

(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
2014年8月21日(21.08.2014)



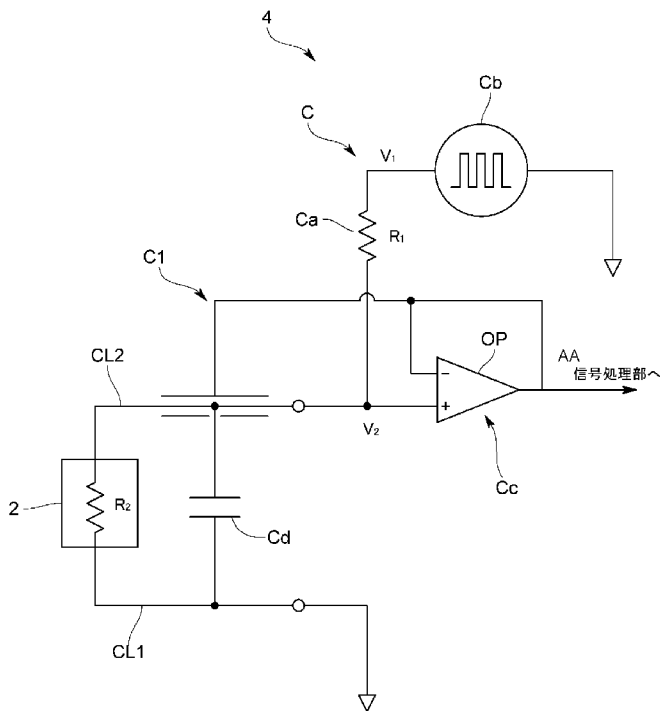
(10) 国際公開番号
WO 2014/126035 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 27/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/053025
- (22) 国際出願日: 2014年2月10日(10.02.2014)
- (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 2013-024789 2013年2月12日(12.02.2013) JP
特願 2013-024790 2013年2月12日(12.02.2013) JP
特願 2013-024791 2013年2月12日(12.02.2013) JP
- (71) 出願人: 株式会社堀場アドバンスドテクノ (HORIBA ADVANCED TECHNO, CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6018306 京都府京都市南区吉祥院宮の西町31番地 Kyoto (JP). J X 日鉱日石エネルギー株式会社 (JX NIPPON OIL & ENERGY CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008162 東京都千代田区大手町二丁目6番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 鈴木 理一郎 (SUZUKI, Riichiro); 〒6018306 京都府京都市南区吉祥院宮の西町31番地 株式会社堀場アドバンスドテクノ内 Kyoto (JP). 菅原 常年 (SUGAWARA, Tsunetoshi); 〒1008162 東京都千代田区大手町二丁目6番3号 J X 日鉱日石エネルギー株式会社内 Tokyo (JP). 置塩 直史 (OSHIO, Tadashi); 〒1008162 東京都千代田区大手町二丁目6番3号 J X 日鉱日石エネルギー株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 西村 竜平 (NISHIMURA, Ryuhei); 〒6040857 京都府京都市中京区蒔絵屋町280番地 インターワンプレイス京都3F Kyoto (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,

[続葉有]

(54) Title: RESISTIVITY-MEASURING CIRCUIT, CELL FOR MEASURING LIQUID SAMPLE, RESISTIVITY-MEASURING APPARATUS, LIQUID SAMPLE CONTROL METHOD AND LIQUID SAMPLE CONTROL SYSTEM

(54) 発明の名称: 比抵抗測定回路、液体試料測定セル、比抵抗測定装置、液体試料管理方法及び液体試料管理システム



AA To a signal processing unit

(57) Abstract: The present invention pertains to a resistivity-measuring circuit (C) which is to be used in measuring the resistivity of a liquid sample and thereby detecting the deterioration of the sample. The circuit (C) makes it possible to measure the resistivity of a liquid sample continuously with excellent accuracy while protecting the liquid sample against deterioration associated with the measurement. The deterioration is denaturation or the like. The resistivity of a liquid sample is calculated from the voltage generated between an outer electrode (21) and an inner electrode (22), wherein a square wave alternating current voltage having an amplitude of 1 to 42V and a frequency of 0.5 to 30Hz is applied between the external electrode (21) and the internal electrode (22).

(57) 要約: 本発明は、液体試料の比抵抗を連続して精度良く測定できるとともに、測定に伴う液体試料の変質等の劣化を防ぐものであり、液体試料の劣化を検知するために比抵抗を測定する比抵抗測定回路Cであって、外部電極21及び内部電極22の間に生じる電圧を検出することによって、液体試料の比抵抗を算出するものであり、外部電極21及び内部電極22の間に、振幅が1V～42Vで周波数が0.5Hz～30Hzの矩形波交流電圧を印加する。

WO 2014/126035 A1



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

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).

(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, 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,

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

比抵抗測定回路、液体試料測定セル、比抵抗測定装置、液体試料管理方法及び液体試料管理システム

技術分野

[0001] 本発明は、例えば潤滑油等の液体試料の比抵抗を測定する比抵抗測定装置、当該比抵抗測定装置に用いられる比抵抗測定回路及び液体試料測定セル、前記比抵抗測定装置を用いた液体使用管理方法及び液体試料管理システムに関するものである。

背景技術

[0002] 従来、絶縁性の液体であるIPA（イソプロピルアルコール）の比抵抗を測定するものとして、特許文献1に示すものが考えられている。この比抵抗測定装置は、外部電極及び内部電極に交流電圧を印加して、外部電極及び内部電極の間に位置するIPAの比抵抗を測定するものである。

[0003] ここで、IPAの比抵抗は1000MΩ・cm程度であり、外部電極及び内部電極に印加する交流電圧としては、振幅が2V程度で周波数が100Hzのものを用いている。なお、IPAの他にも、純水等の比抵抗も同様の交流電圧を用いて測定することが一般的である。

[0004] 一方、潤滑油等のオイルの劣化を検知するために当該オイルの比抵抗を測定するものとして、前記比抵抗測定装置を用いることが考えられている。

[0005] しかしながら、オイルの比抵抗は、IPAの比抵抗に比べて数十倍～数百倍大きいため、外部電極及び内部電極を有する測定回路に流れる電流が小さいため測定が難しく、また測定回路の浮遊容量によって、交流電圧による応答が悪くなってしまふ。そうすると、周波数100Hzの交流電圧を印加した場合には、測定回路から出力される信号（例えば出力電圧）が安定する前に交流電圧の正負が切り替わってしまうため、オイルの比抵抗測定を精度良く行うことができないという問題がある。

[0006] また、オイルの比抵抗を測定するために、外部電極及び内部電極に印加する電圧を例えば1000V等の高電圧にして、検出電流を大きくすることが考えられる。なお、従来のオイルの比抵抗測定においては、高電圧を印加することが一般的である。

[0007] しかしながら、オイルに例えば1000Vといった高電圧を印加すると、オイルが酸化して変質してしまい、測定によってオイルの劣化を招いてしまうという問題がある。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特許第3769119号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] そこで本発明は、上記問題点を一挙に解決するためになされたものであり、液体試料の比抵抗を連続して精度良く測定できるとともに、測定に伴う液体試料の変質等の劣化を防ぐことをその主たる所期課題とするものである。

課題を解決するための手段

[0010] すなわち本発明に係る比抵抗測定回路は、液体試料劣化を検知するために比抵抗を測定する比抵抗測定回路であって、一对の電極の間に生じる電圧を検出することによって、当該一对の電極間にある液体試料の比抵抗を測定するものであり、前記一对の電極の間に、振幅が1V～42Vで周波数が0.5Hz～30Hzの矩形波交流電圧を印加することを特徴とする。ここで、液体試料には、潤滑油、潤滑用液状有機媒体、錆止め油、放電加工油、液圧作動媒体液、食用油等のオイル類、熱媒体液、熱処理液、ワニス・顔料・農薬等希釈用炭化水素系溶媒、洗浄用炭化水素系溶媒、流動性を有するグリス類、IPA（イソプロピルアルコール）等のアルコールなどが含まれる。

[0011] このようなものであれば、上記のような矩形波交流電圧を印加しているので、電極及び液体試料の境界において電気二重層が形成されることを抑制し

、液体試料の比抵抗を連続測定することができる。また、1 V～42 Vの電圧を印加することから測定中の液体試料の変質等の測定による劣化を防ぐことができる。ここで、1 V～42 Vの交流電圧としていることから、電源を安価に構成することができるとともに、感電した場合であっても人体への危険性を低減することができる。さらに、周波数が0.5 Hz～30 Hzであるため、交流電圧の切り替え前において測定回路から出力される信号を安定させることができるので、液体試料の比抵抗を精度良く測定することができ、液体試料の劣化を精度良く検知することができる。この液体試料測定セルは、1 PAの比抵抗に比べて数十倍～数百倍大きいオイル等の液体試料の比抵抗を測定できるだけでなく、1 PA等の比抵抗が10 GΩ・cm未満の液体試料の比抵抗も当然に測定できる。

[0012] なお、外部電極及び内部電極に直流電圧を印加した場合には、電極と液体試料の境界の電気二重層に電荷が溜まってしまい、次第に電気二重層の電位が増加するに伴って電極間の電位勾配が低下し、イオンの移動が低下して、比抵抗が上昇する。これにより、液体試料の比抵抗を連続測定する場合に直流電圧を用いると、液体試料の比抵抗を精度良く測定することが難しい。

[0013] 前記一对の電極に接続される配線の間形成される浮遊容量の電位差をゼロとする、オペアンプを用いたシールドドライブ回路を有することが望ましい。これならば、一对の電極に接続される配線の間形成される浮遊容量を測定回路から切り離すことができ、液体試料の比抵抗を示す信号の応答を速くすることができるとともに、その抽出を容易にすることができる。したがって、液体試料の比抵抗を精度良く測定することができ、液体試料の劣化を精度良く検知することができる。

[0014] また、前記1 PAの比抵抗は10 GΩ・cm未満であり、外部電極及び内部電極により規定されるセル定数は0.01 / cm以上である。なお、セル定数は、外部電極の内面及び内部電極の外面の対向面積をS (cm²)、外部電極の内面及び内部電極の外面の対向距離をL (cm)としたとき、L / Sで表わされる値である。

