

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-199037

(P2015-199037A)

(43) 公開日 平成27年11月12日(2015.11.12)

(51) Int.Cl.		F I			テーマコード (参考)
<b>BO1F 11/00</b>	<b>(2006.01)</b>	BO1F 11/00		A	2G058
<b>GO1N 35/02</b>	<b>(2006.01)</b>	GO1N 35/02		D	4G036

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2014-79637 (P2014-79637)  
 (22) 出願日 平成26年4月8日 (2014.4.8)

(71) 出願人 000003078  
 株式会社東芝  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号  
 (71) 出願人 594164542  
 東芝メディカルシステムズ株式会社  
 栃木県大田原市下石上1385番地  
 (74) 代理人 100108855  
 弁理士 蔵田 昌俊  
 (74) 代理人 100109830  
 弁理士 福原 淑弘  
 (74) 代理人 100103034  
 弁理士 野河 信久  
 (74) 代理人 100075672  
 弁理士 峰 隆司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 攪拌装置及び自動分析装置

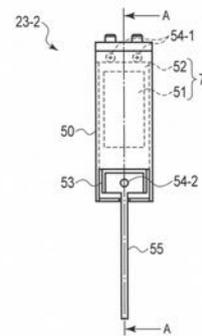
(57) 【要約】

【課題】攪拌効率や測定精度の向上を実現しつつ鉛を使用しない攪拌装置及び自動分析装置を提供すること。

【解決手段】圧電振動子51は、電圧の印加を受けて振動する。保持部52は、圧電振動子51に接続されている。スペーサ53は、保持部52に取り付けられている。ブレード55は、スペーサ53に取り付けられ溶液を攪拌する。圧電振動子51は、 $ABO_3$ 型のペロブスカイト構造を有する圧電材料を含み、当該圧電材料は、Aサイト元素としてビスマスとカリウムとの少なくとも一種を含んでいる。

【選択図】 図2

図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

電圧の印加を受けて振動する振動部と、  
前記振動部に接続された保持部と、  
前記保持部に取り付けられたスペーサと、  
前記スペーサに取り付けられ溶液を攪拌するための攪拌棒と、  
を具備する攪拌装置であって、  
前記振動部は、 $ABO_3$ 型のペロブスカイト構造を有する圧電材料を含み、前記圧電材料は、A サイト元素としてビスマスとカリウムとの少なくとも一種を含む、  
ことを特徴とする攪拌装置。

10

**【請求項 2】**

前記振動部に印加される交流電圧を発生する電源部をさらに備え、  
前記電源部は、前記攪拌棒が 2 次モードで振動する周波数の交流電圧を前記振動部に印加可能である、  
請求項 1 記載の攪拌装置。

**【請求項 3】**

前記振動部に印加される交流電圧を発生する電源部をさらに備え、  
前記交流電圧の周波数は、前記攪拌棒の先端の振幅が前記溶液を収容する容器の内壁間距離よりも狭くなるように設定される、  
請求項 1 記載の攪拌装置。

20

**【請求項 4】**

前記 2 次モードにおける前記攪拌棒の振動の節が前記溶液の液面近傍に位置するように前記攪拌棒を支持する支持部をさらに有する、請求項 2 記載の攪拌装置。

**【請求項 5】**

前記保持部は、板形状を有する金属製の基板を有し、  
前記振動部は、前記基板の前面に取り付けられ前記圧電材料を含む第 1 の圧電振動子と背面に取り付けられ前記圧電材料を含む第 2 の圧電振動子とを有する、  
請求項 1 記載の攪拌装置。

**【請求項 6】**

前記振動部は、前記圧電材料により形成された複数の圧電体が電極材料により形成された電極を介して積層され、電極は一層おきに接続され、かつ、互いの電極は絶縁された積層化構造を有している、請求項 1 記載の攪拌装置。

30

**【請求項 7】**

前記圧電材料は、A サイト元素としてビスマスとカリウムとの少なくとも一種に加え、ナトリウム、リチウム、及びバリウムの少なくとも一種を含む、請求項 1 記載の攪拌装置。

**【請求項 8】**

前記圧電材料は、B サイト元素としてチタン、ニオブ、及びタンタルの少なくとも一種を含む、請求項 1 記載の攪拌装置。

**【請求項 9】**

前記圧電材料は、A サイト元素として鉛を含まない、請求項 1 記載の攪拌装置。

40

**【請求項 10】**

反応管を保持可能な保持機構と、  
前記反応管内に収容された溶液を攪拌するための攪拌部と、  
前記反応管内に収容された溶液に光を照射して前記照射された光を検出し、前記検出された光の強度に応じたデータを生成する光学測定部と、  
前記データに基づいて前記溶液についての測定項目の値を計算する計算部と、を具備する自動分析装置であって、  
前記攪拌部は、  
電圧の印加を受けて振動する振動部と、

50

前記振動部に接続された保持部と、  
前記保持部に取り付けられたスペーサと、  
前記スペーサに取り付けられた攪拌棒と、を備え、  
前記振動部は、 $ABO_3$ 型のペロブスカイト構造を有する圧電材料を含み、前記圧電材料は、Aサイト元素としてビスマスとカリウムとの少なくとも一種を含む、  
ことを特徴とする自動分析装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、攪拌装置及び自動分析装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

自動分析装置は、多サンプル、多項目の血清成分を自動的に定量評価する装置であり、現在臨床検査において広く用いられている。定量評価は、血液から分離した検体を反応管に吐出し、測定項目に対応する試薬を反応管に吐出し、反応管内の検体と試薬とを攪拌装置で攪拌し、反応管内の反応液を比色測定する、という順番で行われる。検体と試薬とを可能な限り短い時間で均一に混合する必要がある。自動分析装置に用いられる反応管の容量は、数百 $\mu$ lと小さい。このような微小容量の反応管内で反応液を攪拌するための方法として、従来、攪拌棒をモータや磁石で回転させていた。しかしながら、この方式においては反応管内の底部のみ攪拌されるため、攪拌の効果が反応管内の上部まで伝達しにくく、攪拌時間が長くなるという欠点がある。この方式においては時間短縮のためにモータの回転数を増加させることが考えられた。しかし、回転数を増加するにつれて反応液に泡が発生したり、気泡を巻き込んだりして、反応管の形状や大きさによって反応液が反応管から溢れたり飛び散ったりしていた。また、反応管内に残留した気泡は、後の比色測定における測定誤差を増大させる要因となる。

20

【0003】

これらの課題を解決するため、バイモルフ圧電振動子にブレードと呼ばれる柔軟性を有する金属片を直接的に又はスペーサを介して間接的に接続された攪拌装置が利用されている（特許文献1、特許文献2、非特許文献1参照）。この攪拌装置によれば、ブレードを2次モードで振動させることにより攪拌効率を向上することができる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特許第3135605号公報

