第3 7 4 6 2 3 9号公報

特許文献5：特許第4 1 1 2 2 2 8号公報

非特許文献

[0007] 非特許文献1：Chemical Engineering Science 60 （2 0 0 5 年）pp5519-5528

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、従来の技術では、攪拌動作を実行する前に攪拌機構の状態を検知するのが困難であるという課題があった。

[0009] たとえば上述した特許文献4に記載されている技術では、攪拌動作を一度実行し、その時に圧電素子に流れた電流の波形および値を、予め設定した規定の波形および値と照合して、攪拌機構の異常の有無を判定している。従って、攪拌動作後にその判定がされることになる。

[0010] 攪拌動作の前に攪拌機構の異常が検知できなければ、その攪拌動作で使用した試薬やサンプルが無駄になる可能性がある。

[0011] また、攪拌動作の結果として攪拌機構の異常が検知された場合には、自動分析装置の稼働が中断される可能性がある。1時間あたり数百サンプル以上の分析を行う自動化学分析装置は、中規模または大規模の病院の検査部門または検査センタにおいて、血液の生化学分析に使われることが多いので、限られた時間内で所望のサンプル数の分析を行えることが重要である。従って、自動分析装置の稼働を中断されることは望ましくない。

[0012] 本発明はこのような課題を解決するためになされたものであり、攪拌動作を実行する前に攪拌機構の状態を検知することができる自動化学分析装置および電気インピーダンススペクトル測定器を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0013] 本発明に係る自動化学分析装置の一例は、

試薬と、分析対象であるサンプルとを反応容器内に分注し、前記反応容器へ音波を照射することにより攪拌する、自動化学分析装置において、

前記自動化学分析装置は、

前記音波を発生する圧電素子と、

前記圧電素子の表面に設けられた複数の電極と、

各前記電極に電圧を印加することにより、前記圧電素子に前記音波を発生させるドライバと、

各前記電極に電圧を印加することにより、各前記電極に係る電気インピーダンススペクトルを測定する電子回路と、
を備える。

[0014] 本発明に係る電気インピーダンススペクトル測定器の一例は、

自動化学分析装置と接続可能な、電気インピーダンススペクトル測定器であって、

前記自動化学分析装置は、試薬と、分析対象であるサンプルとを反応容器内に分注し、前記反応容器へ音波を照射することにより攪拌する機能を備え、

前記自動化学分析装置は、

前記音波を発生する圧電素子と、

前記圧電素子の表面に設けられた複数の電極と、

各前記電極に電圧を印加することにより、前記圧電素子に前記音波を発生させるドライバと、

を備え、

前記電気インピーダンススペクトル測定器は、

各前記電極に係る電気インピーダンススペクトルを測定する電子回路と、

前記電子回路に対する動作指示を入力するための入力装置と、

測定された前記電気インピーダンススペクトルに基づく情報を表示する表

示装置と、

前記電子回路および各前記電極を接続するケーブルと、

前記電子回路および各前記電極の接続を切り替えるスイッチ装置と、
を備える。

本明細書は本願の優先権の基礎となる日本国特許出願番号2020-105625号の開示内容を包含する。

発明の効果

[0015] 本発明に係る自動化学分析装置および電気インピーダンススペクトル測定器により、攪拌動作を実行する前に攪拌機構の状態を検知することができる。

[0016] たとえば、攪拌動作の結果として異常を検知するだけではなく、未然に異常を検知することで、安定かつ持続的な稼働が可能となる。

[0017] 攪拌動作をする前に攪拌機構の何らかの不具合を検知でき、その攪拌動作を見送る機能が実現できれば、その攪拌動作で使用する試薬やサンプルを無駄にすることが無くなる。また、その不具合の発生頻度の推移や不具合の要因まで推定できれば、未然に自動化学分析装置への対策（再調整や消耗部品の交換など）が可能になる。

[0018] また、自動分析装置の稼働が中断される可能性を低減できるので、中規模または大規模の病院の検査部門または検査センタにおいても、自動化学分析装置の安定的かつ持続的な稼働が可能になる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本発明の実施例1に係る自動化学分析装置の構成例を示す図。

[図2]図1の攪拌機構の構成例を示す図。

[図3]図2のインピーダンス測定回路の構成例を示す図。

[図4]正常な圧電素子の電気インピーダンススペクトルを測定した結果の例を示す図。

[図5]異常な圧電素子の電気インピーダンススペクトルを測定した結果の例を示す図。

[図6]正常な圧電素子より得られた電気インピーダンススペクトル測定の結果例を示す図。

[図7]恒温水の液面位置が適正位置であり、反応容器の内部に被攪拌液がない状態の例と、その状態での電気インピーダンススペクトル測定結果の例とを示す図。

[図8]恒温水の液面位置が適正位置であり、被攪拌液の量が適正量の3分の1程度である状態の例と、その状態での電気インピーダンススペクトル測定結果の例とを示す図。

[図9]恒温水の液面位置が適正位置であり、被攪拌液の量が適正量の3分の2程度である状態の例と、その状態での電気インピーダンススペクトル測定結果の例とを示す図。

[図10]恒温水の液面位置が適正位置であり、被攪拌液の量が適正量を超えている状態の例と、その状態での電気インピーダンススペクトル測定結果の例とを示す図。

[図11]被攪拌液は混合可能な液量以上に満たされているが、恒温槽の水位レベルが低下している状態の例と、その状態での電気インピーダンススペクトル測定結果の例とを示す図。

[図12]本発明の実施例2に係る自動化学分析装置の動作手順の例を示す図。

[図13]実施例2に係る電気インピーダンススペクトル測定器およびその接続に関する構成例を示す図。

発明を実施するための形態

[0020] 本発明の実施例を以下に説明する。本実施例で用いている電子部品は本発明の出願時点で適切で調達が容易なものであるが、特に進歩の著しい電子部品はより高性能なものが今後流通する可能性が高い。そのなかで、本発明の実施に用いる要素として代替できる場合には、より高性能な部品を用いることが好ましい場合がある。

実施例 1

[0021] 図1に、実施例1に係る自動化学分析装置の構成例を示す。図2に、実施

例 1 に係る攪拌機構の構成例を示す。

[0022] 図 1 に示す、通り本実施例に係る自動化学分析装置には、以下の構成が実装されている。

- 分析対象であるサンプルを収容するサンプルカップ 101
- サンプルカップ 101 を複数個設置するためのサンプルディスク 102
- 試薬を収容する試薬ボトル 103
- 試薬ボトル 103 を保冷するための試薬保冷ディスク 104
- サンプルを分注するためのサンプルディスペンサ 105
- 試薬を分注するための試薬ディスペンサ 106
- サンプルと試薬が分注される反応容器 107
- 反応容器 107 が配置される反応ディスク 108
- 反応容器 107 内の被攪拌液を攪拌する攪拌機構 109
- 反応容器 107 内の吸光特性を特定する吸光度計 110

[0023] 自動化学分析装置は、サンプルと試薬を、それぞれサンプルディスペンサ 105 および試薬ディスペンサ 106 によって、反応容器 107 に分注する。これによって反応容器 107 内に被攪拌液が生成される。サンプルと試薬が分注された反応容器 107 は、反応ディスク 108 上に、周方向に沿って配置されている。反応容器 107 は、この実施例では時計回りに回転する。反応容器 107 内の被攪拌液は、攪拌機構 109 において非接触で攪拌され混合される。混合されたサンプルと試薬は反応が促進され、その吸光特性が吸光度計 110 で測定される。吸光度計測（すなわち分析）が終了した後、図示していない洗浄機構によって反応容器 107 が洗浄される。洗浄終了後の反応容器 107 には次のサンプルが分注され、上述した一連の分析シーケンスが繰り返される。

[0024] なお、反応ディスク 108 において周方向に配置された反応容器 107 は、恒温槽 111 中を循環する恒温水と接触しており、指定された温度の恒温水を介して一定温度に保たれている。なお、本実施例では音波を媒介する液体の例として恒温水を用いるが、他の実施例では音波を媒介する液体は恒温

のものに限られず、また水にも限られない。

[0025] 自動化学分析装置には、図示しないホストコンピュータが搭載されている。ホストコンピュータは、サンプルディスク102、試薬保冷ディスク104、サンプルディスペンサ105、試薬ディスペンサ106、反応ディスク108、等と信号のやり取りを行い、これらに指令を送信することにより、各々の動作シーケンスを制御する。また、ホストコンピュータは、自動化学分析装置全体の動作を制御する。

[0026] ホストコンピュータは、公知のコンピュータとして構成することができる。たとえば、ホストコンピュータは、演算を行う演算手段と、情報を格納する記憶手段とを備える。演算手段はたとえばプロセッサであり、記憶手段はたとえば半導体メモリおよび磁気ディスク装置である。また、ホストコンピュータは、情報を入力するための入力手段、情報を出力するための出力手段、通信路を介して情報を送受信するための通信手段、等を備えてもよい。入力手段はたとえばキーボードおよびマウスであり、出力手段はたとえばディスプレイ装置および印刷装置であり、通信手段はたとえばネットワークインタフェースである。

[0027] 図2は、図1で示した攪拌機構109の断面を含む図であり、鉛直方向および反応ディスク108の径方向に平行な断面によるものである。コネクタ112に対してホストコンピュータ側に配置される電気的な回路は、模式的な図で示している。

[0028] 自動化学分析装置は、攪拌機構109によって反応容器107へ音波を照射することにより攪拌する。このために、自動化学分析装置は、以下の構成要素を備える。

- 音波（たとえば超音波）を発生する圧電素子201
- 圧電素子201を恒温槽111へマウントするための治具202
- 圧電素子201の表面に設けられた分割電極211（複数の電極）および1つ以上の恒温水側電極210
- 各電極に電圧を印加することにより圧電素子201を駆動し、音波を発

生させる電力増幅器 203（ドライバ）

- [0029] 図1の攪拌機構109は、図2のコネクタ112と、圧電素子201と、治具202と、各分割電極211と、恒温水側電極210とを備える。攪拌機構109は、コネクタ112を介して電力増幅器203に接続されている。電力増幅器203もホストコンピュータからの指令に従って動作する。
- [0030] 自動化学分析装置は、圧電素子201の電気インピーダンススペクトル（以下「 ImpS 」と略記する場合がある）を測定するためのインピーダンス測定回路204を備える。圧電素子201の ImpS は、たとえば、各分割電極211に係る ImpS （すなわち、各分割電極211と恒温水側電極210との間における ImpS ）の集合によって表される。
- [0031] 圧電素子201は、一方の面（空気側面）が空気と接触し、他方の面（恒温水側面）が恒温水209と接触するよう配置される。分割電極211は空気側面に配置され、恒温水側電極210は恒温水側面に配置される。なお、恒温水側電極210の一部は、図2のように圧電素子201の下側の端面にそって空気側面に折り返されている。
- [0032] 分割電極211は、図2に破線枠で示すように上下に分割されている。本実施例では、14個の分割電極211が設けられる（図2等には一部のみ示す）。分割電極211は、それぞれ異なる高さ位置に設けられる。各分割電極211の寸法および形状は、個別に任意に設計可能であるが、本実施例では、上から1～13番目の分割電極211はすべて同一形状であり、14番目（一番下）の分割電極211だけが他の分割電極211より若干長く形成されている。各分割電極211は、それぞれコネクタ112の各ピンに一对一で接続されている。
- [0033] 電力増幅器203は、駆動波形を発生させる関数発生回路205と、その波形を所望の電力に増幅する終段増幅回路206と、電圧印加時に圧電素子に流れる電流を測定する電流モニタ207とを備える。電流モニタ207は、たとえば電磁的なカップリングを利用する構成とすることができ、構成例は特許文献4で公開されている。