- [0015] また、オイルの比抵抗は、IPAの比抵抗に比べて数十倍～数百倍大きい
ため、前記比抵抗測定装置のセル定数（ $0.01 / \text{cm}$ ）では、オイルの比
抵抗が測定レンジを超えてしまう場合がある。このため、外部電極及び内部
電極により規定されるセル定数を小さくすることで、測定レンジを広くする
必要がある。
- [0016] 従来のセル構造は、円筒状の外部電極に円柱状の内部電極を挿入して、内
部電極の軸方向一端部を絶縁部材で保持する片持ち構造である。このセル構
造においてセル定数（ S / L ）を小さくするためには、外部電極の内面及び
内部電極の外面の対向距離を小さくすることが考えられる。また、外部電極
の内面及び内部電極の外面の対向面積を大きくする、つまり、外部電極及び
内部電極の長さ寸法を大きくする等が考えられる。
- [0017] しかしながら、片持ち構造のセル構造において、上述したように、外部電
極の内面及び内部電極の外面の対向距離を小さくする、又は、外部電極及び
内部電極の長さ寸法を大きくする等の構造を採用すると、外部からの振動に
よって、内部電極の自由端がぶれやすく、その結果、内部電極及び外部電極
が接触して測定不可となり、或いは、内部電極の外面及び外部電極の内面の
対向距離が変化して測定誤差を招いてしまう。
- [0018] そこで本発明は、液体試料測定セルのセル定数を小さくするとともに、振
動による内部電極の軸ぶれを低減して、測定精度を向上させること課題とす
るものである。
- [0019] すなわち、本発明に係る液体試料測定セルは、液体試料の比抵抗を測定す
るための液体試料測定セルであって、円筒状の外部電極と、前記外部電極に
挿入されて前記外部電極と同軸状に設けられる円柱状の内部電極と、軸方向
両端部において前記外部電極に対して前記内部電極を固定し、前記外部電極
の内面及び前記内部電極の外面の対向距離を固定することにより測定空間を
形成する絶縁部材とを備えていることを特徴とする。ここで、液体試料には
、潤滑油、潤滑用液状有機媒体、錆止め油、放電加工油、液圧作動媒体液、
食用油等のオイル類、熱媒体液、熱処理液、ワニス・顔料・農薬等希釈用炭

化水素系溶媒、洗浄用炭化水素系溶媒、流動性を有するグリズ類、IPA（イソプロピルアルコール）等のアルコールなどが含まれる。

[0020] このような液体試料測定セルであれば、軸方向両端部において、絶縁部材が外部電極に対して内部電極を固定する所謂両持ち構造であり、当該絶縁部材により、外部電極の内面及び内部電極の外面の間の対向距離が固定されているので、外部からの振動により、内部電極が外部電極に対してぶれにくくして、対向距離の変動を抑制することができる。これにより、外部電極の内面及び内部電極の外面の対向距離を小さくする構造又は外部電極及び内部電極の長さ寸法を大きくする構造を採用してセル定数を小さくしつつ、振動による測定不可を防ぎ、測定誤差を低減することができる。したがって、液体試料の比抵抗を測定精度を向上させることができ、液体試料劣化を精度良く検知することができる。この液体試料測定セルは、IPAの比抵抗に比べて数十倍～数百倍大きいオイル等の液体試料の比抵抗を測定できるだけでなく、IPA等の比抵抗が $10\text{ G}\Omega \cdot \text{cm}$ 未満の液体試料の比抵抗も当然に測定できる。

[0021] 前記絶縁部材が、前記外部電極の軸方向両端部の開口を閉塞することにより、前記測定空間の軸方向両端部が閉じされたものであり、軸方向一端部における内部電極又は絶縁部材に、前記測定空間に液体試料を導入するための液体試料導入路が形成されており、軸方向他端部における内部電極又は絶縁部材に、前記測定空間から液体試料を導出するための液体試料導出路が形成されていることが望ましい。これならば、内部電極又は絶縁部材に、液体試料導入路及び液体試料導出路を形成しているので、外部電極に導入ポート及び導出ポートを設ける必要が無く、外部電極及び内部電極の対向面積を大きくすることができる。また、外部電極に導入ポート及び導出ポートを形成する場合には、対向面積を大きくする観点から1箇所ずつ設けることになるが、そうすると、液体試料導入口及び液体試料導出口が1箇所ずつになるため、液体試料の滞留が生じ易く、気泡が溜まり易い。

[0022] 前記液体試料導入路が、前記測定空間に連通する複数の液体試料導入口を

有するものであり、前記液体試料導出路が、前記測定空間に連通する複数の液体試料導出口を有するものであることが望ましい。これならば、液体試料導入路が複数の液体試料導入口を有するため、測定空間における周方向に液体試料を万遍なく行き渡らせることができる。また、液体試料導出路が複数の液体試料導出口を有するため、測定空間内部での液体試料の滞留を防ぎ、効率良く導出することができる。

[0023] 前記複数の液体試料導入口及び前記複数の液体試料導出口が、前記測定空間の周方向において等間隔に形成されていることが望ましい。これならば、測定空間に液体試料を均一に満たすことができるとともに、測定空間から液体試料を周方向において均一に排出することができ、気泡の溜まりを一層防ぐことができる。

[0024] 前記液体試料導入口が、前記測定空間の最下端に形成されており、前記液体試料導出口が、前記測定空間の最上端に形成されていることが望ましい。これならば、測定空間の下端部及び上端部のデットスペースを可及的に小さくし、気泡の溜まりを防ぐことができる。

[0025] また、例えば軸受に用いられる潤滑油は、使用に伴って低分子化又は酸化してしまい、摩擦性能が低下して軸受の摩耗が大きくなってしまう。このため、前記潤滑油の交換又は補充時期の目安を図るべく、潤滑油の比抵抗を測定してその劣化を判断することが行われている。

[0026] 従来の比抵抗測定装置としては、転がり軸受の外輪に固定されて、当該転がり軸受内の潤滑油の体積抵抗率、誘電率、又は誘電正接を温度補償することにより測定する測定器が考えられている。

[0027] しかしながら、上記のように測定器により得られた体積抵抗率等を温度補償するものでは、潤滑油の体積抵抗率等が測定器の測定レンジ内にある場合には適用できるが、潤滑油の体積抵抗率等が前記測定レンジ内に無い場合には、温度補償を行うことができないという問題がある。

[0028] 特に、潤滑油は、その温度によって体積抵抗率等が異なるため、潤滑油の温度によっては、潤滑油の体積抵抗率等を測定することができない場合があ

る。

[0029] また、潤滑油の種類によってその劣化度合いが異なり、当該劣化度合いにより体積抵抗率が異なるため、潤滑油の劣化度合いによっては、測定することができない場合がある。つまり、潤滑油は、使用中及び使用後の比抵抗よりも未使用時の比抵抗が大きいため、新品の潤滑油の比抵抗が測定レンジ外となってしまう場合がある。

[0030] さらに、ある潤滑油においては、使用前の比抵抗及び使用後の比抵抗の両方が測定レンジ内にあり測定可能であっても、別の種類の潤滑油を測定する場合には、使用前の比抵抗が測定レンジ外となってしまう、当該別の種類の潤滑油を測定するためには、別の測定レンジを有する測定器を用いる必要がある等の問題がある。

[0031] そこで本発明は、種々のオイル等の液体試料毎にそれら液体試料の比抵抗の測定に適した温度となるように液体試料の温度を一定に制御して、種々の液体試料の比抵抗を測定可能にするとともに、温度補償に必ずしも頼ることなく液体試料の温度変動に伴う測定誤差を低減することを課題とするものである。

[0032] すなわち、本発明に係る比抵抗測定装置は、液体試料の比抵抗を測定する比抵抗測定装置であって、筒状をなす外部電極の内部に柱状をなす内部電極を配置して、それら電極の間にセル空間が形成された液体試料測定セルと、前記セル空間に收容された液体試料を加熱するヒータと、前記外部電極及び前記内部電極の間に生じる電圧を検出することによって、前記液体試料の比抵抗を測定する比抵抗測定部と、前記液体試料の加熱温度を示す加熱温度設定信号を受け付ける加熱温度設定信号受付部と、前記加熱温度設定信号に基づいて前記ヒータを制御するヒータ制御部とを備えることを特徴とする。ここで、液体試料には、潤滑油、潤滑用液状有機媒体、錆止め油、放電加工油、液圧作動媒体液、食用油等のオイル類、熱媒体液、熱処理液、ワニス・顔料・農薬等希釈用炭化水素系溶媒、洗浄用炭化水素系溶媒、流動性を有するグリズ類、IPA（イソプロピルアルコール）等のアルコールなどが含まれ

る。

[0033] このようなものであれば、セル空間に收容される液体試料の温度を所定の加熱温度に温度調節するので、種々の液体試料毎にそれら液体試料の比抵抗の測定に適した温度とすることができ、種々の液体試料の比抵抗を測定可能にすることができる。また、セル空間に收容される液体試料の温度を一定に制御するので、温度補償に必ずしも頼ることなく液体試料の温度変動に伴う測定誤差を低減することができ、液体試料の比抵抗を精度良く測定することができる。したがって、種々の液体試料の劣化を精度よく検知することができる。さらに、特に粘性の高い液体試料の場合には、加熱することによって粘性が低下するため、液体試料を液体試料測定セルに流通し易くすることができる。

[0034] また本発明に係る比抵抗測定装置は、前記液体試料の種類毎に設定された加熱温度を示す加熱温度設定データを格納するデータ格納部と、前記液体試料測定セルに收容される液体試料の種類を示す液体試料選択信号を受け付ける液体試料選択信号受付部とを備え、前記ヒータ制御部が、前記加熱温度設定データ及び前記液体試料選択信号から得られる加熱温度設定信号に基づいて前記ヒータを制御することを特徴とする。