【特許文献2】特許第3756296号公報

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】大屋英郎、外4名、“自動分析装置用圧電バイモルフ攪拌子の開発”、電学論C、122巻、9号、1672-1678頁、平成14年

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

目的は、鉛を使用しない攪拌装置及び自動分析装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本実施形態に係る攪拌装置は、電圧の印加を受けて振動する振動部と、前記振動部に接続された保持部と、前記保持部に取り付けられたスペーサと、前記スペーサに取り付けられ溶液を攪拌するための攪拌棒と、を具備する攪拌装置であって、前記振動部は、 $ABO_3$ 型のペロブスカイト構造を有する圧電材料を含み、前記圧電材料は、Aサイト元素としてビスマスとカリウムとの少なくとも一種を含む、ことを特徴とする。

50

## 【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本実施形態に係る自動分析装置の構成を示す図。

【図2】本実施形態に係る攪拌部の攪拌子の正面の概略図。

【図3】図2の攪拌子のA-A断面の概略図。

【図4】図2の圧電振動子の概略的な構成断面図。

【図5】図1の攪拌部の振動に係る電気系統を概略的に示す図。

【図6】1次の振動モードにおける攪拌子を模式的に示す図。

【図7】2次の振動モードにおける攪拌子を模式的に示す図。

【図8】本実施形態に係る攪拌子と従来例に係る攪拌子とのブレードの先端の振幅の周波数依存性を示したグラフを示す図。 10

【図9】本実施形態に係る攪拌性能の評価方法を説明するための図。

【図10】発泡が生じていない、攪拌中の反応管内の溶液の動きを高速カメラで撮影した様子を示す図。

【図11】発泡が生じている、攪拌中の反応管内の溶液の動きを高速カメラで撮影した様子を示す図。

【図12】2次モードにおける本実施形態に係る攪拌子の振動の節と従来例に係る攪拌子の振動の節とを比較するための図。

【図13】本実施形態に係る他の圧電振動子の概略的な構成図。

【発明を実施するための形態】 20

【0009】

従来の攪拌装置における圧電振動子としては、PZT（チタン酸ジルコン酸鉛：lead zirconate titamate）に代表される鉛を用いた圧電材料が用いられている。しかし、鉛による環境や生物への影響を排除するため、鉛を用いない製品が望まれている。また、攪拌時間の短縮への要望は根強く、更なる短縮が望まれている。また、患者の負担を減らすため、採血量を減らすことも望まれている。既存の攪拌装置において検体の液量を減らした場合、反応液に発泡が生じやすくなる。反応液に生じた泡は、反応管内の内側に残留しやすく、比色検査等の光学測定に係る測定誤差を増大させてしまう。

【0010】

以下、図面を参照しながら本実施形態に係わる攪拌装置及び自動分析装置を説明する。 30

【0011】

図1は、本実施形態に係る自動分析装置1の構成を示す図である。図1に示すように、自動分析装置1は、分析機構2、分析機構制御部3、解析部4、表示部5、操作部6、記憶部7、及びシステム制御部8を備える。

【0012】

分析機構2は、分析機構制御部3による制御に従って作動する。分析機構2は、自動分析装置の筐体に設けられている。分析機構2は、例えば、図1に示すように、反応ディスク11、サンプルディスク13、第1試薬庫15、第2試薬庫17、サンプルアーム19  
1、サンプルプローブ21 1、第1試薬アーム19 2、第1試薬プローブ21 2、第2試薬アーム19 3、第2試薬プローブ21 3、攪拌部23、光学測定部25、  
及び洗浄部27を搭載する。 40

【0013】

反応ディスク（保持機構）11は、円周上に配列された複数の反応管31を保持することができる。反応ディスク11は、既定の時間間隔で回転と停止とを交互に繰り返す。サンプルディスク13は、反応ディスク11の近傍に配置されている。サンプルディスク13は、検体が収容されたサンプル容器33を保持することができる。サンプルディスク13は、分注対象の検体が収容されたサンプル容器33が検体吸入位置に配置されるように回転する。第1試薬庫15は、検体の測定項目に選択的に反応する第1試薬が収容された複数の第1試薬容器35を保持する。第1試薬庫15は、分注対象の第1試薬が収容された第1試薬容器35が第1試薬吸入位置に配置されるように回転する。第2試薬庫17は 50

、反応ディスク 11 の近傍に配置される。第 2 試薬庫 17 は、第 1 試薬に対応する第 2 試薬が収容された複数の第 2 試薬容器 37 を保持する。第 2 試薬庫 17 は、分注対象の第 2 試薬が収容された第 2 試薬容器 37 が第 2 試薬吸入位置に配置されるように回転する。

【0014】

反応ディスク 11 とサンプルディスク 13 との間にはサンプルアーム 19 1 が配置される。サンプルアーム 19 1 の先端には、サンプルプローブ 21 1 が取り付けられている。サンプルアーム 19 1 は、サンプルプローブ 21 1 を上下動可能に支持している。また、サンプルアーム 19 1 は、円弧状の回転軌跡に沿って回転可能にサンプルプローブ 21 1 を支持している。サンプルプローブ 21 1 の回転軌跡は、サンプルディスク 13 上のサンプル吸入位置や反応ディスク 11 上のサンプル吐出位置を通過する。サンプルプローブ 21 1 は、サンプルディスク 13 上のサンプル吸入位置に配置されているサンプル容器 33 から検体を吸入し、反応ディスク 11 上の吐出位置に配置されている反応管 31 に検体を吐出する。

10

【0015】

反応ディスク 11 の外周近傍には第 1 試薬アーム 19 2 が配置される。第 1 試薬アーム 19 2 の先端には第 1 試薬プローブ 21 2 が取り付けられている。第 1 試薬アーム 19 2 は、第 1 試薬プローブ 21 2 を上下動可能に支持する。また、第 1 試薬アーム 19 2 は、円弧状の回転軌跡に沿って回転可能に第 1 試薬プローブ 21 2 を支持している。第 1 試薬プローブ 21 2 の回転軌跡は、第 1 試薬庫 15 上の第 1 試薬吸入位置と反応ディスク 11 上の第 1 試薬吐出位置とを通る。第 1 試薬プローブ 21 2 は、第 1 試薬庫 15 上の第 1 試薬吸入位置に配置されている第 1 試薬容器 35 から第 1 試薬を吸入し、反応ディスク 11 上の第 1 試薬吐出位置に配置されている反応管 31 に第 1 試薬を吐出する。

20

【0016】

反応ディスク 11 と第 2 試薬庫 17 との間には第 2 試薬アーム 19 3 が配置される。第 2 試薬アーム 19 3 の先端には第 2 試薬プローブ 21 3 が取り付けられている。第 2 試薬アーム 19 3 は、第 2 試薬プローブ 21 3 を上下動可能に支持する。また、第 2 試薬アーム 19 3 は、円弧状の回転軌跡に沿って回転可能に第 2 試薬プローブ 21 3 を支持している。第 2 試薬プローブ 21 3 の回転軌跡は、第 2 試薬庫 17 上の第 2 試薬吸入位置と反応ディスク 11 上の第 2 試薬吐出位置とを通る。第 2 試薬プローブ 21 3 は、第 2 試薬庫 17 上の第 2 試薬吸入位置に配置されている第 2 試薬容器 37 から第 2 試薬を吸入し、反応ディスク 11 上の第 2 試薬吐出位置に配置されている反応管 31 に第 2 試薬を吐出する。