- [0034] この電力増幅器 203 とコネクタ 112 との間には、リレー群 208 が配置されている。リレー群 208 は複数のスイッチを備え、ホストコンピュータからの指令で各スイッチの開閉が制御される。すなわち、リレー群 208 は、電力増幅器 203 と、各分割電極 211 との接続を切り替えるスイッチ装置として機能する。
- [0035] たとえば、ホストコンピュータは、反応容器 107 内の被攪拌液の液面位置（液面レベル）を検出する（検出方法の例は後述する）。そして、液面位置に合わせて、適切な位置の分割電極 211 を 1 つ以上選択する。そして、選択した分割電極 211 に電圧を印加するようリレー群 208 を制御する。これによって、反応容器 107 への超音波の照射位置が調整される。
- [0036] 電力増幅器 203 とリレー群 208 との間には、圧電素子 201 と電力増幅器 203 を接続するか、または、圧電素子 201 とインピーダンス測定回路 204 とを接続するかを切り替えるための切り替えスイッチ 212 および 213 が設置されている。攪拌動作時には、切り替えスイッチ 212 は電力増幅器 203 の端子 214 に接続され、切り替えスイッチ 213 は端子 215（グラウンド 216 に接続されている）に接続される。一方、 I m p S 測定時には、切り替えスイッチ 212 はインピーダンス測定回路 204 の出力端子 217 に接続され、切り替えスイッチ 213 はインピーダンス測定回路 204 の入力端子 218 に接続される。
- [0037] 電力増幅器 203 には情報通信手段 219 が設けられており、ホストコンピュータはこの情報通信手段 219 を介して電力増幅器 203 を制御する。同様に、インピーダンス測定回路 204 には情報通信手段 220 が設けられており、ホストコンピュータはこの情報通信手段 220 を介してインピーダンス測定回路 204 を制御する。また、インピーダンス測定回路 204 は、情報通信手段 220 を介して I m p S の測定結果をホストコンピュータに送信する。
- [0038] このような構成によって、インピーダンス測定回路 204 およびホストコンピュータは、各分割電極 211 に電圧を印加することにより、圧電素子 2

01のImpSを測定する電子回路として機能する。なお、インピーダンス測定回路204は、図2に示すようにホストコンピュータから独立した構成要素とする必要はなく、インピーダンス測定回路204およびホストコンピュータを統合した単一の電子回路が設けられてもよい。また、以下において、ホストコンピュータおよびインピーダンス測定回路204の動作は、単一の電子回路の動作として実現することが可能である。

[0039] 図3は図2で説明したインピーダンス測定回路204の構成例である。この回路の内部では、ダイレクト・デジタル・シンセサイザー (Direct Digital Synthesizer, 以下、DDSと表記する) 301によって任意の周波数の正弦波形電圧を発生させる。その波形の電圧を電圧増幅するアンプ302を経て、出力端子303から出力される。

[0040] たとえば、出力端子303は、リレー群208を介して分割電極211に接続されており、分割電極211を介して、圧電素子201に正弦波形電圧が印加される。リレー群208は、ホストコンピュータおよびインピーダンス測定回路204と、各分割電極211との接続を切り替えるスイッチ装置として機能する。

[0041] ここで印加される電圧の大きさは、圧電素子201の特性等に応じて当業者が適宜設計可能であるが、たとえば攪拌動作時に印加される電圧に比べて小さい電圧（たとえば微弱電圧と呼ばれる電圧）としておくと圧電素子201の破損を防止することができる。電圧印加時に圧電素子201に流れる電流は、恒温水側電極210およびリレー群208を介して入力端子304に流入し、検出抵抗305で電圧値として検出される。

[0042] その電流に起因する電圧信号は、適切なゲインでリニアに増幅されるオペアンプ306を介して、対数増幅器307 (Log Amp) でさらに増幅される。出力端子303から圧電素子201に印加されている電圧は、配線308を介して、マイクロ・コントロール・ユニット (Micro Control Unit, 略してMCUと表記する) 310に入力される。また、対数増幅器307から出力される電流に起因する電圧値は、配線309を介してMCU310に

入力される。図3に示した実施例ではMCUに内蔵されているA/D変換器の分解能が8～10ビット程度を想定しているため、対数増幅器307を用いているが、より高分解能なA/D変換器を備えたMCUを採用する場合には対数ではなくリニア増幅器でもよい。

[0043] MCU310に入力された電圧はA/D変換される。MCU310はDDS301に制御信号311を送り、発生させる正弦波の周波数を、所望の周波数範囲で掃引させる。このときの周波数と、出力端子303からの印加電圧と、圧電素子201を流れている電流に対応する測定電圧とは、MCU310内のメモリに格納され、情報通信手段220を介してホストコンピュータにImpS測定結果として送信される。

[0044] 図4は、正常な圧電素子のImpSを測定した結果の例である。図4(a)は圧電素子を空気中で測定した場合の結果を示し、図4(b)は同じ圧電素子の片側を恒温水に接触させた状態で測定した場合の結果を示す。

[0045] 図4では、電気インピーダンスの絶対値 $|Z|$ と、印加電圧および電流値の位相差 ΔZ とを、横軸に駆動周波数をとってプロットした。一様な形状(同一の幅および長さ)を有する13個の分割電極を用いて、それぞれ圧電素子のImpSを測定した。

[0046] 図4(a)には、測定された絶対値 $|Z|$ のプロファイル群401と、位相差 ΔZ のプロファイル群402とが表示されている。いずれも一様なプロファイルが測定されている。絶対値が最小値403となる周波数がこの圧電素子の共振周波数404である。共振周波数404での位相差はほぼゼロであり、この圧電素子が容量性から誘導性に変化する点の状態を示す。

[0047] この周波数では、圧電素子は他の周波数で駆動されているときに比べ大きく振動し、圧電素子の厚み方向での共振状態にあると考えられる。なお、圧電素子の量産時にはこの共振周波数が圧電素子ごとに数%ばらつくことがあるが、図4の実験では特許文献5で公開されている発明を利用して圧電素子の個体差の問題を解決している。

[0048] 図4(b)には、測定された絶対値 $|Z|$ のプロファイル群405と、位

相差 ΔZ のプロファイル群406とが表示されている。

[0049] 図4(a)に示す空気中での $ImpS$ 測定結果と、図4(b)に示す片側が水と接触した状態の $ImpS$ 測定結果とを比較すると、共振周波数はほぼ変わらないが、共振周波数時のインピーダンス値が後者の状態では値407となり、前者での値403に比べて高くなっている。図4(b)の場合では、恒温水に接触している側の圧電素子の表面の振動が恒温水に伝搬し、超音波が圧電素子の表面より照射されている状態となっている。空気に対する水の比音響インピーダンスは3000倍以上であり、音響インピーダンスが高いため音響的な負荷が高くなるために、その分だけ電気インピーダンスが上昇する。本実施例では、この特性を利用して、後述するように、恒温水の液面位置の検知および反応容器内の被攪拌液の液面位置の検知を行う。

[0050] 図5は、異常な圧電素子の $ImpS$ を測定した結果の例である。この例は、圧電素子の一部の部位において圧電性が消失している場合のものである。図4(b)と同様に、圧電素子の片側を恒温水に接触させた状態で測定した場合の結果を示す。

[0051] 圧電性が消失した部位に対応する分割電極から得られるプロファイルは、正常な部位に対応する分割電極から得られるプロファイルとは異なり、結果としてプロファイル群にばらつきが生じる。とくに図5の例では、位相差 ΔZ について、図4(b)の正常なプロファイル群406と比べ、プロファイル群502が大きなばらつきを有する。また、絶対値 $|Z|$ のプロファイル群501でも、図4(b)の正常なプロファイル群405と比較するとシャープな共振特性が得られておらず、正常時の共振周波数だったと思われる周波数503におけるインピーダンス値504は、図4(b)における対応する値407より大きい。つまり、電流がより流れにくくなっており、正常時に比べ超音波の照射強度が低減していることを示している。

[0052] 本実施例において、ホストコンピュータおよびインピーダンス測定回路204は、図1および図2で説明した構成によって、本攪拌技術の音源である圧電素子の $ImpS$ を測定し、そのプロファイルに基づいて圧電素子が正常

であるか否かを診断する。具体的な診断方法および診断基準は、当業者が適宜設計可能であるが、標準的な診断方法の一例を以下に説明する。

[0053] 予め、正常な圧電素子の各電極から得られる I m p S 測定の結果（すなわち電気インピーダンスの絶対値および位相差に係る周波数スペクトルのプロファイル）を多数の正常な圧電素子の供試体から収集し、その統計的な母集団を作成する。その母集団より、各周波数における電気インピーダンスの絶対値および位相差の平均値からなるプロファイルを作成する。そして、その平均値を中心として、標準偏差 σ に基づく正常範囲を定義する。例えば、その正常範囲を平均値 $\pm 2 \sigma$ 以内とする。

[0054] そして、判定対象となる圧電素子について I m p S を測定し、その I m p S が正常範囲に収まるか否かを判定する。判定の一例として、すべての分割電極について、かつすべての周波数について、電気インピーダンスが正常範囲内であれば、その圧電素子は正常であると判定され、そうでない場合（すなわち、いずれかの分割電極について、いずれかの周波数で電気インピーダンスが過小または過大となった場合）には、その圧電素子は異常であると判定される。このようにして、各分割電極に係る I m p S に基づいて、圧電素子が正常であるか否かが判定される。

[0055] 上述した診断方法は統計学の検定の考え方に基づく診断方法であるが、機械学習を用いる方法も利用可能である。たとえば、多数の正常な圧電素子の供試体から何度も I m p S 測定を繰り返して得られる測定結果を学習データとし、『正常な圧電素子の I m p S のプロファイル』を学習用モデル（たとえば自動化学分析装置のホストコンピュータ）に機械学習させることによって学習済みモデルを生成する。この学習済みモデルによって、判定対象となる圧電素子の I m p S のプロファイルが、『正常な圧電素子の I m p S のプロファイル』から逸脱しているか否かを判定させることも可能である。

[0056] 以上は、圧電素子が正常であるか否かを診断する方法の例についての説明である。次に、正常であることがわかっている圧電素子の I m p S 測定結果に基づき、攪拌機構 109 が適切に攪拌動作を実行できる状態であるか否か

を判定する方法の例について説明する。

- [0057] 図6は、正常な圧電素子より得られた $ImpS$ 測定の結果例である。縦軸は、圧電素子の分割電極の ID 番号（一番上の分割電極から順に 1, 2, …, 13 とした）を表す。横軸は、各分割電極の共振時における電気インピーダンスの絶対値 ($|Z_r|$ と記す) を正規化した値 (正規化 $|Z_r|$) を表す。正規化に用いた基準の値は、圧電素子の片側を恒温水に接触させた状態で絶対値 $|Z|$ のプロファイル群 405 (図4 (b)) を測定し、共振時のインピーダンス値 407 を、すべての分割電極 (合計 13 個) について平均した値である。
- [0058] この平均値で各分割電極の $|Z_r|$ を除算することにより、正規化した値が正規化 $|Z_r|$ である。正規化 $|Z_r|$ のプロット 601 を黒丸で示す。この正常な圧電素子の場合、正規化 $|Z_r|$ の範囲 (正常範囲 603) は、0.92 ~ 1.06 であった。
- [0059] また、同一の圧電素子について、空気中で測定した $|Z_r|$ を正規化した値のプロット 602 を、図6のグラフ中、白丸で示す。正規化に用いた基準の値は、プロット 601 の場合と同一である。プロット 602 について、各分割電極間での正規化 $|Z_r|$ のばらつき範囲 (空気中範囲 604) は 0.16 ~ 0.32 であった。なお、このプロット 602 (空気中での測定) は、プロット 601 (片面を恒温水に接触させた状態での測定) より低い範囲になっているが、その理由は、上述した通り、圧電素子に対する音響負荷の影響のためである。
- [0060] 図6に示したこれらのプロットをもとに、恒温水の液面位置および反応容器内の被攪拌液の液面位置を検知する方法の例について、以下に説明する。図7 ~ 図11に、恒温水 209, 1101 の液面位置または被攪拌液 801, 901, 1001 の液面位置が異なる状態の例を示す。
- [0061] 図7 (a) は、恒温水 209 の液面位置が適正位置 701 (たとえば攪拌機構 109 が攪拌可能な最大液量に対応する位置) であり、反応容器 107 の内部に被攪拌液がない状態の例を示している。本実施例で使用する超音波

の周波数は数MHz程度なので、この状態では圧電素子201から照射された超音波は恒温水209中を伝搬し、反応容器107の壁の外表面に到達する。さらに、超音波は、反応容器107の壁を透過して内表面702まで到達する。