[0035] このようなものであれば、ユーザが液体試料の種類を入力するだけで、当該液体試料の比抵抗測定に好適な温度に温度調節することができるので、種々の液体試料毎にそれら液体試料の比抵抗の測定に適した温度とすることができ、種々の液体試料の比抵抗を測定可能にすることができる。また、セル空間に收容される液体試料の温度を一定に制御するので、温度補償に必ずしも頼ることなく液体試料の温度変動に伴う測定誤差を低減することができ、液体試料の比抵抗を精度良く測定することができる。したがって、種々の液体試料の劣化を精度よく検知することができる。さらに、特に粘性の高い液体試料の場合には、加熱することによって粘性が低下するため、オイルを液体試料測定セルに流通し易くすることができる。

[0036] 前記ヒータが前記外部電極の外側周面の一部に設けられていることが望ま

しい。これならば、ヒータを外部電極の外側周面の一部に設けているので、外部電極を冷却する場合には、ヒータが設けられていない領域から放熱を促進することができ、好適に外部電極を冷却することができる。

[0037] 前記ヒータが前記外部電極の外側周面における周方向の一部に設けられており、前記外部電極の温度を検出する温度センサが、前記外部電極の外側周面において前記ヒータが設けられていない部分に設けられていることが望ましい。これならば、ヒータ及び温度センサの個別に取り付け、取り外し等交換することができる。

発明の効果

[0038] このように構成した本発明によれば、測定に伴う液体試料の変質等の劣化を防ぎながら、液体試料の比抵抗を連続して精度良く測定できる。

図面の簡単な説明

- [0039] [図1]本発明の一実施形態に係るオイル測定セルの縦断面図。
[図2]同実施形態のオイル測定セルの横断面図。
[図3]同実施形態の比抵抗測定装置の制御機器の機能構成図。
[図4]同実施形態の比抵抗測定回路を示す模式図。
[図5]オイルの比抵抗の経時変化を示す模式図。
[図6]複数のオイルにおける比抵抗及び温度の関係を示す模式図。
[図7]同実施形態の測定までのタイムチャートを示す図。
[図8]同実施形態の比抵抗測定装置を用いたオイル管理システムを示す模式図。
。
[図9]変形実施形態の比抵抗測定装置の制御機器の機能構成図。
[図10]変形実施形態の比抵抗測定回路を示す模式図。

符号の説明

- [0040] 100・・・比抵抗測定装置
2・・・オイル測定セル（液体試料測定セル）
21・・・外部電極
22・・・内部電極

- 4 . . . 比抵抗測定部
- C . . . 比抵抗測定回路
- C a . . . 基準抵抗
- C b . . . 交流電源
- O P . . . オペアンプ
- C L 1 . . . 外部電極に接続される配線
- C L 2 . . . 内部電極に接続される配線
- C 1 . . . シールドドライブ回路
- C d . . . 浮遊容量

発明を実施するための形態

- [0041] 以下に本発明に係る比抵抗測定装置の一実施形態について図面を参照して説明する。
- [0042] 本実施形態に係る比抵抗測定装置100は、軸受や歯車等に用いられる潤滑油又は油圧装置等に用いられる作動油（以下、単にオイルという。）の劣化を検知するために当該オイル（液体試料）の比抵抗（電気抵抗率）を連続測定するものである。
- [0043] 具体的にこのものは、2電極方式のものであり、図1～図3に示すように、円筒状をなす外部電極21の内部に円柱状をなす内部電極22を配置して、それら電極21、22の間にセル空間Sが形成されたオイル測定セル（本発明の液体試料測定セルに対応）2と、外部電極21に設けられて、セル空間Sに收容されたオイルを加熱するヒータ3と、外部電極21及び内部電極22の間に生じる電圧を検出することによって、オイルの比抵抗を測定する比抵抗測定部4と、オイルの加熱温度を示す加熱温度設定信号を受け付ける加熱温度設定信号受付部5と、その加熱温度設定信号に基づいてヒータ3を制御するヒータ制御部6とを備えている。なお、本実施形態では、前記比抵抗測定部4、前記加熱温度設定信号受付部5及び前記ヒータ制御部6が制御機器10により構成されている。以下、各部について説明する。
- [0044] オイル測定セル2は、図1及び図2に示すように、円筒状の外部電極21

と、この外部電極 2 1 に挿入されて外部電極 2 1 と同軸状に設けられる円柱状の内部電極 2 2 と、外部電極 2 1 及び内部電極 2 2 を互いに固定するものであり、外部電極 2 1 の両端開口を閉塞して外部電極 2 1 の内面及び内部電極 2 2 の外面の間にオイルを収容するセル空間 S を形成する絶縁部材 2 3 とを備えている。

[0045] より詳細にオイル測定セル 2 は、軸方向両端部において外部電極 2 1 に対して内部電極 2 2 を固定し、外部電極 2 1 の内面及び内部電極 2 2 の外面の対向距離を固定して一定とすることによりオイル測定空間（セル空間）S を形成する絶縁部材 2 3 とを備えている。

[0046] 本実施形態の外部電極 2 1 及び内部電極 2 2 は、ステンレス鋼から形成されている。

[0047] 絶縁部材 2 3 は、外部電極 2 1 に対して内部電極 2 2 を両持ち構造で固定して外部からの振動に対する内部電極 2 2 の振動を抑制するものである。また、絶縁部材 2 3 は、外部電極 2 1 の両端開口を閉塞して外部電極 2 1 の内面及び内部電極 2 2 の外面の間にオイルを収容するセル空間 S を形成するものである。この絶縁部材 2 3 によって、セル空間 S の軸方向両端部が閉じられて、セル空間 S は概略円筒状の空間となる。

[0048] また、絶縁部材 2 3 は円環状をなすものであり、その開口部に内部電極 2 2 の軸方向端部がリング等のシール部材 2 4 を介して挿入されるとともに、その軸方向端面が外部電極 2 1 の軸方向端面にリング等のシール部材 2 5 を介して密着される。この絶縁部材 2 3 は、円環状をなす固定部材 2 6 により外部電極 2 1 に固定されている。このように絶縁部材 2 3 が軸方向両端部において外部電極 2 1 及び内部電極 2 2 を固定しているので、振動に強く、外部電極 2 1 の内面及び内部電極 2 2 の外面の対向距離（隙間）の変動を抑えることができるので、外部電極 2 1 の内面及び内部電極 2 2 の外面の隙間を小さくすることができ、セル定数を従来よりも 10 分の 1 程度まで小さくすることができる。本実施形態では、オイル測定セル 2 のセル定数を例えば 0.001 / cm にできる。

[0049] そして、このオイル測定セル2は、軸方向一端側における内部電極22に、セル空間Sにオイルを導入するためのオイル導入路L1が形成されており、軸方向他端側における内部電極22に、セル空間Sからオイルを導出するためのオイル導出路L2が形成されている。これらオイル導入路L1の導入ポートP1及びオイル導出路L2の導出ポートP2には、例えばPFA等の絶縁性を有する材質からなる外部配管H1、H2が接続されている。このように外部配管H1、H2を絶縁性を有する管により構成することで、外界から絶縁してノイズ電流を低減し、安定して測定することができる。これら外部配管H1、H2は、直接又は他の接続管を介して、軸受や歯車等又は油圧装置等に接続されている。なお、外部配管H1には、図示しない流量計が設けられている。

[0050] オイル導入路L1は、内部電極22の軸方向一端部に形成されており、オイル導入路L1がセル空間Sの軸方向一端部に連通する複数のオイル導入口L1aを有している。また、オイル導出路L2は、内部電極22の軸方向他端部に形成されており、オイル導出路L2がセル空間Sの軸方向他端部に連通する複数のオイル導出口L2aを有している。なお、内部電極22の軸方向一端部及び他端部は、外部電極21よりも外側に延出した部分又はその近傍部分である。このように、絶縁部材23に、オイル導入路L1及びオイル導出路L2を形成しているため、外部電極21及び内部電極22に導入ポートP1及び導出ポートP2を設ける必要が無く、外部電極21及び内部電極22の対向面積を大きくすることができ、セル定数を小さくすることができる。また、オイル導入路L1が複数のオイル導入口L1aを有するため、セル空間Sにおける周方向にオイルを万遍なく行き渡らせることができるとともに、オイル導出路L2が複数のオイル導出口L2aを有するため、セル空間S内部でのオイルの滞留を防ぎ、効率良く導出することができる。したがって、オイルの比抵抗を精度良く測定することができる。

[0051] また、本実施形態のオイル測定セル2においては、オイル導入口L1aがセル空間Sの最下端に形成されており、オイル導出口L2aがセル空間Sの

最上端に形成されている。つまり、オイル導入口L 1 aは、セル空間Sを形成する内部電極2 2の外面上における下縁部において開口している。また、オイル導出口L 2 aは、セル空間Sを形成する内部電極2 2の外面上における上縁部において開口している。これにより、セル空間Sの下端部及び上端部のデットスペースを可及的に小さくし、気泡の溜まりを防ぐことができる。また、上記構成により、外部電極2 1及び内部電極2 2の対向面積を大きくすることができ、セル定数を小さくすることができる。さらに、複数のオイル導入口L 1 a及び複数のオイル導出口L 2 aは、セル空間Sの周方向において等間隔に形成されている。セル空間Sにオイルを均一に満たすことができるとともに、セル空間Sからオイルを周方向において均一に排出することができ、気泡の溜まりを一層防ぐことができる。

[0052] しかして本実施形態のオイル測定セル2において、外部電極2 1の外側周面2 1 aの一部に、セル空間Sに收容されたオイルを加熱するためのヒータ3が設けられている。このヒータ3は、例えばシリコン等の可撓性を有する部材内に発熱抵抗体を内蔵して構成された例えばシート状のものである。そして、このヒータ3は、外部電極2 1の外側周面2 1 aに密着して設けられている。具体的にヒータ3は、軸方向においては、内部のセル空間Sの略全体に対応して設けられており、周方向においては、外側周面2 1 aの一部に設けられており、その他の部分が外部に露出するように設けられている。この外部露出部分2 1 bが放熱部として機能する。なお、外部電極2 1がステンレス鋼から形成されており、熱伝導性に優れているため、部分的に設けられたヒータ3によりセル空間S全体を加熱することができ、また、外部露出部分2 1 bによりセル空間Sの冷却も容易にすることができる。また、このヒータ3は、後述する制御機器1 0のヒータ制御部6により、流れる電流が制御される。