30

【0017】

反応ディスク 11 の外周近傍には攪拌部 23 が配置される。攪拌部 23 は、攪拌子保持機構（支持部）23-1 と攪拌子 23-2 とが取り付けられている。攪拌子保持機構 23-1 は、攪拌子 23-2 を上下動可能に支持する。攪拌子 23-2 は、攪拌子保持機構 23-1 により、反応ディスク 11 上の攪拌位置に配置された反応管 31 内に下降される。攪拌子 23-1 の下降後、攪拌部 23 は、攪拌子 23-2 を振動させ、反応管 31 内の検体と第 1 試薬との混合液、または、検体と第 1 試薬と第 2 試薬との混合液を攪拌する。以下、これら溶液を反応液と呼ぶことにする。また、攪拌部 23 は、攪拌終了後の所定のタイミングにおいて、攪拌子 23-2 に洗浄液を噴射することにより攪拌子 23-2 を洗浄する。この際、攪拌部 23 は、攪拌子 23-2 を振動させ、攪拌子 23-2 に付着している洗浄液を振り落とす。

40

【0018】

反応ディスク 11 の近傍には、光学測定部 25 が設けられている。光学測定部 25 は、分析機構制御部 3 による制御に従って作動する。具体的には、光学測定部 25 は、光源 210 と検出器 220 とを有している。光源 210 は、反応ディスク 11 内の測光位置にある反応管 31 内の反応液に向けて光を照射する。検出器 220 は、測光位置にある反応管 31 を挟んで光源に対向する位置に配置される。検出器 220 は、光源から照射され反応

50

管 3 1 及び反応液を透過した光、反応管 3 1 及び反応液により反射された光、あるいは、反応管 3 1 及び反応液により散乱された光を検出する。検出器 2 2 0 は、検出された光の強度に応じた計測値を表現するデータ（以下、測光データと呼ぶことにする。）を生成する。生成された測光データは、解析部 4 に供給される。

【 0 0 1 9 】

反応ディスク 1 1 の外周には、洗浄部 2 7 が設けられている。洗浄部 2 7 は、分析機構制御部 3 による制御に従って作動する。具体的には、洗浄部 2 7 は、洗浄ノズルと乾燥ノズルとを装備している。洗浄部 2 7 は、反応ディスク 1 1 の洗浄位置にある反応管 3 1 を洗浄ノズルで洗浄し、乾燥ノズルで乾燥する。

【 0 0 2 0 】

分析機構制御部 3 は、システム制御部 8 による制御に従って分析機構 2 の各装置や機構を作動する。解析部 4 は、測光データに基づいて反応液についての測定項目の値を計算する。具体的には、解析部 4 は、測光データに基づいて反応液の吸光度を算出したり、算出された吸光度に基づいて濁度を算出したりする。表示部 5 は、例えば CRT ディスプレイや、液晶ディスプレイ、有機 EL ディスプレイ、プラズマディスプレイ等の表示デバイスを有する。表示部 5 は、解析部 4 による解析結果を表示する。操作部 6 は、オペレータからの入力機器を介した各種指令や情報入力を受け付ける。入力機器としては、マウスやトラックボールなどのポインティングデバイス、スイッチボタン等の選択デバイス、あるいはキーボード等の入力デバイスが適宜利用可能である。記憶部 7 は、自動分析装置 1 の動作プログラム等を記憶している。システム制御部 8 は、自動分析装置 1 の中枢として機能する。システム制御部 8 は、記憶部 7 から動作プログラムを読み出し、動作プログラムに従って各部 3 , 4 , 5 , 7 を制御する。

【 0 0 2 1 】

次に、本実施形態に係る自動分析装置 1 の詳細について説明する。

【 0 0 2 2 】

図 2 は、本実施形態に係る攪拌部 2 3 の攪拌子 2 3 - 2 の正面の概略図であり、図 3 は、図 2 の攪拌子 2 3 - 2 の A - A 断面の概略図である。図 2 の実線部分は外部から視認可能な部分であり、点線部分は外部から視認不能な部分を表している。

【 0 0 2 3 】

図 2 及び図 3 に示すように、攪拌子 2 3 - 2 は、筐体 5 0 を有している。筐体 5 0 の内部には、振動部 5 1、保持部 5 2、及びスペーサ 5 3 が収容されている。振動部 5 1 は、図示しない電源部からの電圧の印加を受けて振動する。振動部 5 1 は、圧電振動子からなる。保持部 5 2 は、柔体構造を有する金属基板により構成される。保持部 5 2 の前面と裏面との各々には圧電振動子 5 1 が貼り付けられている。すなわち、保持部 5 2 は圧電振動子に接続されている。以下、表面に張り付けられた圧電振動子 5 1 を表側振動子 5 1 - 1 と呼び、裏面に張り付けられた圧電振動子 5 1 を裏側振動子 5 1 - 2 と呼ぶことにする。このように、保持部 5 2 と表側振動子 5 1 - 1 と裏側振動子 5 1 - 2 とはバイモルフ圧電振動子 7 0 を構成する。保持部 5 2 の一端は、ねじ等の締結具 5 4 - 1 により筐体 5 0 に固定されている。保持部 5 2 の他端にはスペーサ 5 3 を介してブレード 5 5 が取り付けられている。筐体 5 0 の下端には切欠きが形成され、スペーサ 5 3 とブレード 5 5 とが外部に露出されている。保持部 5 2 とスペーサ 5 3 とブレード 5 5 とは、筐体 5 0 の下部において、ねじ等の締結具 5 4 - 2 により一体に固定されている。ブレード 5 5 は、反応管 3 1 内の反応液を攪拌するための攪拌棒である。典型的には、ブレード 5 5 と保持部 5 2 とは、同一の材質の金属により形成される。ブレード 5 5 の表面は、反応管 3 1 内の様々な液性の溶液にブレード 5 5 が耐えられるように保護用コーティングがされている。締結具 5 4 - 2 の軸心に沿うスペーサ 5 3 の厚み a は、筐体 5 0 とブレード 5 5 との接触を避けるため、締結具 5 4 - 1 側の保持部 5 2 と筐体 5 0 のない壁面との間隔 b よりも厚くなるように設計されることが好ましい。