[0062] 図7(b)は、図6で説明した方法と同様なImpS測定を行った結果である。そのプロット703において、ID番号が#13である分割電極（以下「分割電極#13」と略記する。他の分割電極についても同様）では、正規化 $|Z_r|$ は正常範囲603内であるか、またはこれより高い。一方で、それ以外の分割電極#1～#12では、いずれも正規化 $|Z_r|$ が正常範囲603より低くなっている。

[0063] 図8(a)は、恒温水209の液面位置が適正位置701であり、被攪拌液801の量が適正量の3分の1程度である状態の例を示す。この状態について、図6で説明した方法と同じ要領で $|Z_r|$ を測定した結果が図8(b)である。図8(b)のプロット802では、正規化 $|Z_r|$ の値は、分割電極#13および#12については大きいですが、分割電極#11から下がり始め、分割電極#9およびこれより上では、中間範囲803（すなわち、正常範囲603より低く、空気中範囲604より高い範囲）まで低下している。

[0064] 図9(a)は、恒温水209の液面位置が適正位置701であり、被攪拌液901の量が適正量の3分の2程度である状態の例を示す。この状態について、図6で説明した方法と同じ要領で $|Z_r|$ を測定した結果が図9(b)である。図9(b)のプロット902では、正規化 $|Z_r|$ の値は、分割電極#5～#13では大きいですが、分割電極#5より上では低下し始め、分割電極#1～#3では中間範囲803まで低下している。

[0065] 図10(a)は、恒温水209の液面位置が適正位置701であり、被攪拌液1001の量が適正量を超えている状態の例を示す。この状態について、図6で説明した方法と同じ要領で $|Z_r|$ を測定した結果が図10(b)である。図10(b)のプロット1002では、正規化 $|Z_r|$ の値は、すべての分割電極について正常範囲603を超えている。

[0066] 以上、図6～図10を用いて説明したように、反応容器内の被攪拌液の量に応じて各分割電極の正規化 $|Z_r|$ が異なるので、各分割電極の正規化 $|Z_r|$ に基づいて被攪拌液の量を判定することができる。被攪拌液の量は、たとえば被攪拌液の液面位置によって表される。このように、ホストコンピュータおよびインピーダンス測定回路204は、各分割電極に係る $\text{Im}pS$ に基づいて、被攪拌液の液面位置を検出する。

[0067] たとえば、図6(b)に示すように、正規化 $|Z_r|$ がすべて正常範囲603内である場合には、液面位置は適正位置であると判定することができる。また、図7(b)、図8(b)および図9(b)に示すように、特定の分割電極より上側で正規化 $|Z_r|$ の値が中間範囲803までに低下する場合には、その分割電極の位置に応じて液面位置を推定することができる。また、図10(b)に示すように、正規化 $|Z_r|$ がすべて正常範囲603を超えている場合には、液面位置は適正位置よりも高いと判定することができる。

[0068] なお、判定に用いる基準値または基準範囲（たとえば、正常範囲603、中間範囲803、空気中範囲604、等）は、予め所定の条件で $\text{Im}pS$ 測定を行って記憶しておくことができる。

[0069] 検知された被攪拌液の液面位置は、様々な制御に応用することが可能である。一例として、液面位置に応じて（すなわち各分割電極に係る $\text{Im}pS$ に応じて）、電力増幅器203は、異なる態様で圧電素子201に音波を発生させることができる。

[0070] 「異なる態様」の具体例として、液面位置に応じて異なる分割電極に電圧を印加することが可能である。液面位置と、電圧を印加する分割電極との関係は、当業者が適宜設計可能である。たとえば、液面位置が低い場合（たとえば図8）には、液面位置に応じた低い位置の分割電極（たとえば分割電極#10～#13）のみに電圧を印加し、液面位置がより高い場合（たとえば図9）には、より高い位置の分割電極（たとえば分割電極#4～#13）に電圧を印加することができる。

[0071] 「異なる態様」の別の具体例として、液面位置に応じて各分割電極に印加

する電圧を異ならせることが可能である。たとえば、液面位置が低い場合（たとえば図8）には電圧を小さくし、液面位置がより高い場合（たとえば図9）には電圧をより大きくすることができる。

[0072] 参考までに、図6～図10に示すような $|Z_r|$ の変化が発生する原因として、考えられる理由のひとつを、以下に説明する。なお、仮に以下の説明が主な理由ではない場合、または、以下の説明が完全には当てはまらない場合であっても、上記のような実験結果および本実施例への応用可能性には影響を与えない。

[0073] 図7(a)を用いて説明する。超音波は、圧電素子201から反応容器107に向かって進行波704として伝搬する。反応容器107に到達した超音波は、反応容器107の内表面702でほぼ全反射し、反射波705が発生する。これによって、内表面702と、圧電素子201のうち恒温水に接触している側の面706（振動面）との間に、進行波704と反射波705から合成される定在波が形成される。

[0074] 定在波は、音波の伝搬方向に、音波の半波長毎に、腹（音圧が最大あるいは最小となる部分）と、節（音圧がゼロとなる部分）とが並ぶ音圧分布を有する。反応容器107の内表面702では、圧電素子201から照射された超音波がほぼ全反射するので、常に音圧がほぼ0となる。つまり音圧は自由端としてこの位置で反射されるため、内表面702には節が形成される。

[0075] 一方、圧電素子201のうち恒温水に接触している側の面706から、反応容器107の内表面702までの距離が半波長の奇数倍である場合には、反射波705は面706に最小音圧の位相で入射する。また、その距離が偶数倍である場合には、反射波705は面706に最大音圧の位相で入射する。この反射波705の音圧は、圧電素子201の音響負荷に影響するため、それに伴い圧電素子201の電気インピーダンスが変化する。

[0076] このように、圧電素子201の面706と、反応容器107の内表面702との間の距離が、半波長の整数倍である場合には、圧電素子201の面706では、反射波705の影響で圧電素子201の音響負荷が最大あるいは

最小となる。また、その距離が非整数倍である場合でも、反射波 705 の位相に応じて、圧電素子 201 の音響負荷は最大と最小の間で変化する。

[0077] 以上は、超音波の伝搬媒体である恒温水および反応容器 107 の壁で音波の吸収が全くない場合についての現象の説明の一例である。実際には、伝搬媒体でのその吸収の影響は皆無ではないが、圧電素子 201 の面 706 と反応容器 107 の内表面 702 との間には定在波に近い音圧分布が形成され、駆動中の圧電素子 201 のインピーダンスに影響を及ぼす。

[0078] この現象を利用することで、恒温水の液面が適正位置 701 にある場合に、圧電素子 201 の各分割電極 #1～#13 で測定される $ImpS$ の変化から、反応容器 107 内の被攪拌液の液面位置、すなわち液量を検知することができる。

[0079] 次に、図 11 を用いて、恒温水の液面位置を検知する方法について説明する。図 11 (a) は、反応容器 107 内の被攪拌液は混合可能な液量以上に満たされているが、恒温槽の水位レベル（恒温水 1101 の液面位置）が何らかの異常で低下している状態の例を示している。図 11 (b) に、この場合の正規化 $|Z_r|$ のプロット 1102 を示す。

[0080] 図 11 (b) のプロット 1102 では、正規化 $|Z_r|$ の値は、分割電極 #7～#13 では正常範囲 603 内であるか、またはこれより高いが、分割電極 #7 より上では低下し始め、分割電極 #1～#3 では空気中範囲 604 まで低下している。いずれかの分割電極について、正規化 $|Z_r|$ が空気中範囲 604 に属する場合に、恒温水 1101 の位置をその分割電極の位置に基づいて推定することができる。このように、恒温水 1101 の液面位置も、 $|Z_r|$ に基づいて検知することができる。

[0081] 検知された恒温水の液面位置は、様々な制御に応用することが可能である。一例として、液面位置に応じて、攪拌動作の是非を決定することができる。すなわち、ホストコンピュータおよびインピーダンス測定回路 204 は、恒温水に圧電素子が正しく接触しているか否か（すなわち、恒温水の液面位置が十分に高いか否か）を、各分割電極に係る $ImpS$ に基づいて判定する

。そして、電力増幅器 203 は、圧電素子が恒温水に正しく接触している場合には圧電素子に音波を発生させ、圧電素子が恒温水に正しく接触していない場合には圧電素子に音波を発生させない。

[0082] また、別の例として、恒温水の液面位置に応じて（すなわち各分割電極に係る $ImpS$ に応じて）、電力増幅器 203 は、異なる態様で圧電素子 201 に音波を発生させることができる。

[0083] 「異なる態様」の具体例として、液面位置に応じて異なる分割電極に電圧を印加することが可能である。液面位置と、電圧を印加する分割電極との関係は、当業者が適宜設計可能である。たとえば、液面位置が低い場合（たとえば図 11）には、液面位置に応じた低い位置の分割電極（たとえば分割電極 #7～#13）のみに電圧を印加し、液面位置がより高い場合には、より高い位置の分割電極（たとえば分割電極 #4～#13）に電圧を印加することができる。

[0084] 恒温水が所定の水位レベルにない状態で、攪拌動作を実行するために強力な超音波を照射すると（すなわち圧電素子が恒温水に正しく接触していない状態で、攪拌に要する強度の超音波を発生させようとする）、その超音波が反応容器まで伝搬しないばかりか、その振動エネルギーが圧電素子内に蓄積され、急激な温度上昇を引き起こす可能性がある。その温度がキュリー点と呼ばれる材料の変性をもたらす温度まで上昇すると、圧電素子の圧電性は不可逆的に消失する。

[0085] 図 11 で説明した $ImpS$ 測定から得られる正規化 $|Z_r|$ のプロット 1102 に示される現象は、恒温水の液面位置がどこにあるかを自動化学分析装置が検知できることを示しており、圧電素子の圧電性を保護するために極めて有効なものである。例えば、攪拌動作を実行する前に必ず図 11 で説明した測定を行うことで、恒温水の液面位置が、照射に用いられる分割電極の位置以上であるか否かを瞬時に判定することができる。

[0086] また、図 7～図 10 で説明した現象およびその測定結果も化学自動分析装置にとって有益なものである。図 1 で示したサンプルディスペンサ 105 よ

り分注されるサンプル、および、試薬ディスペンサ 106 より分注される試薬は、高精度に制御されたシリンジポンプによって計量され分注される。しかし、万が一、何らかの要因で微量な分注誤差が生じて反応容器 107 に分注された液量が指定した値と異なっていた場合には、従来の本化学自動分析装置ではその分注誤差を認識せずに、予め指定された液量の液面位置に合わせた位置に超音波を照射してしまう。

[0087] その際、実際の液面位置が指定された液量の液面位置より高い場合には、その超音波による攪拌強度が低下し混合不足が生じる。逆に、実際の液面位置が指定された液量の液面位置より低い場合には、上記混合不足に加え、図 7 で説明したように反応容器の内表面 702 に照射された超音波がほぼ全反射に近い状態で反射する。このとき、その強度が攪拌に要する程度の高い強度であった場合には、その反射波によって圧電素子自体が損傷を受ける可能性も考えられる。本実施例によれば、このような可能性を回避することができる。

[0088] 図 12 に、本実施例に係る自動化学分析装置の動作手順の例を示す。まず、ホストコンピュータおよびインピーダンス測定回路 204 は、各分割電極に所定の測定電圧を印加して、圧電素子の I_{mpS} を測定する（ステップ S1）。次に、電力増幅器 203 は、各分割電極に所定の攪拌電圧を印加することにより、圧電素子に音波（攪拌用の音波）を発生させる（ステップ S2）。ここで、測定電圧は攪拌電圧より小さい電圧（たとえば微弱電圧）とすることができる。

[0089] なお、ここでいう「攪拌電圧」および「測定電圧」は、それぞれ特定の電圧である必要はなく、なんらかの条件に応じて異なる電圧であってもよい。その場合には、たとえば測定電圧の最大値を攪拌電圧の最小値より小さい電圧とすることができる。

[0090] 測定した I_{mpS} に応じた自動化学分析装置の動作は、上記した通りである。たとえば、反応容器内の被攪拌液の液面位置を、攪拌動作の開始前に検知する。液面位置の誤差（指定された液量の液面位置と、実際の液面位置と

の差)が、化学分析的な観点から許容範囲内であれば、駆動すべき分割電極を自動化学分析装置のホストコンピュータが自動的に決定または変更し、実際の液面位置に合わせた超音波照射をすることができる。