[0053] また、外部電極2 1の外側周面2 1 aにおいて前記ヒータ3が設けられていない部分、つまり外部露出部分2 1 bに、外部電極2 1の温度を検出する温度センサ7が設けられている。ここで、温度センサ7は、外部露出部分2

1 bに形成された凹部21Mの底面に設けられている。これにより、外部電極21の温度を精度良く検出することができる。なお、外部電極21の上下対称性を考慮して、温度センサ7は、外部電極21に軸方向中心部に設けられている。この温度センサ7により得られた検出信号は、制御機器10によって取得される。

[0054] 制御機器10は、温度センサ7の検出温度を用いて前記ヒータ3を制御して外部電極21の温度が一定となるようにするとともに、オイル測定セル2に流れるオイルの比抵抗を測定するものである。具体的に制御機器10は、比抵抗測定部4、加熱温度設定信号受付部5、及びヒータ制御部6等として機能する。なお、制御機器10は、CPUやメモリ、A/D変換器、D/A変換器等を有したデジタル乃至アナログ電気回路で構成されたもので、専用のものであってもよいし、一部又は全部にパソコン等の汎用コンピュータを利用するようにしたものであってもよい。また、CPUを用いず、アナログ回路のみで前記各部としての機能を果たすように構成してもよいし、物理的に一体である必要はなく、有線乃至無線によって互いに接続された複数の機器からなるものであってもよい。

[0055] 比抵抗測定部4は、外部電極21及び内部電極22の間に生じる電圧を検出することによって、オイルの比抵抗を測定するものである。

[0056] 具体的にこの比抵抗測定部4は、図4に示す比抵抗測定回路Cを有するものである。この比抵抗測定回路Cは、内部電極22に直列接続された既知の抵抗値を有する基準抵抗Ca (R_1)と、一对の電極21、22及び基準抵抗Caに交流電圧(V_1)を印加する交流電源Cbと、一对の電極21、22間に生じる電極間電圧(V_2)を検出する検出部Ccと、当該検出部Ccからの出力電圧を用いてオイルの比抵抗(R_2)を演算する信号処理部(不図示)とを有する。本実施形態の検出部Ccは、電極間電圧(V_2)をインピーダンス変換して出力するオペアンプOPによって構成されている。また、信号処理部による抵抗(R_2)の演算は、 $V_2/R_2 = V_1/(R_1 + R_2)$ の式を用いている。

[0057] そして、交流電源C bは、外部電極2 1及び内部電極2 2の間に、振幅が1 V～4 2 V内の何れかの振幅で、周波数が0. 5 H z～3 0 H z内の何れかの周波数の矩形波交流電圧 (V_1) を印加するものである。ここで矩形波交流電圧の周波数としては、応答速度の確保のために2 H z以上がより好ましく、測定精度の確保のために1 5 H z以下がより好ましい。また、矩形波交流電圧の振幅としては、既存の回路素子を用いるために1 5 V以下がより好ましい。そして、信号処理部は、前記交流電源C bによる矩形波交流電圧 (V_1) の印加に伴い検出部C cから出力される出力電圧が安定したタイミングで、その安定した出力電圧を用いて比抵抗を演算するように構成されている。なお、信号処理部が安定した出力電圧を用いて比抵抗を演算する構成としては、(1) 矩形波の後半部分における出力電圧、つまり、交流電圧の正負が切り替わってから所定時間経過後（言い換えれば、交流電圧の正負が切り替わる直前）に取得した出力電圧を用いて比抵抗を演算する構成、又は、(2) 出力電圧の変動量を算出することにより安定したか否かを判断して、安定したと判断した場合に、その出力電圧を用いて比抵抗を演算する構成、などが考えられる。

[0058] また、この比抵抗測定回路Cは、外部電極2 1に接続される配線C L 1及び内部電極2 2に接続される配線C L 2の間に形成される浮遊容量C dの電位差をゼロとするシールドドライブ回路C 1が設けられている。このシールドドライブ回路C 1は、前記検出部C cを構成するオペアンプO Pを用いて構成されている。これにより、外部電極2 1に接続される配線C L 1及び内部電極2 2に接続される配線C L 2の間に形成される浮遊容量C dへの充放電電流を少なくすることができ、真の比抵抗を示す電気信号の抽出を容易にすることができる。また、比抵抗測定回路Cの時定数を小さくすることができ、電極間電圧 (V_2) が安定するまでの時間を短くすることができる。したがって、オイルの比抵抗を精度良く測定することができ、オイル劣化を精度良く検知することができる。

[0059] また、交流電源C bは、外部電極2 1及び内部電極2 2の間に、オイルの

比抵抗を連続測定が可能で、尚且つ、測定によるオイル劣化を防ぐことが可能な、所定振幅で所定周波数の矩形波交流電圧 (V_1) を印加するものである。これならば、矩形波交流電圧を印加しているので、電極 21、22 及びオイルの境界において電気二重層が形成されることを抑制し、オイルの比抵抗を連続測定することができる。また、所定振幅の電圧を印加することから測定中のオイルの変質等の測定による劣化を防ぐことができる。

[0060] また、信号処理部は、前記交流電源 C b による矩形波交流電圧 (V_1) の印加に伴い検出部 C c から出力される出力電圧が安定したタイミングで、その安定した出力電圧を用いて比抵抗を演算するように構成されている。なお、信号処理部が安定した出力電圧を用いて比抵抗を演算する構成としては、(1) 矩形波の後半部分における出力電圧、つまり、交流電圧の正負が切り替わってから所定時間経過後（言い換えれば、交流電圧の正負が切り替わる直前）に取得した出力電圧を用いて比抵抗を演算する構成、又は、(2) 出力電圧の変動量を算出することにより安定したか否かを判断して、安定したと判断した場合に、その出力電圧を用いて比抵抗を演算する構成、などが考えられる。

[0061] 加熱温度設定信号受付部 5 は、オイル測定セル 2 に収容されるオイルの比抵抗測定に好適な加熱温度を示す加熱温度設定信号を受け付けるものである。この加熱温度設定信号は、ユーザがキーボード、マウス、タッチパネル又は温度設定ボタン等の入力手段又は後述するオイル管理システム 100Z の通信システムを用いて入力することによって生成される。また、加熱温度設定信号受付部 5 は、受け付けた加熱温度設定信号を後述のヒータ制御部 6 に送信する。ここで、オイルは、図 5 に示すように、時間経過、すなわちオイルの劣化（酸化）とともに比抵抗が低くなる。また、図 6 に示すように、種類及び温度によって、比抵抗が異なる。また、オイルの比抵抗は、未使用時が最も大きい。このため、各種オイルの未使用時の比抵抗が、オイル測定セル 2 の測定レンジ内となるように、各種オイルの加熱温度が設定される。

[0062] ヒータ制御部 6 は、加熱温度設定信号受付部 5 から加熱温度設定信号を取

得するとともに、オイル測定セル 2 に設けられた温度センサ 7 から検出信号を取得して、その検出信号が示す温度（測定温度）と、加熱温度設定信号が示す温度（設定温度）とを比較して、温度センサ 7 の測定温度が前記設定温度となるように、ヒータ 3 に流す電流を制御する。

[0063] 次にこのように構成した比抵抗測定装置 100 の測定までのタイムチャートの一例について図 7 を参照して説明する。

[0064] まず、ユーザが比抵抗測定装置 100 の電源を投入する。そして、ユーザが、測定対象であるオイルの比抵抗測定に好適な加熱温度を入力手段により設定する。ここで設定された加熱温度を示す加熱温度設定信号は、加熱温度信号設定受付部 5 により取得されて、ヒータ制御部 6 に送信される。ヒータ制御部 6 は、加熱温度設定信号を取得してヒータ 3 の温度制御を開始する。これにより、オイル測定セル 2 は、ヒータ 3 により暖機される。このヒータ 3 による暖機に伴って温度センサ 7 により得られる測定温度は、所望の加熱温度に向かって昇温する。また、この昇温期間の経過後、オイル測定セル 2 が一定温度になると、比抵抗測定部 4 がオイルの比抵抗測定を開始する。

[0065] なお、ヒータ制御部 6 がヒータ 3 の温度制御を開始してからオイル測定セル 2 が一定温度となるまでは、制御機器 10 に設けられた暖機用ランプが点灯しており、ユーザに測定準備中であることを報知する構成としている。

[0066] また、比抵抗測定部 4 による比抵抗測定を開始するタイミングは、例えば次の（１）、（２）、（３）のようにすることが考えられる。

（１）前記暖機用ランプが点灯から消灯に切り替わったことを確認したユーザが、別途設けられた測定開始スイッチ等の入力手段を操作することによって、比抵抗測定部 4 に測定開始信号が送信される。そして、比抵抗測定部 4 が前記測定開始信号を取得したときに比抵抗測定を開始する。

（２）ヒータ制御部 6 が、温度センサ 7 の測定温度と設定温度とが同一であると判断した場合にその判断信号を比抵抗測定部 4 に送信するように構成されている。そして、比抵抗測定部 4 が前記判断信号を取得したときに比抵抗測定を開始する。

(3) 比抵抗測定部4が、加熱温度設定信号受付部5又はヒータ制御部6から加熱温度設定信号を取得するとともに、温度センサ7から検出信号を取得して、その検出信号が示す温度(測定温度)と加熱温度設定信号が示す温度(設定温度)とを比較するように構成されている。そして、比抵抗測定部4が、測定温度と設定温度とが同一であると判断したときに比抵抗測定を開始する。