【 0 0 2 4 】

図 4 は、圧電振動子 5 1 の概略的な構成断面図である。表側振動子と裏側振動子とは略

10

20

30

40

50

同一の構成を有している。従って、図4においては、表側振動子と裏側振動子とをまとめて圧電振動子51として例示している。図4に示すように、圧電振動子51は、圧電材料からなる圧電体511と電極材料からなる電極512とを有している。圧電体511は、板形状を有している。圧電体511の表面と裏面との各々に電極512が形成されている。圧電振動子51は、電極511間に直流電圧を印加して、圧電体の双極子モーメントの向きを揃える分極処理が予めなされている。図中の矢印は分極の向きを示す。圧電材料としては、Aサイト元素としてビスマスBiとカリウムKとの少なくとも一種を含むABO<sub>3</sub>型のペロブスカイト構造を有する圧電材料が用いられる。電極材料としては、銀Ag焼き付け電極あるいは、クロムCr/金AuやチタンTi/金Au等のスパッタ電極が用いられる。電極512のいずれか一方が保持部52と対向するように設けられる。

10

#### 【0025】

図5は、攪拌部23の振動に係る電気系統を概略的に示す図である。図5に示すように、攪拌部23は、電源部60と圧電振動子51（表側振動子51-1及び裏側振動子51-2）と保持部52とを有している。電源部60は、分析機構制御部3による制御に従って、表側振動子51-1と裏側振動子51-2とに印加するための交流電圧を、外部電源（図示せず）からの電圧を利用して発生する。電源部60と表側振動子51-1の電極と裏側振動子51-2の電極とは導線により接続されている。図5のように、圧電振動子51-1と圧電振動子51-2は分極の向きが同じになるように、保持部（金属基板）52に接着されている。よって、電源部60により発生された交流電圧は、表側振動子51-1と裏側振動子51-2の分極の向きに対してはお互いに反対向きに印加されることになる。交流電圧の印加を受けた表側振動子51-1と裏側振動子51-2は、一方が伸張し、他方が収縮することを交互に繰り返すため振動する。

20

#### 【0026】

表側振動子51-1と裏側振動子51-2との振動に伴い保持部52が振動する。保持部52は、自身の振動による余計なぶれや位置ずれが締結具54-2により抑制される。保持部52の振動は、スペーサ53を介してブレード55に伝導し、ブレード55の先端が振動する。ブレード55の先端の振動を利用して反応管31内の反応液が攪拌される。スペーサ53は、ブレード55の先端の振動の振幅を反応管31内の液体を適切に攪拌するように制御するための適度な硬さと重さとに設計される。なおスペーサ53の硬さは、保持部52の振動を必要以上に吸収しない硬さに設計されれば良い。ブレード53の先端の振動の振幅は、表側振動子51-1と裏側振動子51-2とに印加される交流電圧の波高値や周波数に依存する。また、ブレード55の先端の振動の振幅は、圧電材料の物性や材料、スペーサ53や締結具54-1, 54-2の重量、攪拌子23-2に関する各構成要素の形状や重量にも依存する。

30

#### 【0027】

圧電振動子51に印加される交流電圧の周波数を変化させていくと攪拌子23-2の振動モードが変化する。図6は、1次の振動モード（以下、1次モードと呼ぶ）における攪拌子を模式的に示す図であり、図7は、2次の振動モード（以下、2次モードと呼ぶ）における攪拌子を模式的に示す図である。図6に示すように、1次モード（1次共振）においては、バイモルフ圧電振動子70とブレード55とが同位相で振動する。1次モードにおいては、振動の節が存在しない。図7に示すように、2次モード（2次共振）においては、バイモルフ圧電振動子70とブレード55とが逆位相で振動する。すなわち、2次モードにおいては、振動の節が発生する。2次モードは、1次モードに比して、ブレード先端の触れ角が増大する。従って、2次モードは、1次モードに比して、反応管内の溶液をブレードで巻き上げることができるので攪拌効率が良い。従って、反応管内の反応液の攪拌においては2次モードが用いられる。

40

#### 【0028】

電源部60は、ブレード55が2次モードで振動するような周波数、換言すれば、ブレード55とバイモルフ圧電振動子70とが互いに逆位相で振動するような周波数を有する交流電圧を、表側振動子51-1と裏側振動子51-2とに印加する。交流電圧の周波数

50

は、予め操作部 6 等を介して任意に設定可能である。

【0029】

上述のように、本実施形態に係る圧電振動子に用いられる圧電材料としては、A サイト元素としてビスマス Bi とカリウム K との少なくとも一種を含む  $ABO_3$  型のペロブスカイト構造を有する圧電材料が用いられる。すなわち、本実施形態に係る圧電材料は、既存の圧電振動子において用いられていた鉛 Pb を含んでいない。本実施形態に係る圧電材料は、鉛 Pb を用いた既存の圧電材料に比して剛性が高い。

【0030】

従来において鉛 Pb を用いた圧電材料としては、A サイト元素として鉛 Pb を使用したペロブスカイト構造を有する圧電材料が用いられていた。このような圧電材料としては、例えば、 $Pb(Zr, Ti)O_3$  (PZT、チタン酸ジルコン酸鉛：lead zirconate titanate) が挙げられる。

10

【0031】

次に、圧電材料について詳細に説明する。より詳細には、本実施形態に係る圧電材料は、 $ABO_3$  型のペロブスカイト構造を有する圧電材料であり、圧電材料は、A サイト元素としてビスマス Bi とカリウム K との少なくとも一種を含み、B サイト元素としてチタン Ti、ニオブ Nb、タンタル Ta の少なくとも一種を含む。また、本実施形態に係る圧電材料は、添加物としてマンガン Mn やニッケル Ni やニオブ Nb を含む酸化物を含んでも良い。このような圧電材料としては、例えば、 $KNbO_3$  (KN) や、 $x(Bi_{0.5}, Na_{0.5})TiO_3 - y(Bi_{0.5}, K_{0.5})TiO_3$  (BNKT)、 $x + y = 1$  や、 $x(Bi_{0.5}, Na_{0.5})TiO_3 - y(Bi_{0.5}, K_{0.5})TiO_3 + Mn_2O_3$ 、 $x + y = 1$  等の化学式で表される材料が挙げられる。

20

【0032】

また、本実施形態に係る圧電材料は、A サイト元素として、ビスマス Bi とカリウム K との少なくとも一種に加え、ナトリウム Na、リチウム Li、及びバリウム Ba の少なくとも一種を含んでいても良い。このような圧電材料としては、例えば、 $x(Bi_{0.5}, Na_{0.5})TiO_3 - y(Bi_{0.5}, K_{0.5})TiO_3 - zBaTiO_3$ 、 $x + y + z = 1$  や、 $xKNbO_3 - yNaNbO_3 - zLiNbO_3$ 、 $x + y + z = 1$ 、 $xKNbO_3 - yNaNbO_3 - zLiTaO_3$ 、 $x + y + z = 1$  等の化学式で表される材料が挙げられる。