[0091] 従って、本実施例による圧電素子の $ImpS$ 測定を、稼働中の自動化学分析装置上で実行することによって、圧電素子の異常を検知するだけではなく、その異常の発現を予防することが可能となり、攪拌機構 109 に起因する本自動化学分析装置のトラブルを大幅に抑制することができる。

[0092] また、各 $ImpS$ 測定の結果を保存しておき、その測定結果の変動や推移を解析することにより、たとえば偶然には起こりえない測定結果が得られた場合等において、攪拌機構 109 の異常や故障の予兆を検知することができる。

[0093] 以上、本発明の実施例 1 について説明した。なお、実施例 1 に係る自動化学分析装置は、圧電素子が正常であるか否かを判定する機能と、被攪拌液の液面位置を検知する機能と、恒温水の液面位置を検知する機能とを備えるが、変形例として、これらの機能の一部を省略することも可能である。

[0094] また、これらの機能は、圧電素子の $ImpS$ を利用する機能の例に過ぎず、これらの機能に代えて、またはこれらの機能に加えて、圧電素子の $ImpS$ に基づいて他の機能を実行するよう構成することも可能である。たとえば、精密なピペッタなどを用いて、ある液量の液体を精度よく反応容器内に手作業で分注し、その液量に応じた液体の液面位置が、反応容器内のどの位置に対応するかを測定することにより、圧電素子と反応容器とが適切な相対的位置関係にあるか否かを判定することができる。

実施例 2

[0095] 実施例 1 では、図 3 のインピーダンススペクトルを測定する電子回路（ホストコンピュータおよびインピーダンス測定回路 204 ; Impedance Spectrum Measurement Circuit ; 以下では略して「ISMC」と表記する）が自動化学分析装置上に搭載されていた。実施例 2 は、ISMC を搭載しない自動化学分析装置（たとえば従来の自動化学分析装置）に接続可能な、 $ImpS$ 測

定器（電気インピーダンススペクトル測定器）に係るものである。以下、実施例 1 との相違点について説明する。

[0096] 実施例 2 に係る $ImpS$ 測定器は、従来の自動化学分析装置のメンテナンスツールとして用いることができる。

[0097] 実施例 1 に係る $ISMC$ （図 3）は、 $DDS301$ 、 $MCU310$ および対数増幅器 307 が主要なパーツであるが、これらのパーツは、現在ではいずれも 10 mm 以下の IC にパッケージングすることができる。従って、 $ISMC$ の回路部分は、たとえば $5\text{ cm} \times 9\text{ cm}$ （名刺サイズ）以下の基板上に構成することができる。 $ISMC$ 全体の厚さは 10 mm 以下とすることができる。このように小さいサイズに構成することによって、 $ImpS$ 測定器を可搬型とすることができ、利便性が向上する。

[0098] 図 13 に、本実施例に係る $ImpS$ 測定器およびその接続に関する構成例を示す。図 13（a）は $ImpS$ 測定器の構成例である。可搬型のケース 1201 を用いて、実施例 1 と同等の機能を備える $ISMC$ が構成される。すなわち、 $ImpS$ 測定器は、ホストコンピュータおよびインピーダンス測定回路 204 と、リレー群 208 とを備える。

[0099] また、実施例 2 に係る $ImpS$ 測定器は、キー操作ボタン 1202 と、表示装置 1203 とを備える。キー操作ボタン 1202 は、ホストコンピュータおよびインピーダンス測定回路 204 に対する動作指示を入力するための入力装置の例である。表示装置 1203 は、ホストコンピュータによる制御に基づき、測定された $ImpS$ に基づく情報を表示する。

[0100] 表示装置 1203 は、攪拌動作を実行して良いか否か（すなわち、攪拌機構 109 が適切に攪拌動作を実行できる状態であるか否か）を表す情報を表示することができる。具体例として、圧電素子が恒温水に正しく接触している場合には、攪拌動作を実行して良いことを表す情報を表示する。図 13（a）の例では、攪拌動作を実行して良いことを表す情報の例として、「ALL OK!!」というメッセージが表示されている。

[0101] また、表示装置 1203 は、反応容器内の被攪拌液の液面位置を表す情報

を表示することができる。また、表示装置 1203 は、恒温水の液面位置を表す情報を表示することができる。表示装置 1203 は、これら以外の情報を表示してもよい。

[0102] Imp S 測定器は、ケーブル 1204 を備える。ケーブル 1204 の一端はケース 1201 内に接続され、他端はコネクタ 1205 に接続される。ケーブル 1204 は、コネクタ 1205 を介して、ホストコンピュータおよびインピーダンス測定回路 204 と、各分割電極とを接続する。

[0103] 図 13 (b) に示すように、従来の自動化学分析装置は、コネクタ 112x および攪拌機構 109x を備える。Imp S 測定器のコネクタ 1205 は、自動化学分析装置のコネクタ 112x と接続することができる。これによって、ホストコンピュータおよびインピーダンス測定回路 204 は、コネクタ 1205 を介して自動化学分析装置の分割電極を制御することができる。

[0104] このような構成によれば、実施例 1 において説明した機能が、実施例 2 においても実現可能である。たとえば、従来の自動化学分析装置に対しても、圧電素子が正常であるか否かを判定する機能、被攪拌液の液面位置を検知する機能、恒温水の液面位置を検知する機能、等を実行することができる。このため、実施例 1 と同等の効果を得ることができる。

[0105] 上述の実施例 2 では、Imp S 測定器はケース 1201 を用いた可搬型の構成であり、ホストコンピュータおよびインピーダンス測定回路 204 と、キー操作ボタン 1202 と、表示装置 1203 と、リレー群 208 とが、可搬型のケース 1201 に配置されている。ここで、「可搬型」とは、たとえば 5 cm × 9 cm × 10 mm 以下のサイズを意味する。しかしながら、変形例として、より大型の可搬型ケースを用いることもできる。また、可搬型でない Imp S 測定器（たとえば据え付け型のもの）を構成することも可能である。

符号の説明

[0106] 101 … サンプルカップ
102 … サンプルディスク

- 1 0 3 …試薬ボトル
- 1 0 4 …試薬保冷ディスク
- 1 0 5 …サンプルディスペンサ
- 1 0 6 …試薬ディスペンサ
- 1 0 7 …反応容器
- 1 0 8 …反応ディスク
- 1 0 9 …攪拌機構
- 1 1 0 …吸光度計
- 1 1 1 …恒温槽
- 1 1 2 …コネクタ
- 2 0 1 …圧電素子
- 2 0 2 …治具
- 2 0 3 …電力増幅器（ドライバ）
- 2 0 4 …インピーダンス測定回路（電子回路）
- 2 0 5 …関数発生回路
- 2 0 6 …終段増幅回路
- 2 0 7 …電流モニタ
- 2 0 8 …リレー群（スイッチ装置）
- 2 0 9 …恒温水（音波を媒介する液体）
- 2 1 0 …恒温水側電極
- 2 1 1 …分割電極（複数の電極）
- 2 1 2, 2 1 3 …スイッチ
- 2 1 4, 2 1 5 …端子
- 2 1 6 …グラウンド
- 2 1 7 …出力端子
- 2 1 8 …入力端子
- 2 1 9, 2 2 0 …情報通信手段
- 3 0 1 …ダイレクト・デジタル・シンセサイザー（DDS）

3 0 2 …アンプ
3 0 3 …出力端子
3 0 4 …入力端子
3 0 5 …検出抵抗
3 0 6 …オペアンプ
3 0 7 …対数増幅器
3 0 8, 3 0 9 …配線
3 1 0 …MCU
3 1 1 …制御信号
4 0 1, 4 0 2, 4 0 5, 4 0 6, 5 0 1, 5 0 2 …プロファイル群
4 0 4 …共振周波数
6 0 3 …正常範囲
6 0 4 …空気中範囲
7 0 1 …適正位置
7 0 2 …反応容器の内表面
7 0 4 …進行波
7 0 5 …反射波
7 0 6 …圧電素子のうち恒温水に接触している側の面
8 0 1, 9 0 1, 1 0 0 1 …被攪拌液
8 0 3 …中間範囲
1 1 0 1 …恒温水（音波を媒介する液体）
1 2 0 1 …可搬型のケース
1 2 0 2 …キー操作ボタン（入力装置）
1 2 0 3 …表示装置
1 2 0 4 …ケーブル
1 2 0 5 …コネクタ

本明細書で引用した全ての刊行物、特許および特許出願はそのまま引用により本明細書に組み入れられるものとする。

請求の範囲

- [請求項1] 試薬と、分析対象であるサンプルとを反応容器内に分注し、前記反応容器へ音波を照射することにより攪拌する、自動化学分析装置において、
- 前記自動化学分析装置は、
- 前記音波を発生する圧電素子と、
- 前記圧電素子の表面に設けられた複数の電極と、
- 各前記電極に電圧を印加することにより、前記圧電素子に前記音波を発生させるドライバと、
- 各前記電極に電圧を印加することにより、各前記電極に係る電気インピーダンススペクトルを測定する電子回路と、
- を備える、自動化学分析装置。
- [請求項2] 請求項1記載の自動化学分析装置において、
- 前記ドライバは、各前記電極に係る電気インピーダンススペクトルに応じて異なる態様で、前記圧電素子に前記音波を発生させる、自動化学分析装置。
- [請求項3] 請求項1記載の自動化学分析装置において、
- 前記電子回路は、各前記電極に係る電気インピーダンススペクトルに基づいて、前記圧電素子が正常であるか否かを判定する、自動化学分析装置。
- [請求項4] 請求項1記載の自動化学分析装置において、
- 前記電子回路は、前記音波を媒介する液体に前記圧電素子が正しく接触しているか否かを、各前記電極に係る電気インピーダンススペクトルに基づいて判定し、
- 前記圧電素子が前記液体に正しく接触していない場合には、前記ドライバは、前記圧電素子に前記音波を発生させない、自動化学分析装置。
- [請求項5] 請求項1記載の自動化学分析装置において、

前記電子回路は、各前記電極に係る電気インピーダンススペクトルに基づいて、被攪拌液の液面位置を検出し、

前記ドライバは、前記液面位置に応じて異なる前記電極に電圧を印加する、

自動化学分析装置。

[請求項6] 請求項1記載の自動化学分析装置において、前記ドライバが前記圧電素子に前記音波を発生させる前に、前記電子回路が各前記電極に係る電気インピーダンススペクトルを測定する、自動化学分析装置。