(4) 比抵抗測定の開始又は取得データの有効性判定を、後述するオイル管理システム100Z経由で信号を受け付けたコンピュータ等が行うようにしても良い。

[0067] 次に本実施形態の比抵抗測定装置100を用いたオイル管理システム100Zについて、図8を参照して説明する。なお、比抵抗測定装置100により管理される対象機器Xは、潤滑油等の使用液の種類によって劣化度、比抵抗値及び温度の関係が異なるため、予め対象機器Xの使用液の比抵抗測定装置100での挙動を確認し、その挙動が確認された使用液を使用することが望ましい。

[0068] このオイル管理システム100Zは、比抵抗測定装置100により得られた比抵抗値及び温度を通信回線を介して自動的に管理者側の管理装置(ユーザ端末)に送信する送信システム(不図示)を有しており、比抵抗値及び温度を信号として取得することによりオイル管理を経時的に行うことを可能にするものである。なお、管理装置には、比抵抗測定装置100からの信号以外にも水分や光透過度等の別の測定対象項目を測定する測定装置からの信号も送信され、これら全ての信号を用いて総合的に使用液の管理を行うことができる。

[0069] 具体的にこのオイル管理システム100Zは、対象機器Xの使用液タンクX1から使用液を比抵抗測定装置100のオイル測定セル2に供給するための給油管11(上述の外部配管H1に対応)と、オイル測定セル2からのオイルを再び使用液タンクX1に戻すための排油管12(上述の外部配管H2に対応)とを備えている。なお、使用液タンクX1には、当該使用液タンク

X 1 に貯留されているオイルを浄化するための浄化ライン X 2 が設けられており、当該浄化ライン X 2 には、ライン X 2 にオイルを循環させるためのポンプ X 2 1 と、オイルに含まれる夾雑物や摩耗粉等の異物を除去するためのフィルタ X 2 2 が設けられている。

[0070] そして、給油管 1 1 のオイル導入ポートによるオイル採取部位は、使用液タンク X 1 であり、より詳細には浄化ライン X 2 におけるフィルタ X 2 2 の下流側である。これにより、フィルタ X 2 2 により浄化された使用液をオイル測定セル 2 に供給することができる。なお、浄化ライン X 2 が設けられていない場合には、オイル導入ポートを使用液タンク X 1 内の使用液に接触する部分に設けることが考えられる。

[0071] また、給油管 1 1 には、オイル導入ポートにより採取したオイルをオイル測定セル 2 に供給するための供給ポンプ 1 3 が設けられている。なお、供給ポンプ 1 3 を排油管 1 2 に設けても良い。

[0072] そして、オイル測定セル 2 の上流側には、異物除去機構 1 4 が設けられていることが望ましい。この異物除去機構 1 4 としては、オイルに含まれる夾雑物や摩耗粉を捕集するフィルタや磁石等からなる捕集ユニットである。そして、この捕集ユニット 1 4 は、給油管 1 1 に対して着脱可能とされており、回収された捕集ユニット 1 4 に捕集された捕集物を分析することにより、厳格なオイル管理を行うことができるように構成されている。

[0073] 本実施形態の異物除去機構 1 4 はフィルタであり、当該フィルタ 1 4 の上流側及び下流側に圧力センサ 1 5、1 6 が設けられており、当該圧力センサ 1 5、1 6 からの圧力を信号として取得してその差圧を用いて、オイル管理とともにフィルタ 1 4 の目詰まり等のフィルタ管理を行うことができるように構成されている。

[0074] また、排油管 1 2 には、サンプリングライン 1 6 が設けられており、比抵抗測定装置 1 0 0 により得られた比抵抗値が異常値となった場合に、当該異常の比抵抗値を示す使用液をサンプリング容器 1 7 に採取可能としている。さらに、本システムを可搬型にて運用する場合には、1 日に 1 つのシステム

で何台もの装置を計測し、迅速な結果を得るとともに、それぞれの装置および結果に対する実サンプルを用いた詳細分析を追って行うことが好ましいため、本サンプリング機構が極めて有効に機能する。

[0075] 具体的にこのサンプリングライン16は、排油管12の途中に分岐して設けられたサンプリング管であり、当該サンプリング管16の出口にはサンプリング容器17が設けられている。また、排油管12における分岐点の下流側及び前記サンプリング管16には、使用液の流れる管を切り替えるための切り替え弁18が設けられている。この切り替え弁18は、自動的に切り替え可能な電磁弁であっても良いし、手動で切り替え可能な手動弁であっても良い。

[0076] さらにサンプリング容器17は、サンプリング管16に対して着脱可能に設けられており、当該サンプリング容器17に貯留された異常の使用液は、例えば元素分析装置等の分析装置により分析される。なお、サンプリング容器17の下側には、サンプリング容器17から溢れ出た使用液等を回収するためのオイルパン19が設けられており、当該オイルパン19には、回収された使用液を使用液タンクX1に戻すための戻し配管20が設けられている。

[0077] <本実施形態の効果>

このように構成した本実施形態の比抵抗測定装置100によれば、矩形波交流電圧を印加しているため、電極21、22及びオイルの境界において電気二重層が形成されることを抑制し、オイルの比抵抗を連続測定することができる。また、1V～42Vの電圧を印加することから測定中のオイルの変質等の測定による劣化を防ぐことができる。ここで、1V～42Vの交流電圧としていることから、交流電源を安価に構成することができるとともに、感電した場合であっても人体への危険性を低減することができる。さらに、周波数が0.5Hz～30Hzであるため、交流電圧の正負切り替え前において比抵抗測定回路Cから出力される信号を安定させることができるので、オイルの比抵抗を精度良く測定することができ、オイルの劣化を精度良く検

知することができる。

[0078] また、このように構成した本実施形態の比抵抗測定装置100によれば、オイル測定セル2の軸方向両端部において、絶縁部材23が外部電極21に対して内部電極22を固定する所謂両持ち構造であり、当該絶縁部材23により、外部電極21の内面及び内部電極22の外面の間の対向距離が固定されているので、外部からの振動により、内部電極22が外部電極21に対してぶれにくくして、対向距離の変動を抑制することができる。これにより、外部電極21の内面及び内部電極22の外面の対向距離を小さくする構造又は外部電極21及び内部電極22の長さ寸法を大きくする構造を採用してセル定数を小さくしつつ、振動による測定不可を防ぎ、測定誤差を低減することができる。したがって、オイルの電気特性を測定精度を向上させることができ、オイル劣化を精度良く検知することができる。

[0079] また、セル空間Sに收容されるオイルの温度を所定の加熱温度に温度調節するので、種々のオイル毎にそれらオイルの比抵抗の測定に適した温度とすることができる。また、種々のオイルの比抵抗を測定可能にすることができる。また、セル空間Sに收容されるオイルの温度を一定に制御するので、温度補償に必ずしも頼ることなくオイルの温度変動に伴う測定誤差を低減することができる。したがって、種々のオイルのオイル劣化を精度よく検知することができる。さらに、特に粘性の高いオイルの場合には、加熱することによって粘性が低下するため、オイルをオイル測定セル2に流通し易くすることができ、本実施形態のセル構造と併せると、気泡溜まりをより一層防ぐことができる。

[0080] また、このように構成した本実施形態の比抵抗測定装置100によれば、セル空間Sに收容されるオイルの温度を所定の加熱温度に温度調節するので、種々のオイル毎にそれらオイルの比抵抗の測定に適した温度とすることができる。また、種々のオイルの比抵抗を測定可能にすることができる。また、セル空間Sに收容されるオイルの温度を一定に制御するので、温度補償に必ずしも頼ることなくオイルの温度変動に伴う測定誤差を低減することができ、オイ

ルの比抵抗を精度良く測定することができる。したがって、種々のオイルのオイル劣化を精度よく検知することができる。さらに、特に粘性の高いオイルの場合には、加熱することによって粘性が低下するため、オイルをオイル測定セル2に流通し易くすることができる。

[0081] なお、本発明は前記実施形態に限られるものではない。

例えば、前記実施形態の比抵抗測定装置100が、さらに劣化判定部を有するものであっても良い。この劣化判定部は前記制御機器10により構成される。劣化判定部は、比抵抗測定部4により得られた比抵抗と、予め定められた閾値（基準比抵抗）との比較により劣化判定を行うものである。ここで基準比抵抗は、種々のオイル毎に設定されており、例えばユーザが設定入力できるようにしても良いし、種々のオイル毎に設定された閾値を示す閾値データをメモリに格納させておき、それをユーザが選択できるようにしても良い。なお、劣化判定の方法としては、その他、測定しているオイルの初期値（比抵抗）との関係、例えば初期値に対する割合によって、劣化判定を行うようにしても良い。

[0082] また、劣化判定部は、算出した比抵抗が閾値よりも低い場合に、制御機器10に設けられた報知手段制御部に劣化判定信号を出力する。なお、報知手段制御部は、制御機器10に設けられた例えばランプやディスプレイ等の報知手段を制御して、ユーザにオイル劣化を報知するものである。

[0083] 前記実施形態では、ユーザが加熱温度を設定する構成であったが、ユーザがオイル種を入力することによって、制御機器10側で自動的に加熱温度を設定する構成としても良い。この場合、図9に示すように、制御機器10は、オイルの種類毎に設定された加熱温度を示す加熱温度設定データを格納するデータ格納部8と、オイル測定セル2に収容されるオイルの種類を示すオイル選択信号を受け付けるオイル選択信号受付部9とを備えたものとするのが考えられる。

[0084] データ格納部8は、オイルの種類毎に設定された加熱温度を示す加熱温度設定データを格納するものである。ここで加熱温度設定データは、例えば各

オイルの未使用時の比抵抗が、オイル測定セル 2 の測定レンジ内となるように設定された加熱温度を示すものである。この加熱温度設定データは、ユーザによって予めデータ格納部 8 に格納される。

[0085] オイル選択信号受付部 9 は、オイル測定セル 2 に收容される測定対象となるオイルの種類を示すオイル選択信号を受け付けるものである。このオイル選択信号は、ユーザがキーボード、マウス、タッチパネル又はオイル設定ボタン等の入力手段又は前記オイル管理システム 100 Z の通信システムを用いて入力することによって生成される。また、オイル選択信号受付部 9 は、受け付けたオイル選択信号をヒータ制御部 6 に送信する。