30

【0033】

次に、圧電材料としてチタン酸ジルコン酸鉛 (PZT)、チタン酸ビスマスナトリウムとチタン酸バリウムの固溶体 (BNBT)、チタン酸バリウム (BT)、及びニオブ酸カリウム (KN) を例に挙げて圧電材料の物性について説明する。なお、PZT は鉛を含む圧電材料であり、BNBT、BT、及び KN は鉛を含まない圧電材料である。圧電材料の周波数定数 (横効果における周波数定数)  $N_{31}$  を考える。一般的に  $N_{31}$  は、 $N_{31} = l \cdot f$  として表現される。l は、振動方向に関する圧電体の長さであり、f は共振周波数である。PZT の周波数定数  $N_{31}$  は、 $l \cdot f = 1400 \text{ m} \cdot \text{Hz}$ 、BNBT の周波数定数  $N_{31}$  は、 $l \cdot f = 2300 \text{ m} \cdot \text{Hz}$ 、BT の周波数定数  $N_{31}$  は、 $l \cdot f = 2200 \text{ m} \cdot \text{Hz}$ 、KN の周波数定数  $N_{31}$  は、 $l \cdot f = 2600 \text{ m} \cdot \text{Hz}$  である。このように、本実施形態に係る非鉛系圧電材料は、PZT 等の鉛系圧電材料に比して剛性が高いことに関連して、PZT 等の鉛系圧電材料に比して周波数定数  $N_{31}$  が高い。上記の数値の比較によれば、PZT 等の鉛系圧電材料は、周波数定数  $N_{31}$  が概して  $2000 \text{ m} \cdot \text{Hz}$  より低く、非鉛系圧電材料は、周波数定数  $N_{31}$  が概して  $2000 \text{ m} \cdot \text{Hz}$  より高い。すなわち、本実施形態に係る圧電材料としては、周波数定数  $N_{31}$  が略  $2000 \text{ m} \cdot \text{Hz}$  以上である材料により構成されると良い。

40

【0034】

圧電振動子 51 の剛性が高まることにより本実施形態に係る 2 つの主要な効果が生じる。第 1 の効果としては、本実施形態に係る攪拌子 23 - 2 が、従来例に係る攪拌子に比して単位時間あたりの振動回数を増加するため、反応管 31 内の検体と試薬とを短時間で均

50

一に混合できることが挙げられる。第2の効果としては、本実施形態に係る攪拌子23-2が、従来例に係る攪拌子に比して、攪拌中の発泡を抑制することができるため、発泡に起因する測定誤差を低減できることが挙げられる。以下、第1の効果と第2の効果とについて順番に説明する。まずは、本実施形態に係る第1の主要な効果について説明する。

#### 【0035】

図8は、本実施形態に係る攪拌子23-2と従来例に係る攪拌子とのブレードの先端の振幅の周波数依存性を示したグラフである。なお、従来例に係る攪拌子は、本実施形態に係る攪拌子と同一の構成を有しており、圧電材料としてはAサイト元素に鉛Pbを含む $ABO_3$ 型のペロブスカイト構造を有するPZTが用いられている。図8の縦軸はブレードの先端の振幅[mm]に規定され、横軸はブレードの先端の振動の周波数[Hz]に規定される。図8の実線は本実施形態に係る攪拌子23-2、点線は従来例に係る攪拌子を示している。ブレードの先端の振動の周波数は、圧電振動子に印加される交流電圧の周波数や圧電振動子の物性、圧電振動子の材料等の種々の要因に依存する。図8においては、圧電振動子に印加される交流電圧の周波数を変化させることにより、ブレードの先端の振動の周波数を変化させている。

10

#### 【0036】

図8に示すように、圧電振動子に印加される交流電圧の周波数を低周波から高周波に向けて上昇させると、ある周波数付近を境に攪拌子の振動モードが1次モードから2次モードに転移する。本実施形態に係る攪拌子23-2の場合、ブレードの先端の振幅は、共振現象により、1次モード範囲内で最大値になり、次に2次モード範囲内で極大値になる。共振現象が発生する周波数は、共振周波数と呼ばれている。共振周波数付近においてブレードの先端の振幅は急激に高まる。従来例に係る攪拌子の場合、ブレードの先端の振幅は、1次モード範囲内において本実施形態に係る攪拌子23-2よりも低周波数側で最大値になり、次に2次モード範囲内において本実施形態に係る攪拌子23-2よりも低周波数側で極大値になる。2次モードの振幅値は、1次モードの振幅値の略2分の1である。このように本実施形態に係る攪拌子23-2は、従来例に係る攪拌子に比して剛性を有する圧電材料を用いているため、共振周波数が高周波数側にシフトしている。本実施形態に係る圧電材料を用いることにより、本実施形態に攪拌部23は、ブレードの先端の振幅が同一という条件下において、従来例に係る攪拌部に比して振動周波数を上昇させることができる。

20

30

#### 【0037】

攪拌効率の観点から言えば、ブレード55の先端の振動の周波数が高い方が望ましい。ただし、周波数の変化に伴い急激に振幅が変化する周波数範囲は、安定した振幅を確保する点から、圧電振動子51に印加される交流電圧には好ましくない。この観点から、分析機構制御部3は、電源部60が発生する交流電圧の周波数を、周波数変化に伴うブレード55の先端の振幅変化が比較的小さい周波数範囲に設定すると良い。例えば、二次モードで振動する振幅のピークの2/3以下の振幅を示す周波数に設定すると良い。例えば、二次モードで振動する振幅のピークの1/2以下の振幅を示す周波数に設定すると良い。すなわち、電源部60は、ブレードが2次モードで振動する周波数の交流電圧を圧電振動子51に印加可能である。

40

#### 【0038】

また、反応管31の内壁間の物理的制限の観点から言えば、ブレード55の先端の振幅は、反応管31の内壁間の距離よりも小さくしなければならない。この観点から、分析機構制御部3は、電源部60が発生する交流電圧の周波数を、ブレード55の先端の振幅が反応管31の内壁間の距離よりも小さくなる周波数範囲に設定すると良い。ここで、内壁間の距離とは、反応管31の断面が円形であるときは円の内壁の直径であり、反応管31の断面が楕円形であるときは、内壁の短軸である。

#### 【0039】

典型的には、分析機構制御部3は、電源部60が発生する交流電圧の周波数を、ブレード55の先端の振幅が反応管31の内壁間の距離よりも小さくなり、周波数変化に伴うブ

50

レード55の先端の振幅変化が比較的小さい周波数範囲に設定する。これにより、電源部60は、レード55の先端の振幅が反応管31の内壁間の距離よりも小さく、周波数変化に伴うレード55の先端の振幅変化が小さい周波数範囲に属する交流電圧を圧電振動子51に印加することができる。