[請求項7] 請求項1記載の自動化学分析装置において、
前記ドライバは、各前記電極に所定の攪拌電圧を印加することにより、前記圧電素子に前記音波を発生させ、

前記電子回路は、各前記電極に前記攪拌電圧より小さい測定電圧を印加して、前記電気インピーダンススペクトルを測定する、
自動化学分析装置。

[請求項8] 自動化学分析装置と接続可能な、電気インピーダンススペクトル測定器であって、

前記自動化学分析装置は、試薬と、分析対象であるサンプルとを反応容器内に分注し、前記反応容器へ音波を照射することにより攪拌する機能を備え、

前記自動化学分析装置は、

前記音波を発生する圧電素子と、

前記圧電素子の表面に設けられた複数の電極と、

各前記電極に電圧を印加することにより、前記圧電素子に前記音波を発生させるドライバと、

を備え、

前記電気インピーダンススペクトル測定器は、

各前記電極に係る電気インピーダンススペクトルを測定する電子回路と、

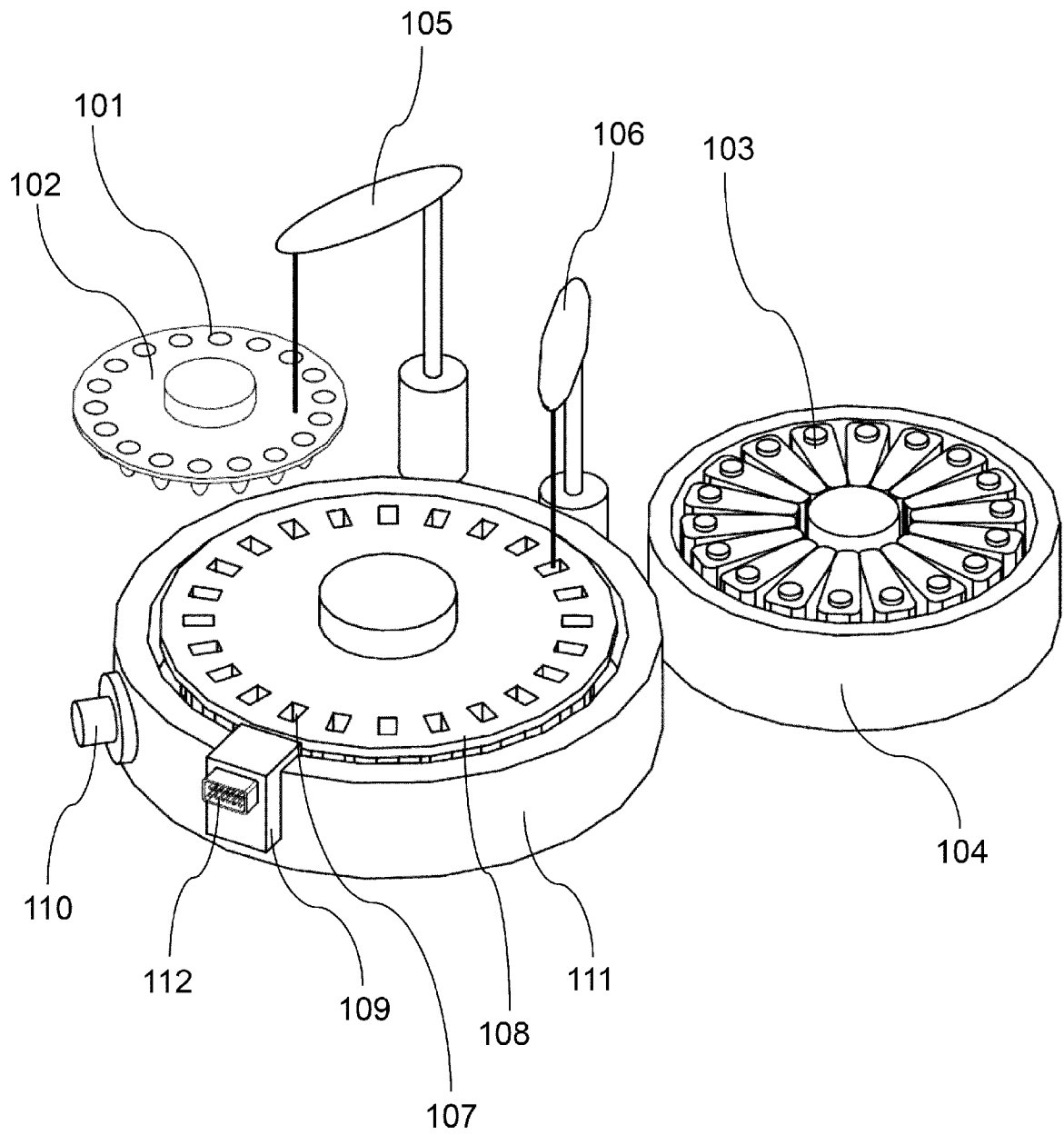
前記電子回路に対する動作指示を入力するための入力装置と、
測定された前記電気インピーダンススペクトルに基づく情報を表示
する表示装置と、
前記電子回路および各前記電極を接続するケーブルと、
前記電子回路および各前記電極の接続を切り替えるスイッチ装置と
、
を備える、電気インピーダンススペクトル測定器。

[請求項9]

請求項8記載の電気インピーダンススペクトル測定器において、
前記電子回路と、前記入力装置と、前記表示装置と、前記スイッチ
装置とが、可搬型のケースに配置されている、電気インピーダンスス
ペクトル測定器。

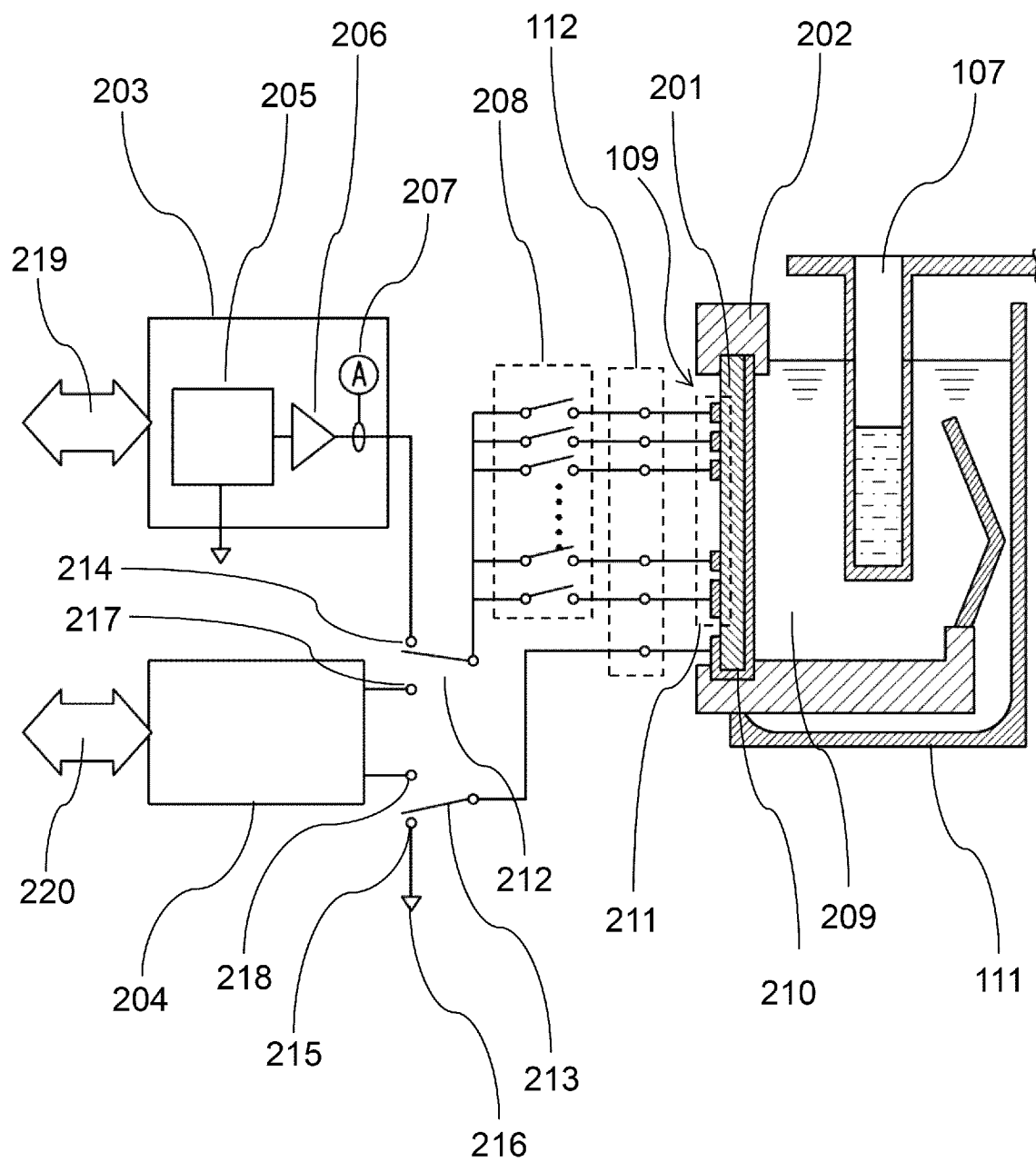
[図1]

図 1



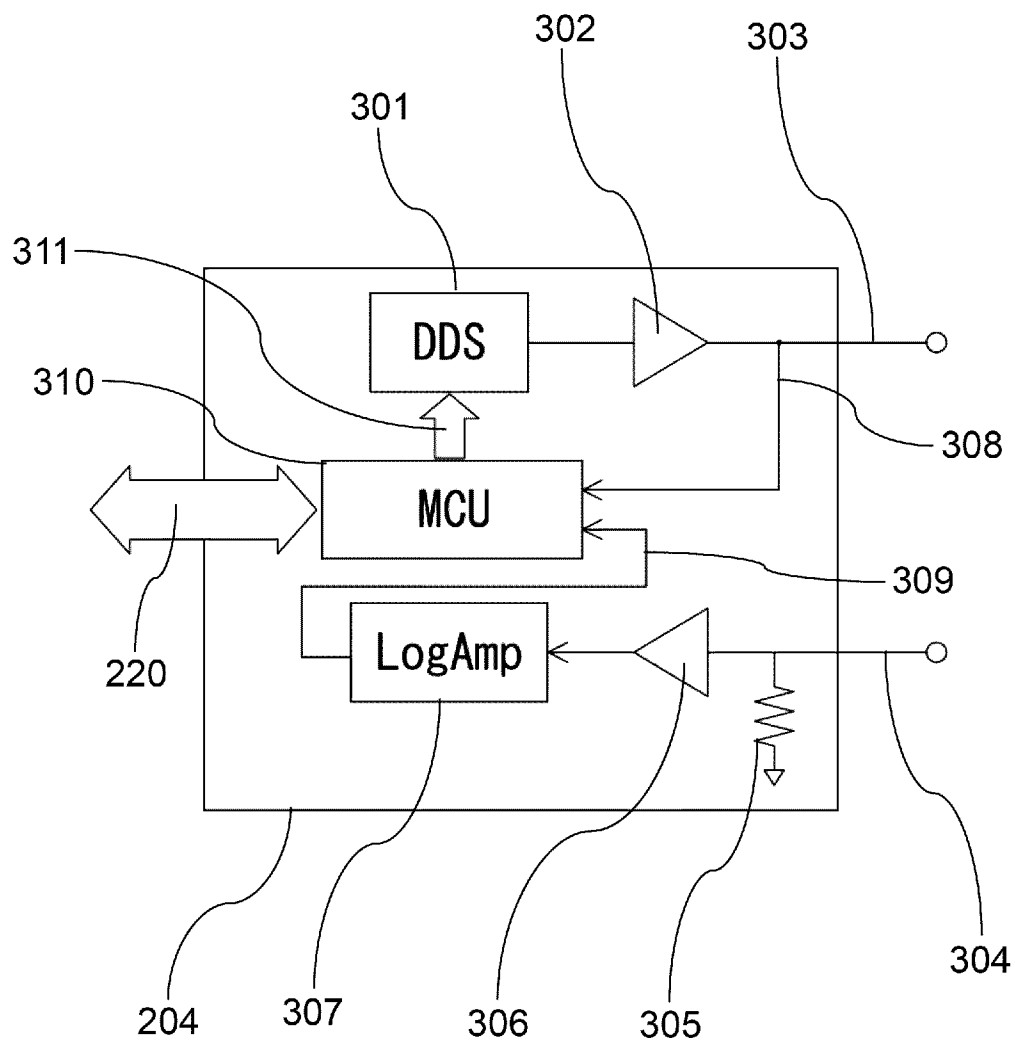
[図2]

図 2



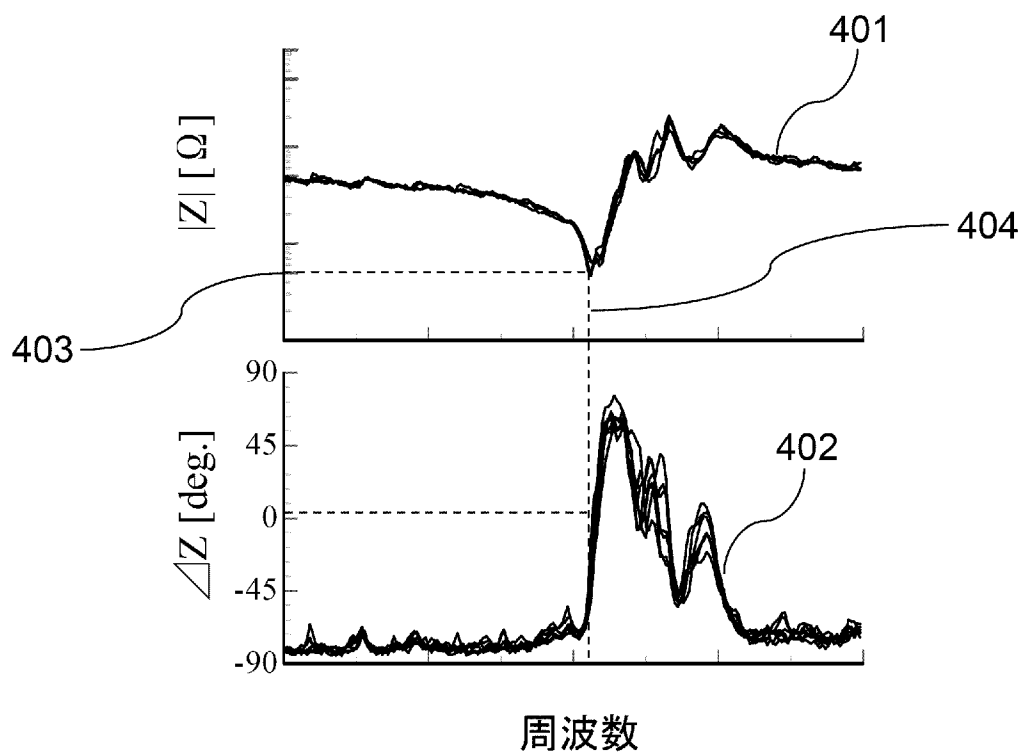
[図3]