[0086] ヒータ制御部 6 は、オイル選択信号受付部 9 からオイル選択信号を取得して、当該オイル選択信号及びデータ格納部 8 に格納された加熱温度設定データに基づいて、ヒータ 3 の加熱温度（設定温度）を設定する。そして、ヒータ制御部 6 は、オイル測定セル 2 に設けられた温度センサ 7 から検出信号を取得して、その検出信号が示す温度（測定温度）と、設定した加熱温度（設定温度）とを比較して、温度センサ 7 の検出信号が示す温度が設定された加熱温度となるように、ヒータ 3 に流す電流値を制御する。

[0087] このようなものであれば、前記実施形態の効果に加えて、ユーザがオイルの種類を入力するだけで、当該オイルの比抵抗測定に好適な温度に温度調節することができるので、種々のオイル毎にそれらオイルの比抵抗の測定に適した温度とすることができ、種々のオイルの比抵抗を測定可能にすることができる。

[0088] また、比抵抗測定部 4 は、シールドドライブ回路 C 1 を有さない構成としても良い。例えば、図 10 に示すように、比抵抗測定回路 C を有するものであり、外部電極 21 及び内部電極 22 の間に、オイルの比抵抗を連続測定が可能で、尚且つ、測定によるオイル劣化を防ぐことが可能な、所定振幅で所定周波数の矩形波交流電圧 (V_1) を印加するものであっても良い。これならば、矩形波交流電圧を印加しているので、電極 21、22 及びオイルの境界において電気二重層が形成されることを抑制し、オイルの比抵抗を連続測定

することができる。また、所定振幅の電圧を印加することから測定中のオイルの変質等の測定による劣化を防ぐことができる。なお、この比抵抗測定部4による測定レンジは、0～200GΩ・cmである。

[0089] また、前記実施形態では、加熱温度をヒータの温度制御開始前に設定する構成であったが、ヒータの温度制御開始後又は比抵抗測定中に、以前（例えば温度制御開始前）に設定した設定温度を変更できるように構成しても良い。

[0090] さらに、設定温度を単一の値とするのではなく、加熱温度の上限値及び下限値を設定できるようにし、当該加熱温度の上限値及び下限値の間でオイル測定セル2の温度を制御するように構成しても良い。また、この場合、比抵抗測定部により算出された比抵抗を、温度センサにより得られた検出温度を用いて温度補償するように構成しても良い。

[0091] その上、前記実施形態のヒータを外部電極又は内部電極により構成しても良い。つまり、外部電極又は内部電極に電流を流すことによって、電極を通電加熱させることでヒータとしての機能を発揮させるようにしても良い。この時、内部電極に電流を流して内部電極をヒータとして機能させることで、液体試料を早く加熱することができ、より一層精度良く測定することができる。

[0092] その上、前記実施形態のオイル導入路L1及びオイル導出路L2は、内部電極22に設けられているが、絶縁部材23に設けたものであっても良い。

[0093] オイル測定セル2及び制御機器10を1つのケーシング内に収容してユニット化しても良い。この場合、ケーシングに持ち運び用の取っ手を設けることで可搬型のものとすることが考えられる。また、ケーシングには、オイル測定セルに外部の軸受や油圧装置等のオイルを供給するための配管が接続される供給ポート及びオイル測定セルから外部に測定後のオイルを排出するため又は外部の軸受や油圧装置等に測定後のオイルを戻すための配管が接続される排出ポートが設けることが考えられる。

[0094] 加えて、前記実施形態では、外部電極21及び内部電極22の間の電圧（

V_2) を検出して比抵抗を演算しているが、基準抵抗 C_a にかかる電圧を検出して比抵抗を演算するようにしても良い。この場合、差動回路を用いて基準抵抗 C_a の抵抗値 R_1 を検出する。

[0095] その上、前記実施形態では、オイル分析装置として、オイルの比抵抗を測定する比抵抗測定装置について説明したが、その他、オイル分析装置は、オイルの酸化還元電位又は誘電率等のその他の電気特性を測定するものであっても良い。

[0096] さらにその上、前記実施形態では、オイル測定セルがオイル加熱機能を有し、外部電極にヒータを設けたものであったが、オイル測定セルにオイル加熱機能が無いものとしても良い。この場合、外部電極にヒータを設けない構成することが考えられる。

[0097] さらに加えて、前記実施形態のヒータを外部電極又は内部電極により構成しても良い。つまり、外部電極又は内部電極に電流を流すことによって、電極を通電加熱させることでヒータとしての機能を発揮させるようにしても良い。この時、内部電極に電流を流して内部電極をヒータとして機能させることで、液体試料を早く加熱することができ、より一層精度良く測定することができる。

[0098] その他、本発明は前記実施形態に限られず、その趣旨を逸脱しない範囲で種々の変形が可能であるのは言うまでもない。

産業上の利用可能性

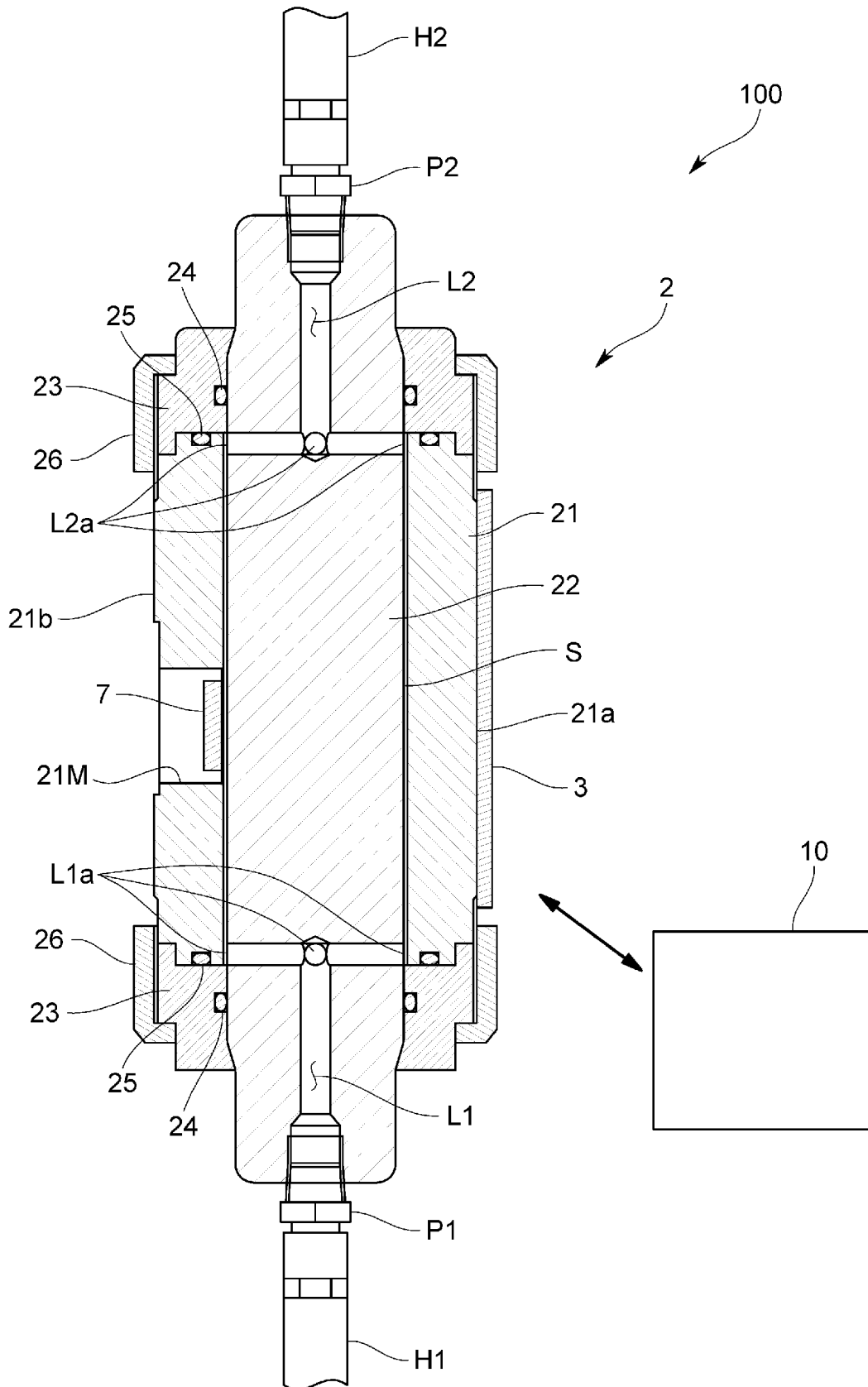
[0099] 本発明によれば、液体試料の比抵抗を連続して精度良く測定できるとともに、測定に伴う液体試料の変質等の劣化を防ぐことができる。