#### 【0040】

本実施形態に係る攪拌子23-2と従来例に係る攪拌子とを2次モードで振動させた場合における攪拌性能の評価結果を示す。図9は、攪拌性能の評価方法を説明するための図である。図9に示すように、反応管31内に食塩水を入れ、当該食塩水の上に2層になるように色素液(エバンスブルー)を入れた。このような反応管を二つ用意した。二つの反応管内31の溶液を、それぞれ本実施形態に係る攪拌子23-2と従来例に係る攪拌子とで攪拌した。反応管31内の5つの測定点で色度を測定した。測定点は、A~Eの5つであり、異なる高さに設定された。数値が高いほど溶液の透明度が高いことを示している。攪拌が始まる前は、5つの測定点の色度は高さに応じて異なる値を有していた。しかし、攪拌を開始すると時間経過に従って全ての測定点の色度が攪拌前の5点の色度の平均値に近づき一定値を示すようになる。一定値になれば攪拌完了である。

10

#### 【0041】

従来例に係る攪拌子の場合、本実施形態に係る攪拌子23-2の場合に比して、色度が一定になるまでの時間が長いことが分かった。これは上述のように、レードの先端の振幅が同一という条件の場合、本実施形態に係る攪拌子23-2は、従来例に係る攪拌子に比して、振動周波数を上げることができ、単位時間当たりのレード振動回数が増加したことの効果であると考えられる。

20

#### 【0042】

次に、本実施形態に係る第2の主要な効果(攪拌中の発泡を抑制することができるため、発泡に起因する測定誤差を低減できる)について説明する。

#### 【0043】

図10と図11とは、攪拌中の反応管内の溶液の動きを高速カメラで撮影した様子を示す図であり、図10の反応管内の溶液には発泡が生じておらず、図11の反応管内の溶液には発泡が生じている。図10の撮影においては、反応管内の溶液にトレーサ粒子が投入されている。トレーサ粒子は、反応管内の溶液の流動を視認可能にするために用いられる。トレーサ粒子としては、ガラスビーズが用いられた。

30

#### 【0044】

図10の左側は、攪拌開始前の静止時の画像であり、真中は、攪拌中の画像であり、右側は、攪拌終了後の静止時の画像である。図10に示すように、攪拌子が静止している場合、トレーサ粒子は、沈殿している。攪拌子の攪拌開始後、トレーサ粒子は、反応管内の溶液全域に巻き上げられる。

#### 【0045】

図11に示すように、液面付近でレードが大きく振動すると、レードの振幅の中心付近の液面が盛り下がり、空気が液体中に取り込まれて発泡に至る。つまり、発泡を抑制するには、液面付近での振幅を小さくすることが有効である。ただし、攪拌効率の観点から言えば、レード先端の振幅は大きいことが望ましい。

40

#### 【0046】

上述のように、本実施形態に係る圧電振動子51は、従来例に係る圧電振動子に比して剛性が高い。そのため、2次モードにおける振動の節は、圧電振動子51の剛性に応じて位置が変化する。

#### 【0047】

図12は、2次モードにおける本実施形態に係る攪拌子23-2の振動の節と従来例に係る攪拌子の振動の節とを比較するための図である。図12に示すように、本実施形態に係る攪拌子は、従来例に係る攪拌子に比して振動の節がレードの先端に近くなる。攪拌効率を高めるため攪拌子は、レードの先端が反応管の内底面付近に位置するように、攪拌子保持機構23-1により降下される。典型的な液量の場合、レードの先端から節ま

50

での距離は、反応管の内底面から液面までの距離に比して長い。従って、攪拌位置における攪拌子の降下量が同一の場合、本実施形態に係る攪拌子23-2は、従来例に係る攪拌子に比して反応管内の反応液の液面に近くなる。攪拌子保持機構23-1は、2次モードにおけるブレードの振動の節が溶液の液面近傍に位置するようにブレードを支持可能である。

#### 【0048】

また、本実施形態に係る攪拌子23-2と従来例に係る攪拌子とでブレードの先端の振幅が同一値に設定されている場合、反応管内の溶液の液量に依らず、本実施形態に係る攪拌子23-2の方が従来例に係る攪拌子に比して振幅が小さい。従って本実施形態に係る攪拌子23-2は、従来に比して高い剛性を有することに起因して2次モードの振動の節が下がることにより、ブレードの先端の振幅が従来例と同一の場合であっても、液面近傍におけるブレードの振幅を抑制することができる。これにより本実施形態に係る攪拌子23-2は、従来例に比して液面近傍での振動に伴う発泡を抑制することができ、発泡に起因する測定誤差を低減することができる。

10

#### 【0049】

以上で、本実施形態に係る2つの主要な効果についての説明を終了する。

#### 【0050】

上記の実施形態においては、図4に示すように、圧電振動子51は、一枚の圧電体511と2枚の電極512とにより構成されるものとした。しかしながら、本実施形態に係る圧電振動子51は、これに限定されない。例えば、圧電体が二枚の場合、図13に示すように、圧電振動子51'は、第1の圧電体511aと第2の圧電体511bが第1の電極512aと第2の電極512aを介して積層された構造を有していても良い。第1の電極512aと第2の電極512bは、それぞれ1層おきに配置、接続され、お互いは絶縁されている。圧電振動子51'の総厚を圧電振動子51と同じとして、同じ電圧でそれぞれの圧電振動子を駆動した場合、圧電体511a、511bに印加される電圧は、圧電体511の約2倍となるため、振幅も約2倍となる。よって、この構成により、図4の構成よりも低電圧の交流電圧の印加でブレードの先端を振動させることができる。また、図13においては、2枚の圧電体511を含む圧電振動子51'を例示しているが、本実施形態はこれに限定されない、本実施形態に係る圧電振動子51'は、2枚以上の圧電体511と電極512とを有していても良い。

20

30

#### 【0051】

上記の説明の通り、本実施形態に係る攪拌部23は、振動部(圧電振動子)51、保持部(金属基板)52、スペーサ53、及び攪拌棒(ブレード)55を有している。圧電振動子51は、電圧の印加を受けて振動する。保持部52は、圧電振動子51を保持する。スペーサ53は、保持部52に取り付けられている。ブレード55は、スペーサ53に取り付けられ溶液を攪拌する。圧電振動子51は、 $ABO_3$ 型のペロブスカイト構造を有する圧電材料を含み、当該圧電材料は、Aサイト元素としてBiとKとの少なくとも一種を含んでいる。

#### 【0052】

上記の構成により、鉛を用いる攪拌子よりも剛性が強い攪拌子を実現することができる。剛性が高いことに伴い、本実施形態に係る攪拌子23-2は、従来例に係る攪拌子に比して単位時間あたりの振動回数を増加するため、反応管31内の検体と試薬とを短時間で均一に混合することができる。また、本実施形態に係る攪拌子23-2は、従来例に係る攪拌子に比して、攪拌中の発泡を抑制することができるため、発泡に起因する測定誤差を低減することができる。