図 3

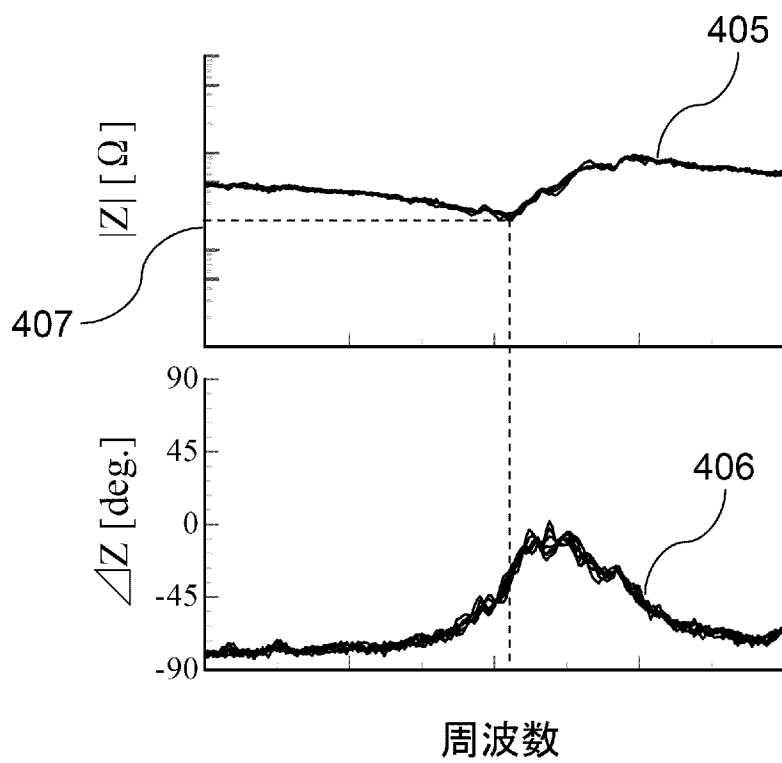


[図4]

図 4



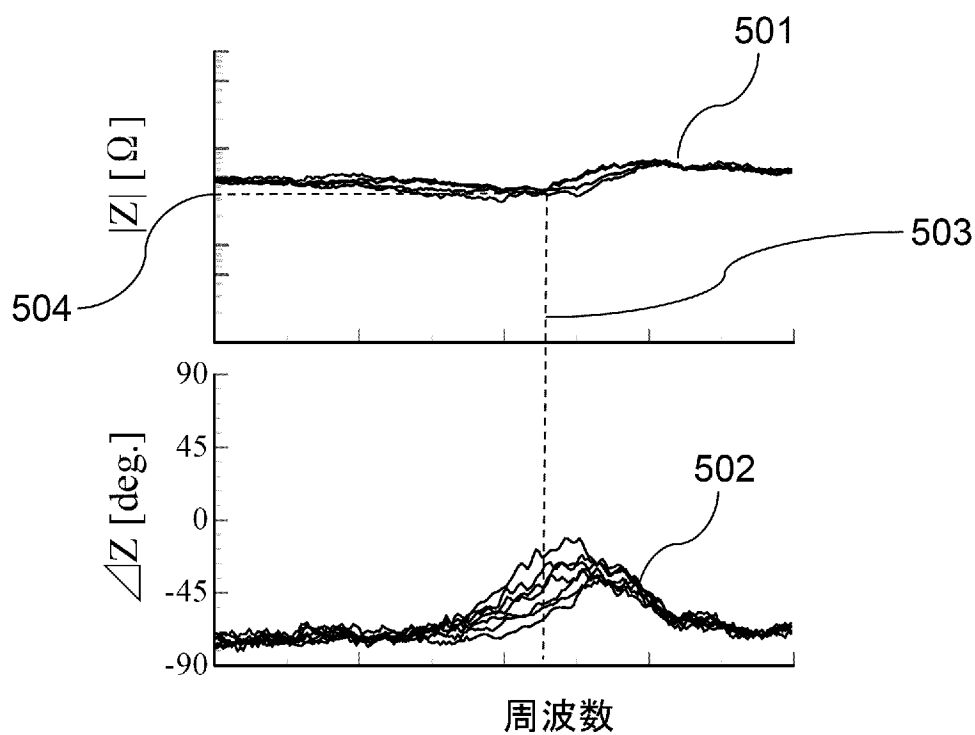
(a)



(b)

[図5]

図 5

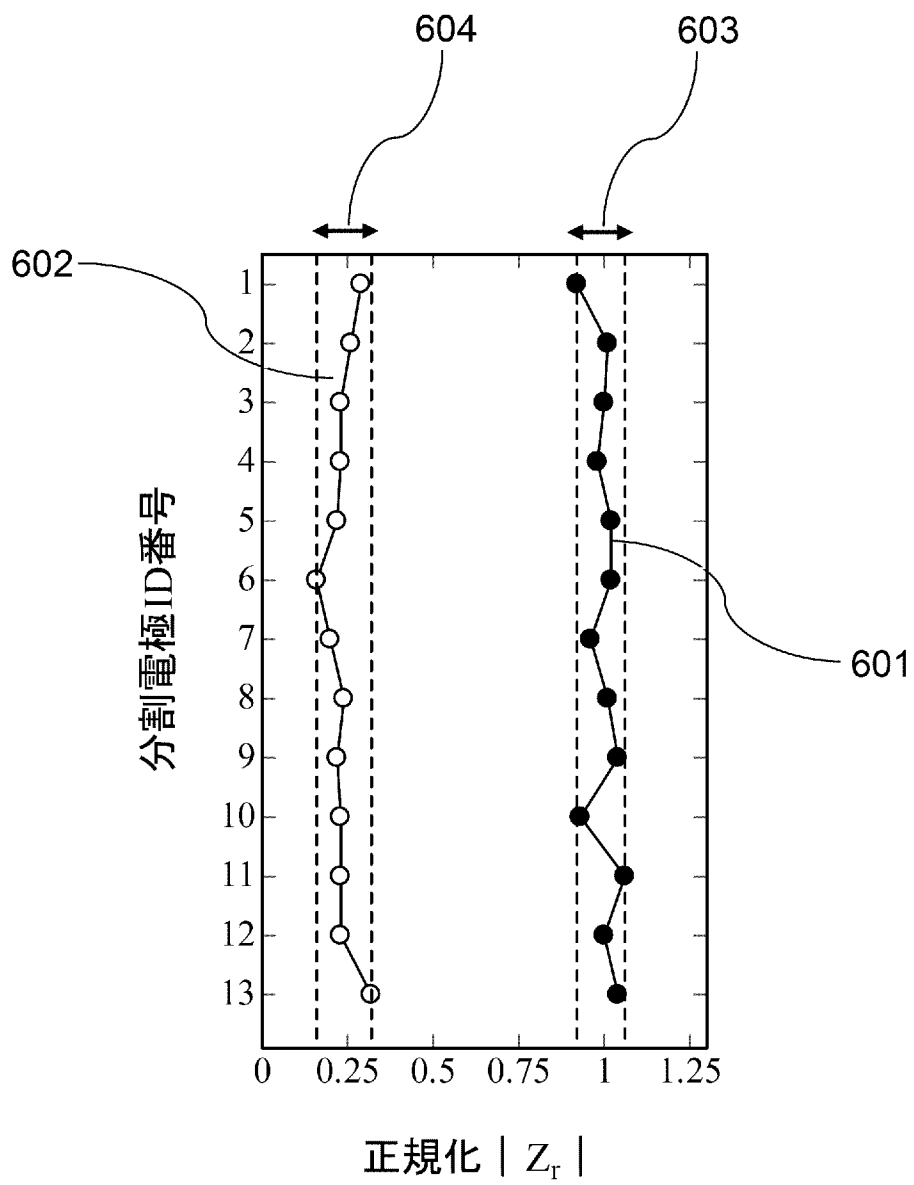


↓

例: インピーダンスに基づき、圧電素子が正常か否かを判定

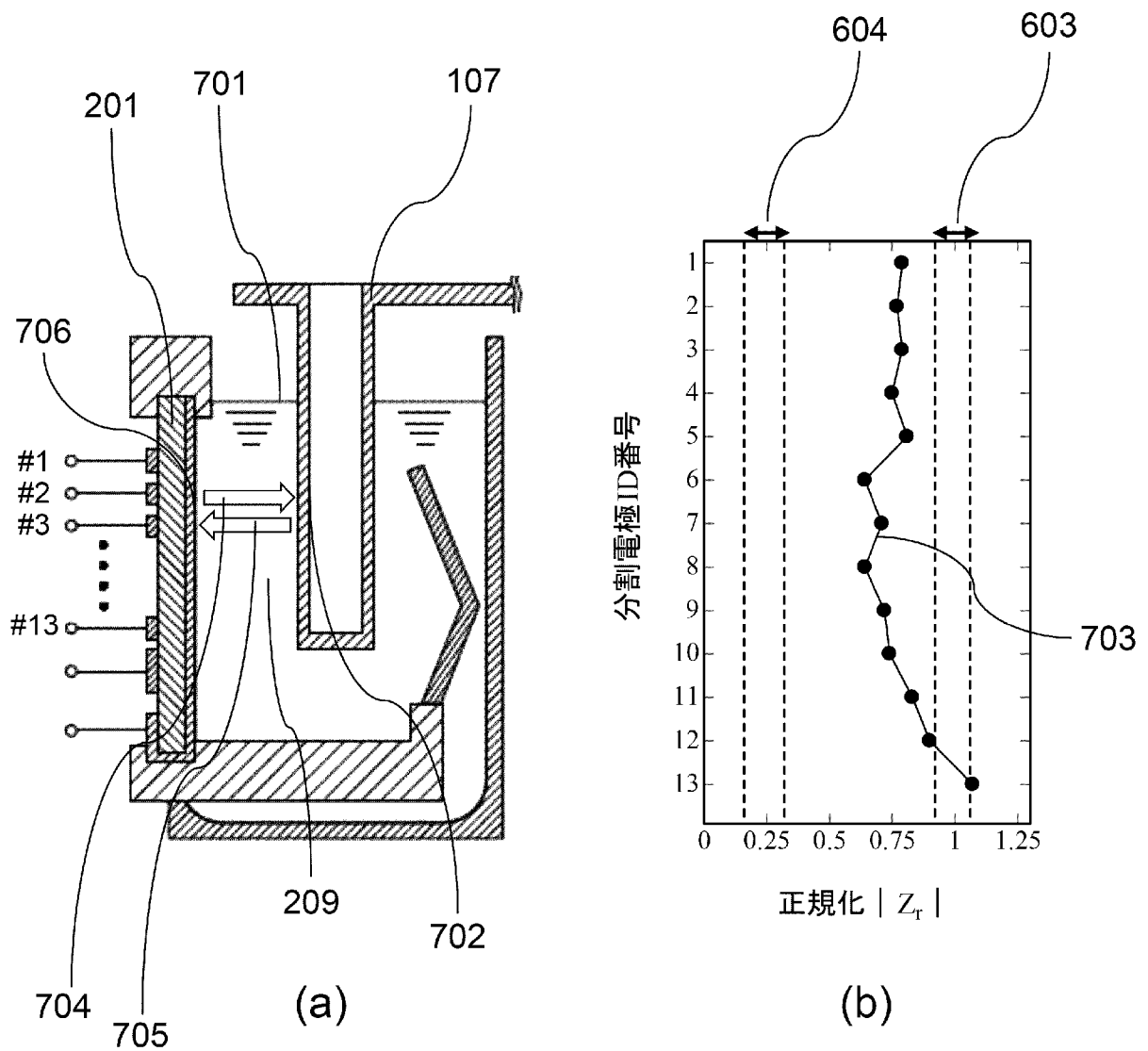
[図6]