請求の範囲

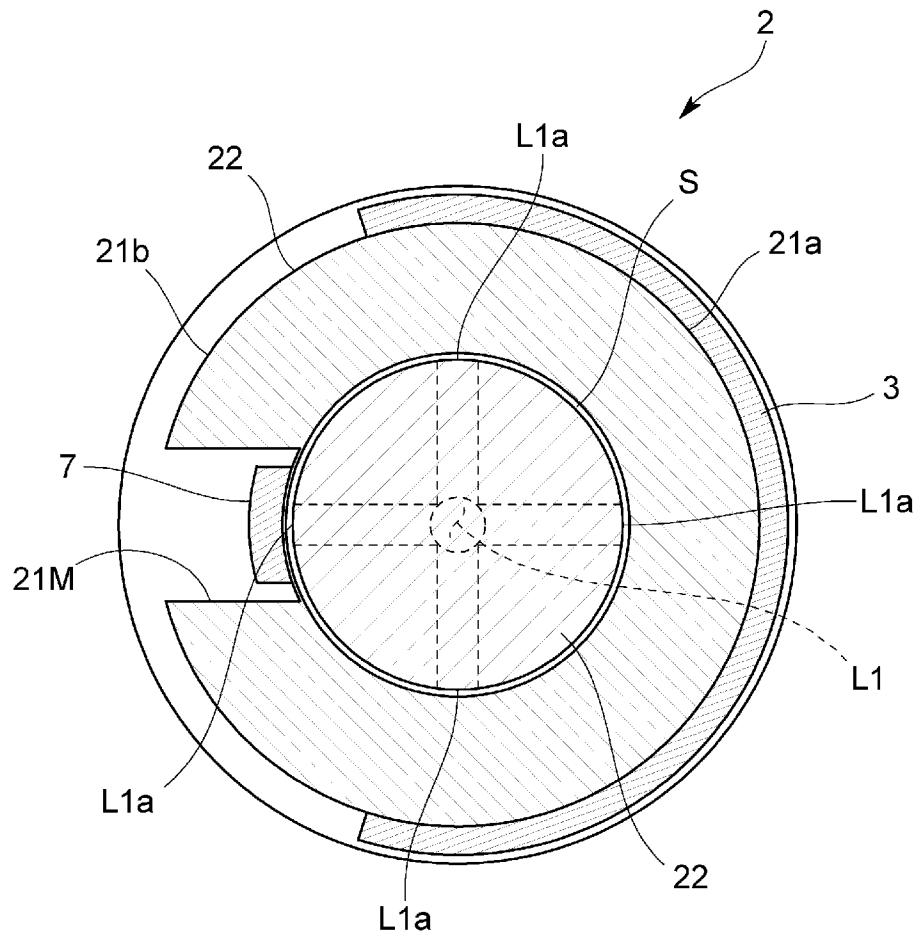
- [請求項1] 液体試料の劣化を検知するために比抵抗を測定する比抵抗測定回路であって、
- 一対の電極の間に生じる電圧を検出することによって、当該一対の電極間にある液体試料の比抵抗を測定するものであり、
- 前記一対の電極に接続される配線の間形成される浮遊容量の電位差をゼロとする、オペアンプを用いたシールドドライブ回路を有し、
- 前記一対の電極の間に、振幅が1 V～4.2 Vであり周波数が0.5 Hz～30 Hzの矩形波交流電圧を印加することを特徴とする比抵抗測定回路。
- [請求項2] 請求項1記載の比抵抗測定回路を有する比抵抗測定装置。
- [請求項3] 請求項2記載の比抵抗測定装置を用いて、比抵抗値及び温度を信号として取得することにより液体試料管理を経時的に行うことを特徴とする液体試料管理方法。
- [請求項4] 請求項3記載の液体試料管理方法のために信号として取得された比抵抗値及び温度を通信回線を介して自動的に管理者側に送信する送信システムと、
- 前記一対の電極を有する測定セルに液体試料を供給するための供給ポンプとを備える液体試料管理システム。
- [請求項5] 前記供給ポンプが、前記測定セルに液体試料を供給する供給管又は前記液体試料測定セルからの液体試料を排出する排出管の少なくとも一方に設けられている請求項4記載の液体試料管理システム。
- [請求項6] 前記比抵抗測定装置への信号又はデータの入力が、通信システムを介して行われる請求項4記載の液体試料管理システム。
- [請求項7] 前記測定セルに液体試料を供給する供給管に異物除去機構が設けられている請求項4記載の液体試料管理システム。
- [請求項8] 請求項7記載の液体試料管理システムにおける異物除去機構がフィルタであり、

前記フィルタの少なくとも上流側に圧力センサを設けて、当該圧力センサからの圧力を信号として取得することにより、液体試料管理とともにフィルタ管理を行うことを特徴とする液体試料管理方法。

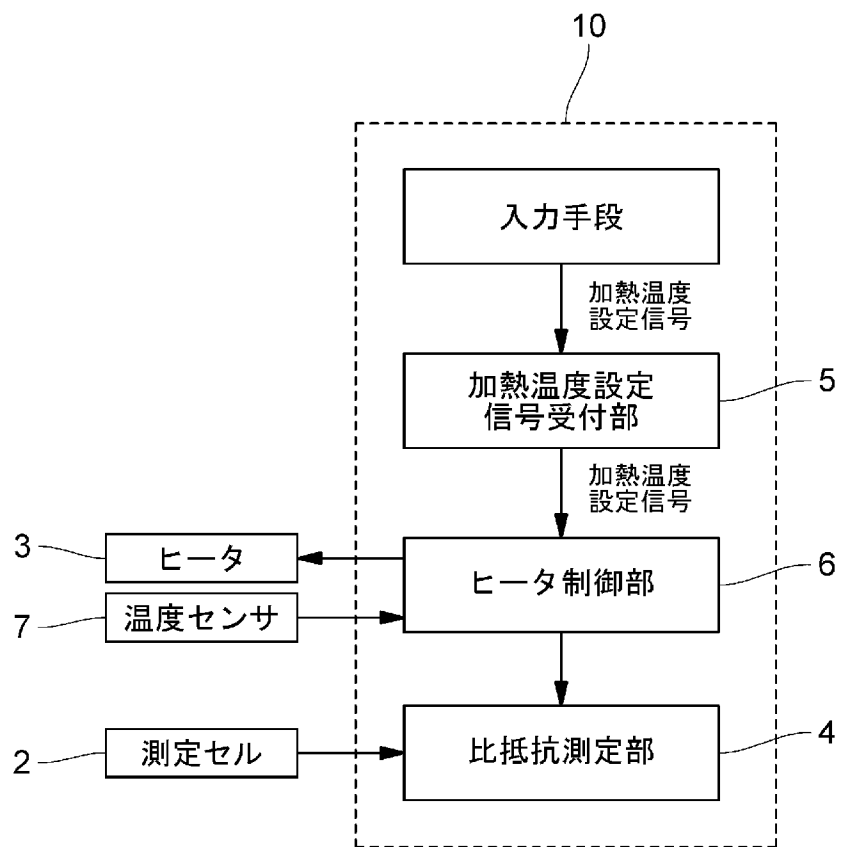
[図1]



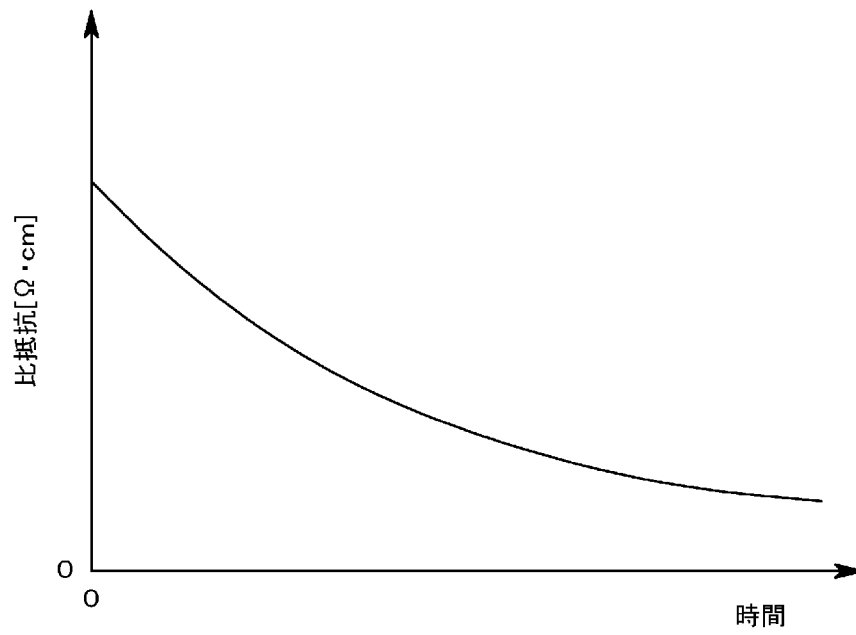
[図2]



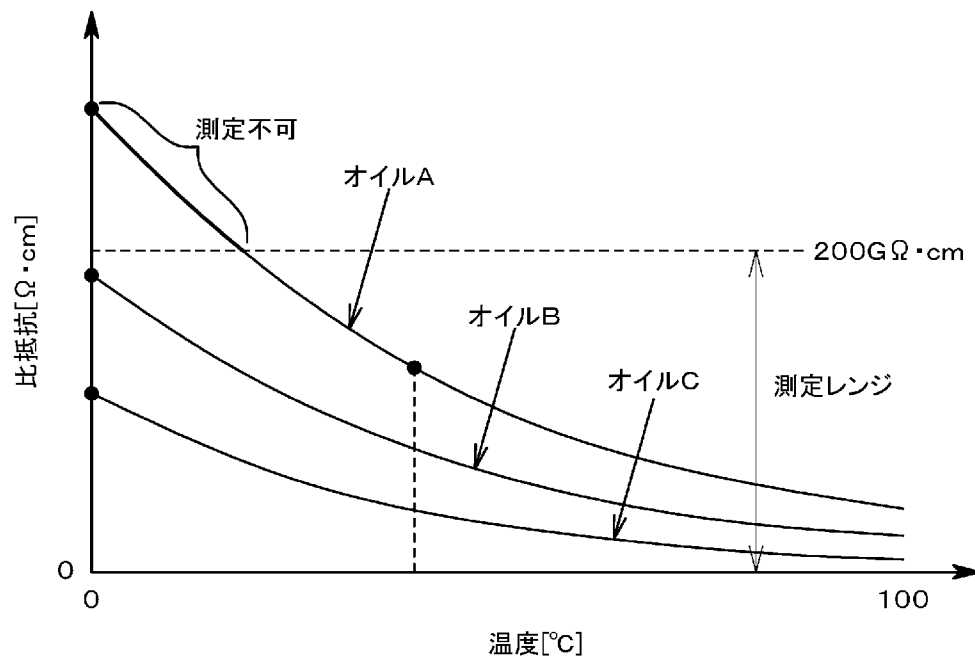
[図3]