40

#### 【0053】

かくして本実施形態によれば、攪拌効率や測定精度の向上を実現しつつ鉛を使用しない攪拌装置及び自動分析装置を提供することが実現する。

#### 【0054】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したも

50

のであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

【符号の説明】

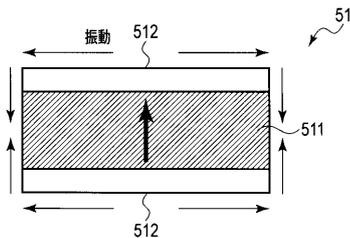
【0055】

1 ... 自動分析装置、2 ... 分析機構、3 ... 分析機構制御部、4 ... 解析部、5 ... 表示部、6 ... 操作部、7 ... 記憶部、8 ... システム制御部、11 ... 反応ディスク、13 ... サンプルディスク、15 ... 第1試薬庫、17 ... 第2試薬庫、19 1 ... サンプルアーム、19 2 ... 第1試薬アーム、19 3 ... 第2試薬アーム、21 1 ... サンプルプローブ、21 2 ... 第1試薬プローブ、21 3 ... 第2試薬プローブ、23 ... 攪拌部、23 - 1 ... 攪拌子保持機構、23 - 2 ... 攪拌子、25 ... 光学測定部、27 ... 洗浄部、31 ... 反応管、33 ... サンプル容器、35 ... 第1試薬容器、37 ... 第2試薬容器、50 ... 筐体、51 ... 振動部（圧電振動子）、52 ... 保持部（金属基板）、53 ... スペーサ、54 ... 締結具、55 ... 攪拌棒（ブレード）、60 ... 電源部、70 ... パイモルフ圧電振動子、511 ... 圧電体、511 a ... 第1の圧電体、511 b ... 第2の圧電体、512 ... 電極、512 a ... 第1電極、512 b ... 第2電極。