図 6



[図7]

図 7

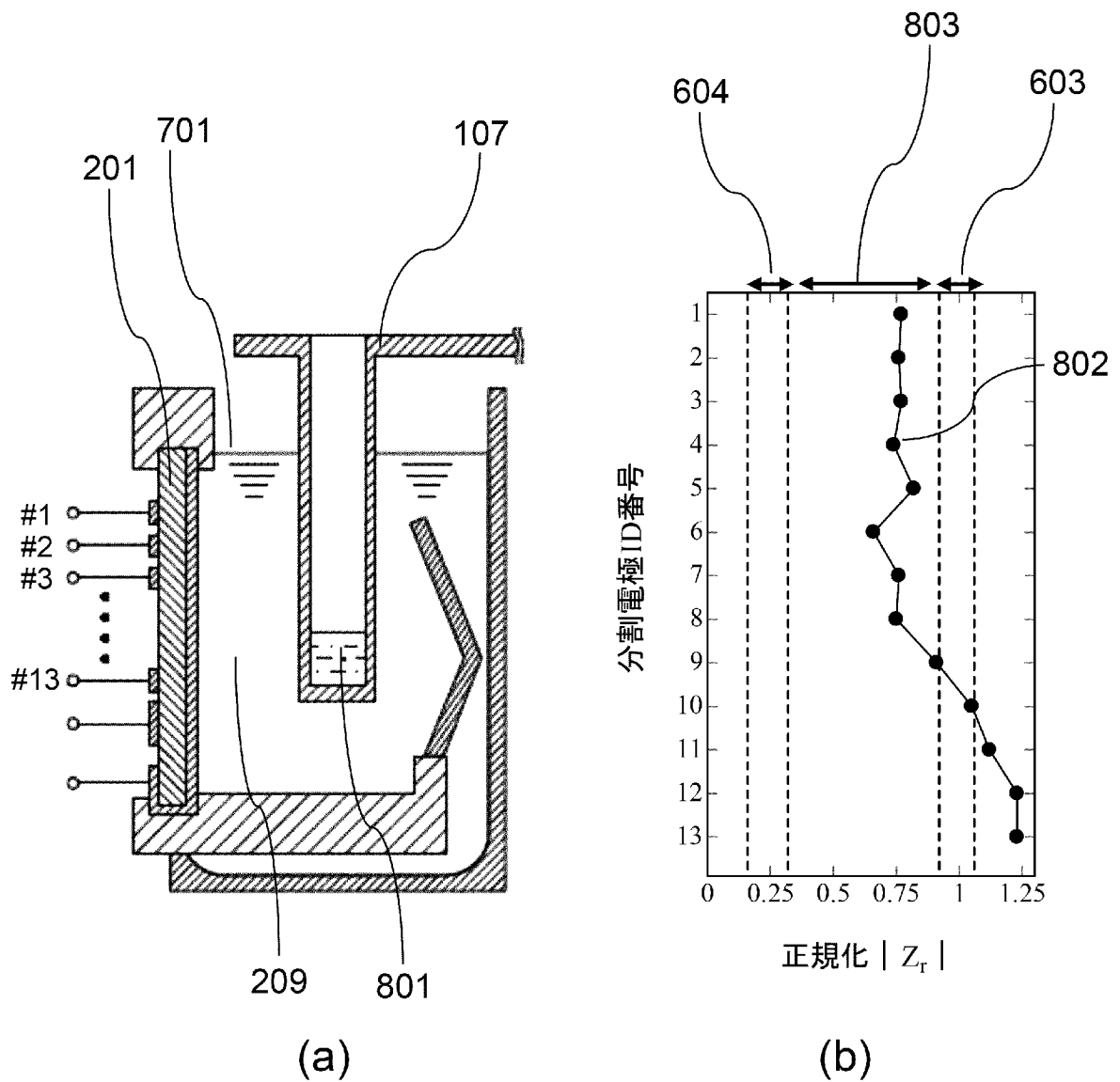


↓

例：インピーダンスに基づき被攪拌液の液面位置を検出し、
液面位置に応じて電圧を印加

[図8]

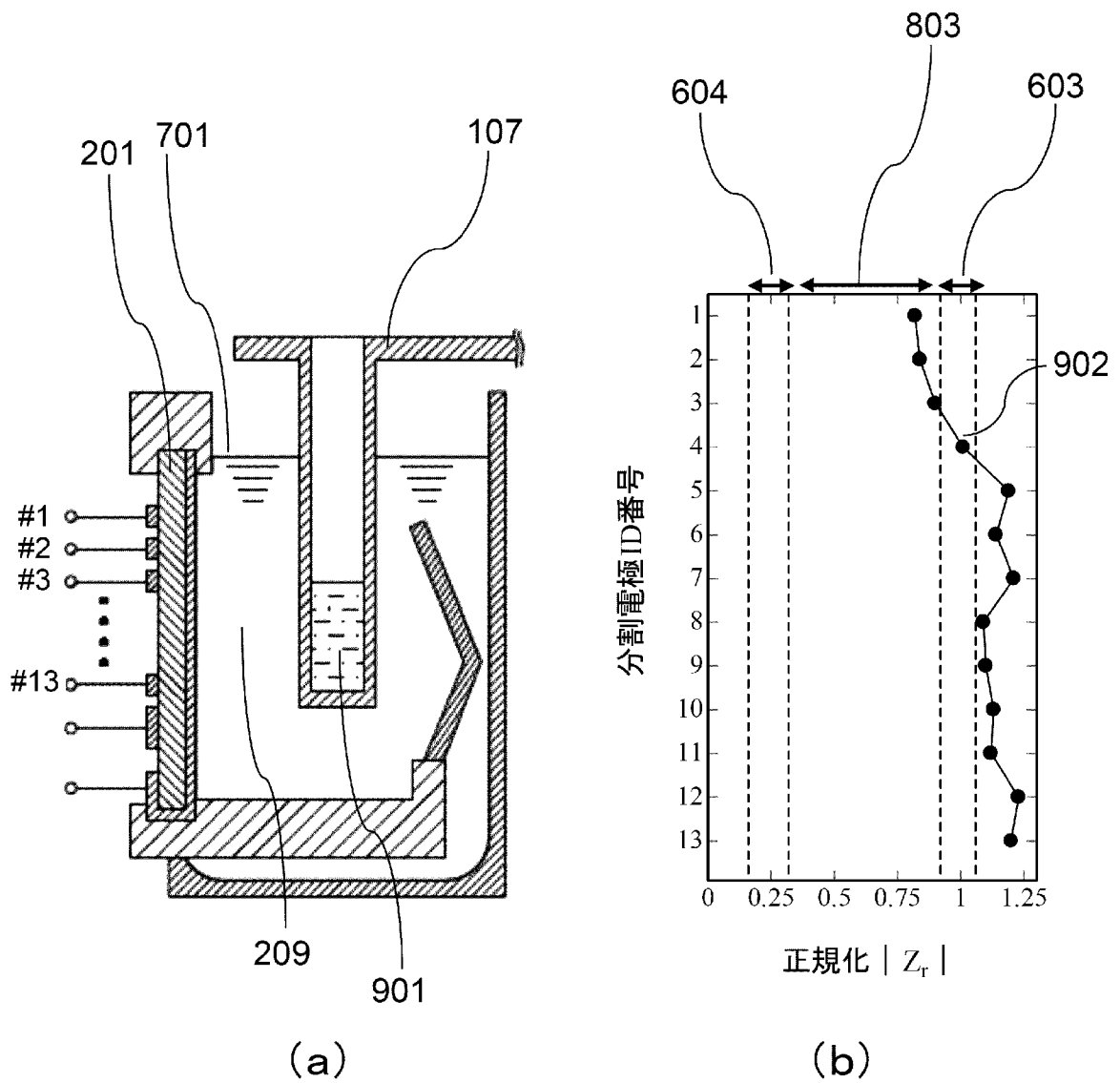
図 8



例: インピーダンスに基づき被搅拌液の液面位置を検出し、
液面位置に応じて電圧を印加

[図9]

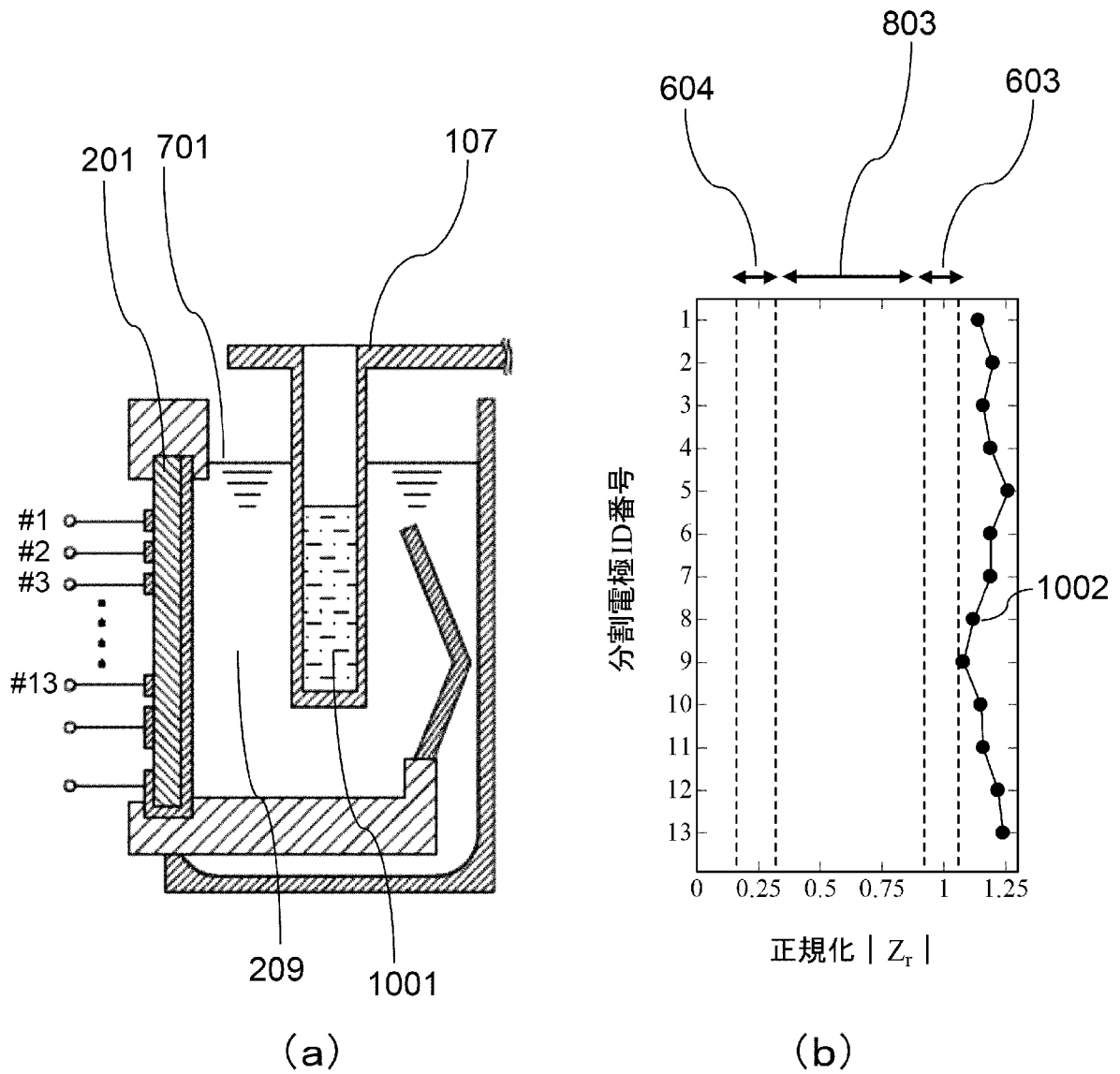
図 9



例: インピーダンスに基づき被攪拌液の液面位置を検出し、
液面位置に応じて電圧を印加

[図10]