10

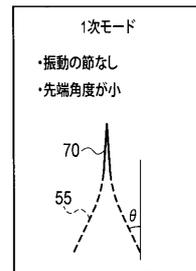
【図4】

図4



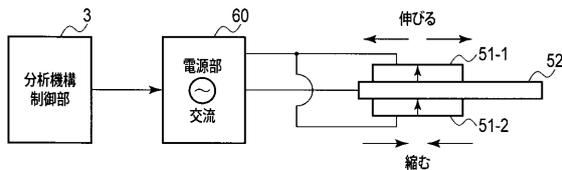
【図6】

図6



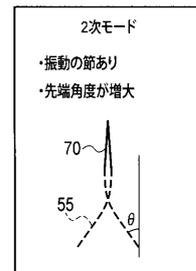
【図5】

図5



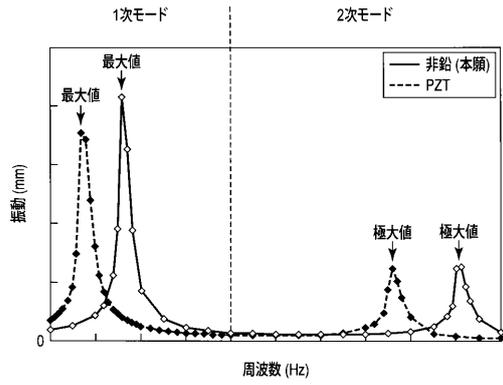
【図7】

図7



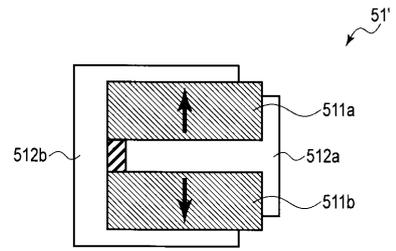
【 図 8 】

図 8



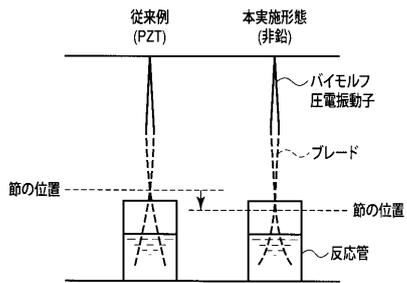
【 図 1 3 】

図 13



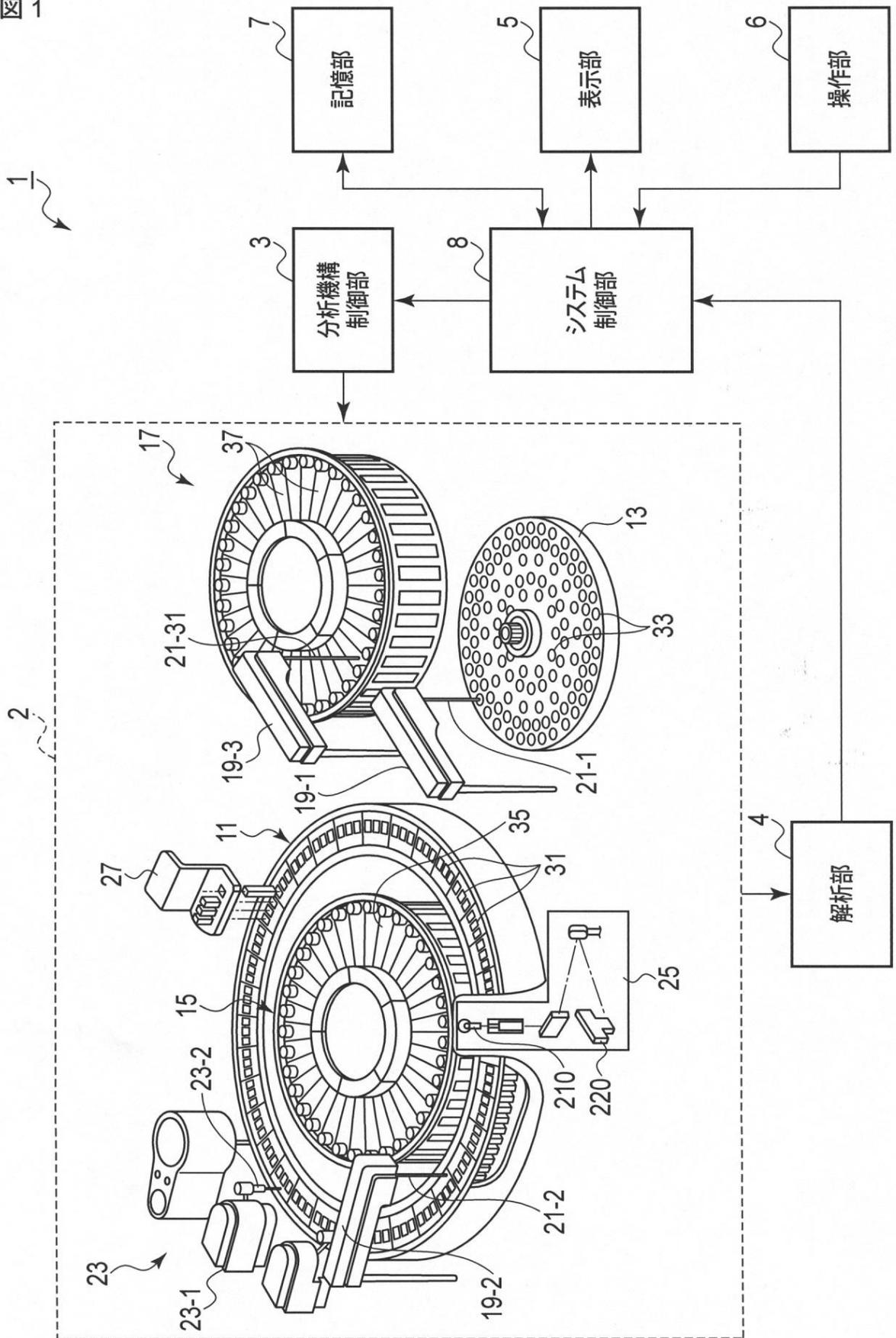
【 図 1 2 】

図 12



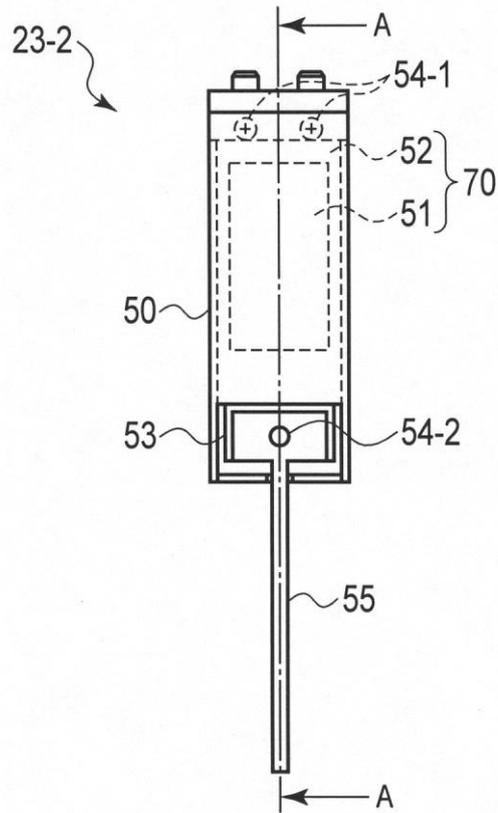
【図1】

図1



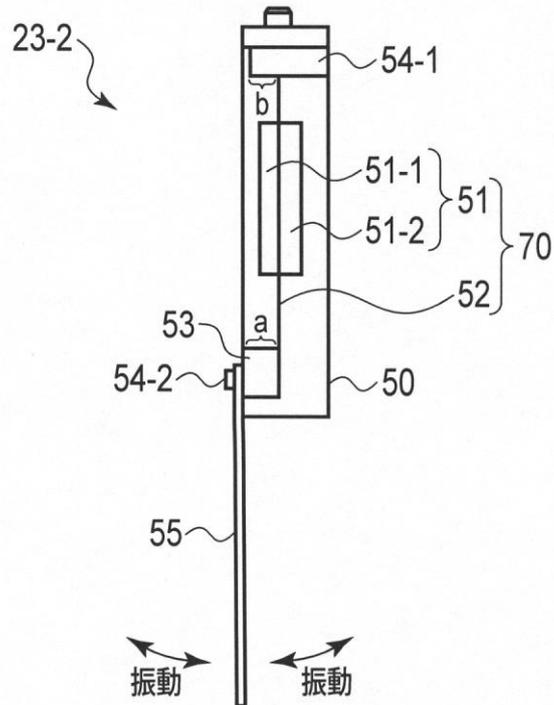
【 図 2 】

図 2



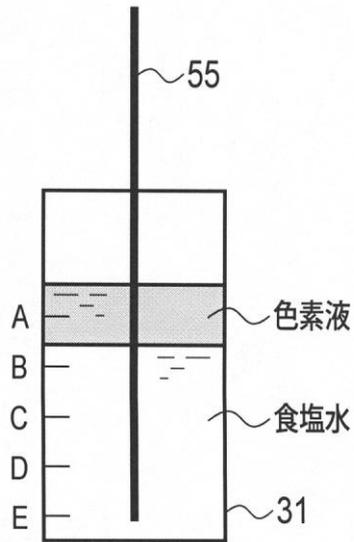
【 図 3 】

図 3



【 図 9 】

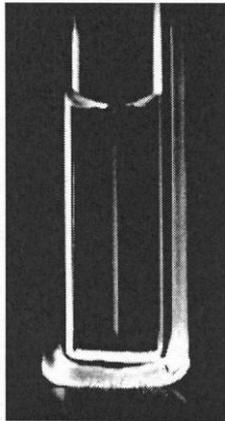
図 9



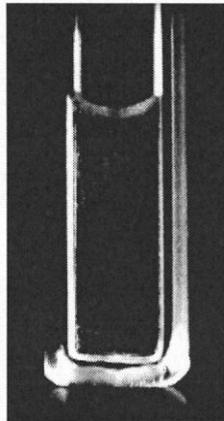
【 図 1 0 】

図 10

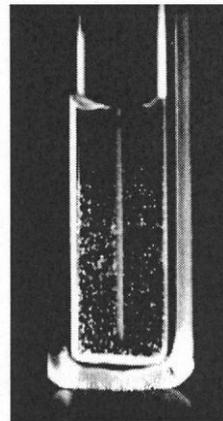
時間経過 →



停止



攪拌中

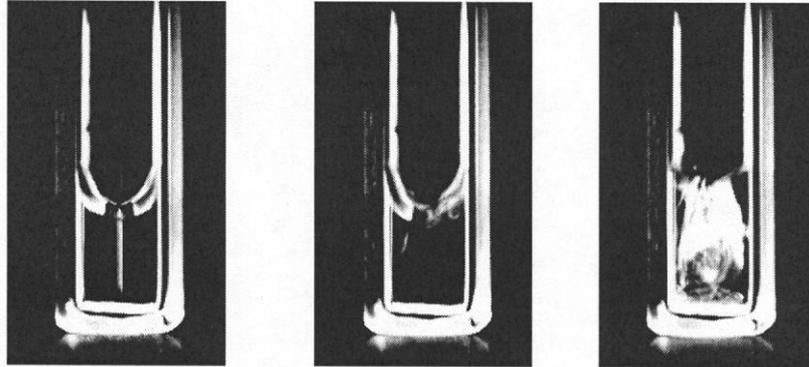


攪拌終了

【圖 1 1】

圖 11

時間經過



---

フロントページの続き

- (74)代理人 100153051  
弁理士 河野 直樹
- (74)代理人 100140176  
弁理士 砂川 克
- (74)代理人 100158805  
弁理士 井関 守三
- (74)代理人 100179062  
弁理士 井上 正
- (74)代理人 100124394  
弁理士 佐藤 立志
- (74)代理人 100112807  
弁理士 岡田 貴志
- (74)代理人 100111073  
弁理士 堀内 美保子
- (72)発明者 細野 靖晴  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 増西 桂  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- Fターム(参考) 2G058 FA02  
4G036 AB02