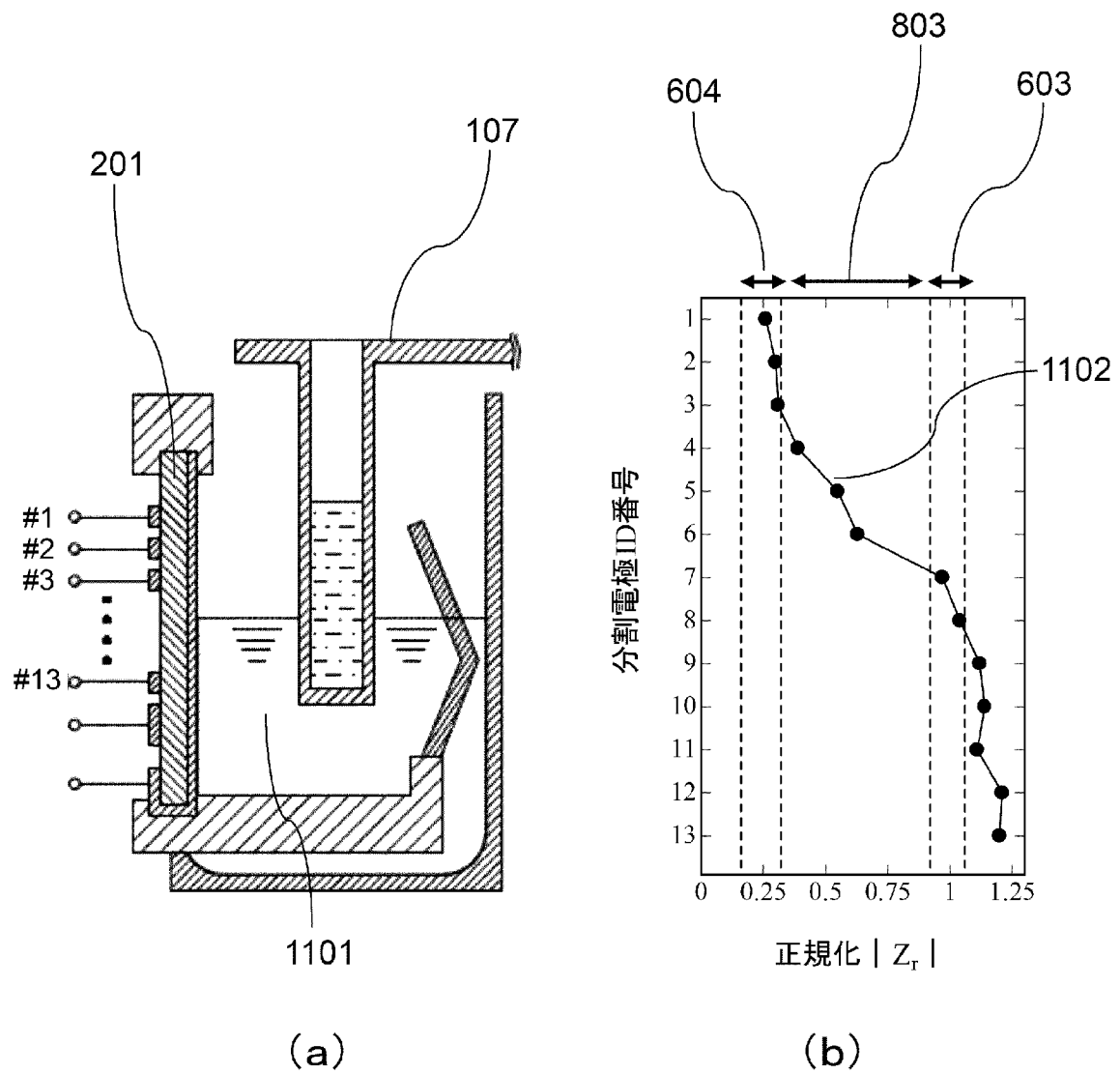
図 10



例：インピーダンスに基づき被攪拌液の液面位置を検出し、
液面位置に応じて電圧を印加

[図11]

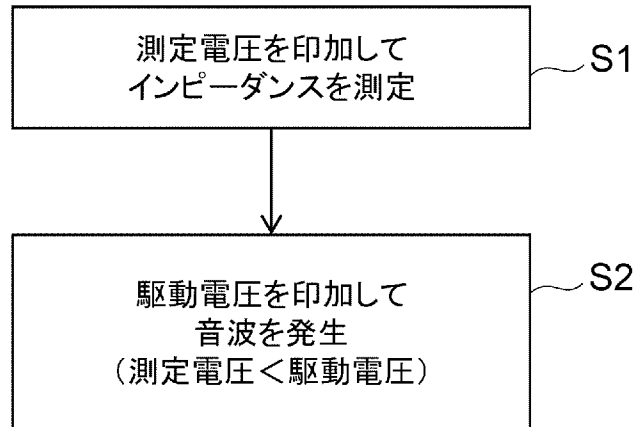
図 1 1



例：インピーダンスに基づき、
 恒温水に圧電素子が接触しているか否かを判定し、
 攪拌是非を決定

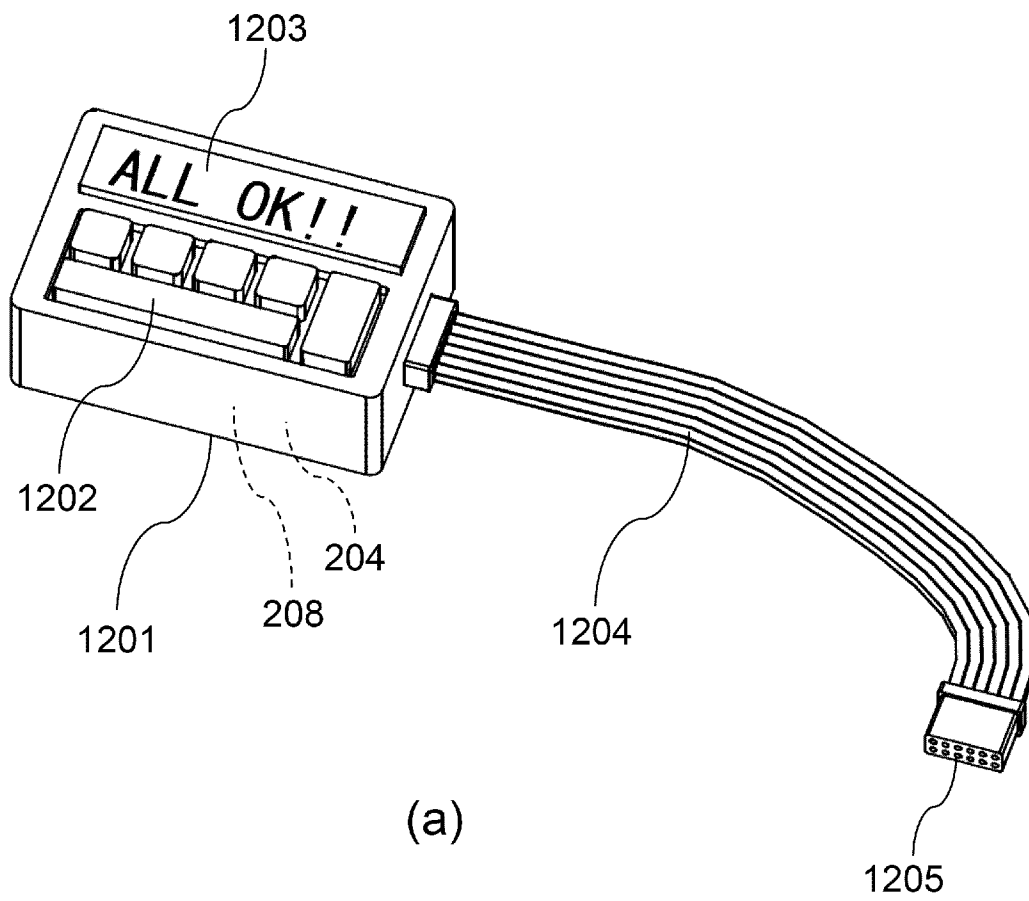
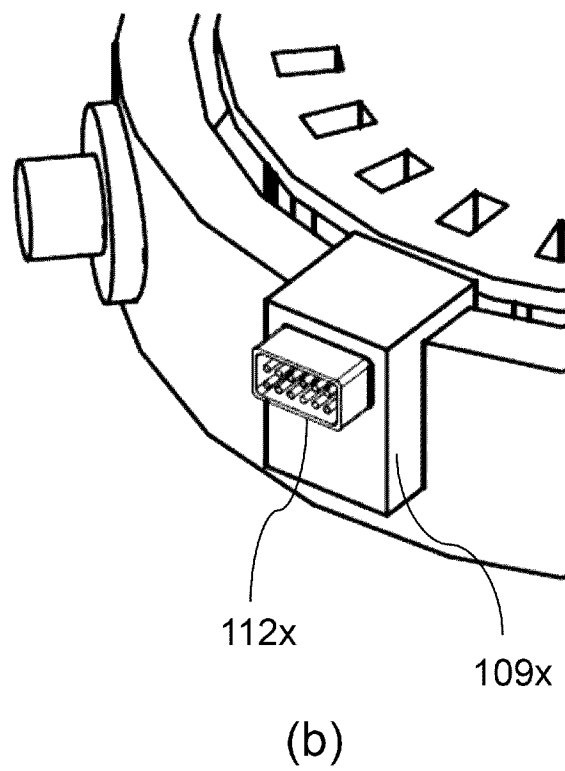
[図12]

図 1 2



[図13]

図 13



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/010389

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01N35/02 (2006.01) i

FI: G01N35/02D

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. G01N35/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021

Registered utility model specifications of Japan 1996-2021

Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2010-096638 A (HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORP.)	1-7
Y	30 April 2010 (2010-04-30), paragraphs [0009]-[0022], fig. 1-3	8-9
Y	JP 62-073165 A (HITACHI, LTD.) 03 April 1987 (1987-04-03), page 3, upper left column, line 16 to page 4, lower right column, line 18	8-9
A	JP 2003-254979 A (HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORP.) 10 September 2003 (2003-09-10), paragraph [0041]	1-9
A	US 2016/0121611 A1 (OCE-TECHNOLOGIES B.V.) 05 May 2016 (2016-05-05), paragraphs [0011], [0012], [0032]	1-9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 April 2021

Date of mailing of the international search report

11 May 2021

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office

3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,

Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/010389

JP 2010-096638 A 30 April 2010 (Family: none)

JP 62-073165 A 03 April 1987 (Family: none)

JP 2003-254979 A 10 September 2003 (Family: none)

US 2016/0121611 A1 05 May 2016 WO 2015/010985 A1
EP 3024658 A1

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01N 35/02(2006.01)i FI: G01N35/02 D														
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G01N35/02 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2021年</td> </tr> </table> 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年													
C. 関連すると認められる文献														
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号												
X	JP 2010-096638 A（株式会社日立ハイテクノロジーズ） 30.04.2010（2010 - 04 - 30） [0009]-[0022], [図1]-[図3]	1-7												
Y		8-9												
Y	JP 62-073165 A（株式会社日立製作所） 03.04.1987（1987 - 04 - 03） 第3頁左上欄第16行-第4頁右下欄第18行	8-9												
A	JP 2003-254979 A（株式会社日立ハイテクノロジーズ） 10.09.2003（2003 - 09 - 10） [0041]	1-9												
A	US 2016/0121611 A1（OCE-TECHNOLOGIES B.V.） 05.05.2016（2016 - 05 - 05） [0011]-[0012]; [0032]	1-9												
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの</td> <td>“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</td> <td>“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献	“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	
* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの													
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの													
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献														
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献														
国際調査を完了した日 16.04.2021	国際調査報告の発送日 11.05.2021													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 福田 裕司 2J 9109 電話番号 03-3581-1101 内線 3252													

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/010389

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2010-096638	A	30.04.2010	(ファミリーなし)			
JP	62-073165	A	03.04.1987	(ファミリーなし)			
JP	2003-254979	A	10.09.2003	(ファミリーなし)			
US	2016/0121611	A1	05.05.2016	WO	2015/010985	A1	
				EP	3024658	A1	