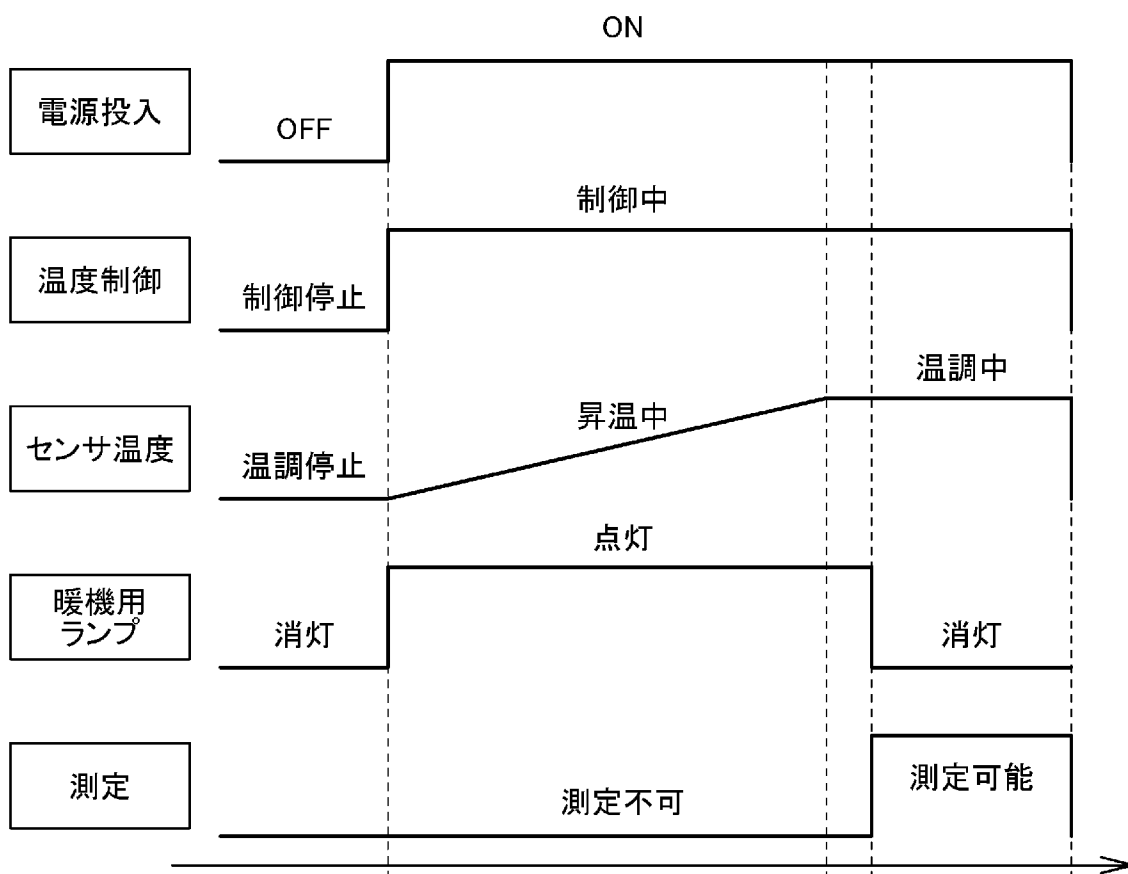
[図5]



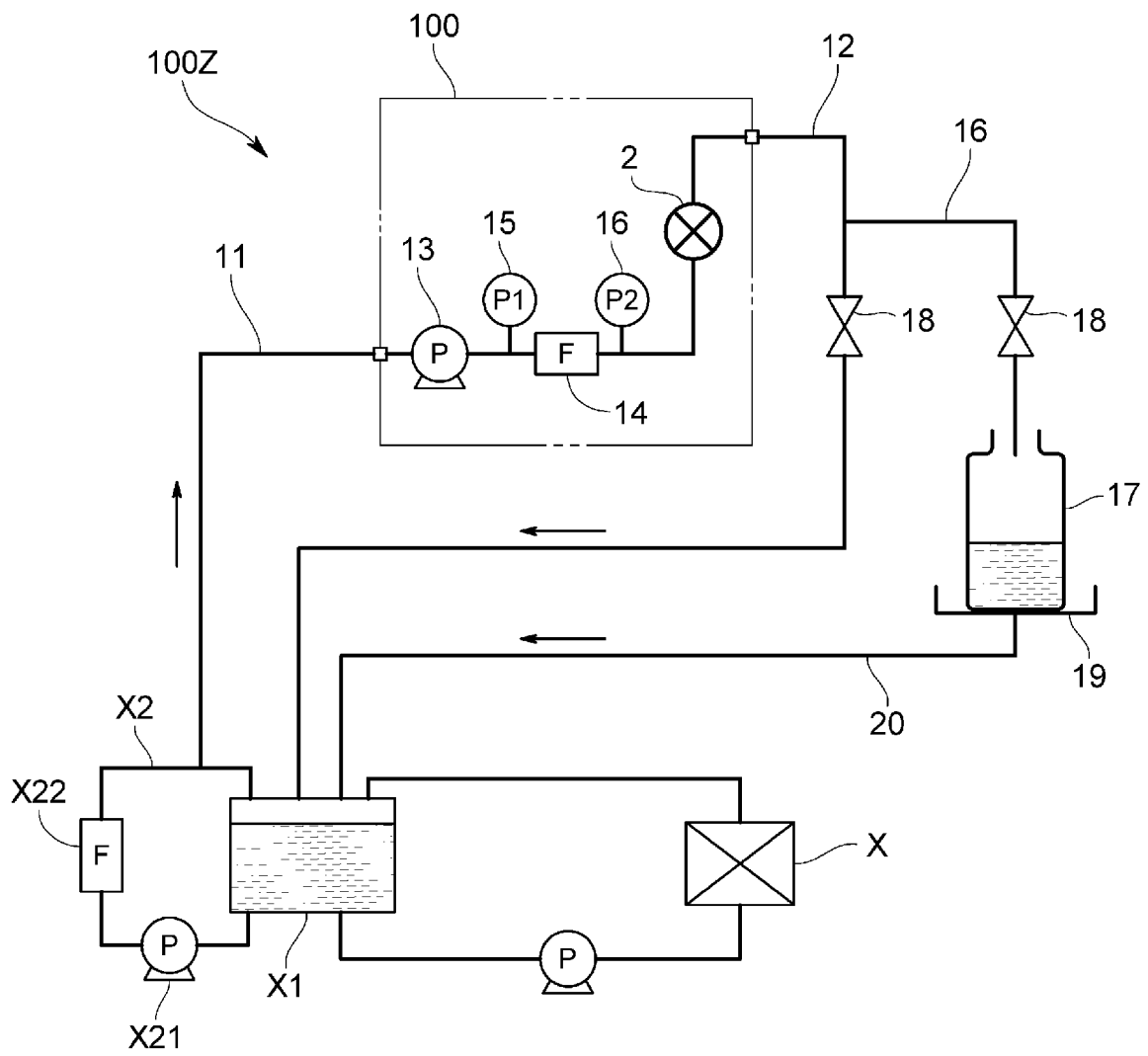
[図6]



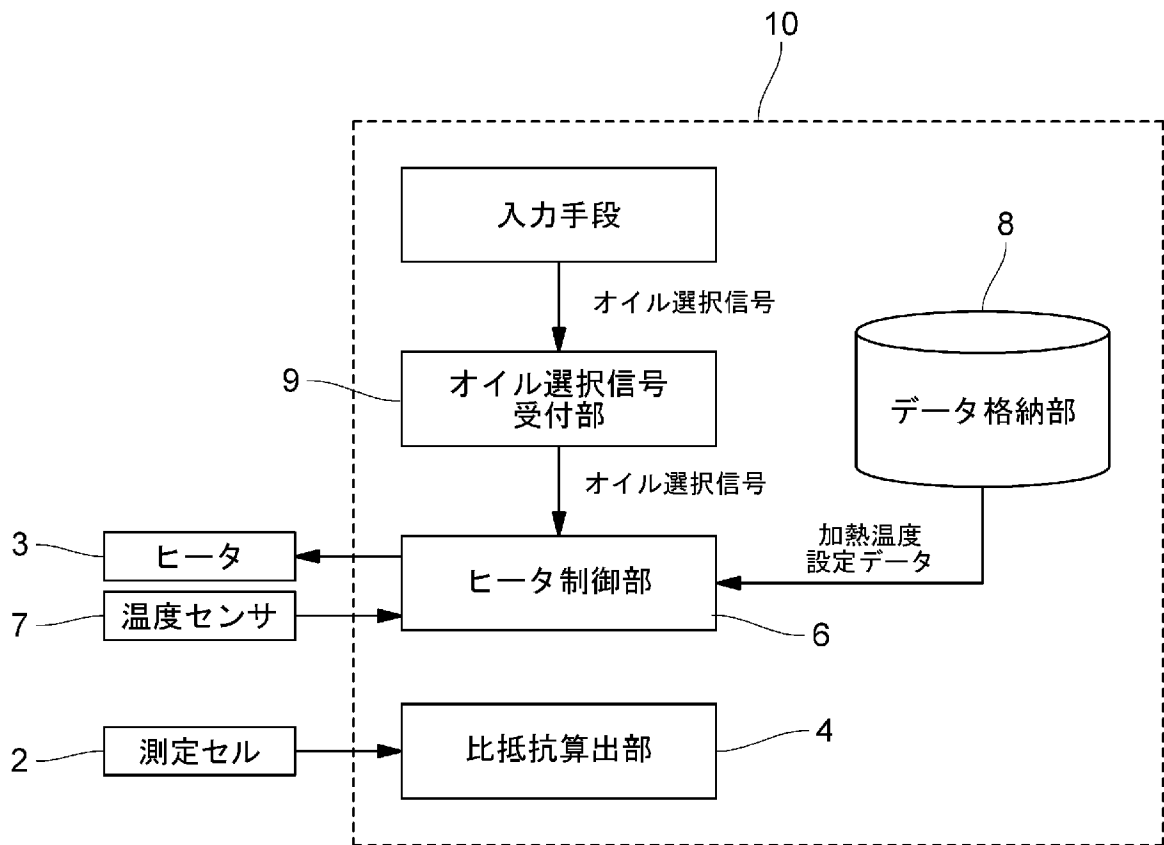
[図7]



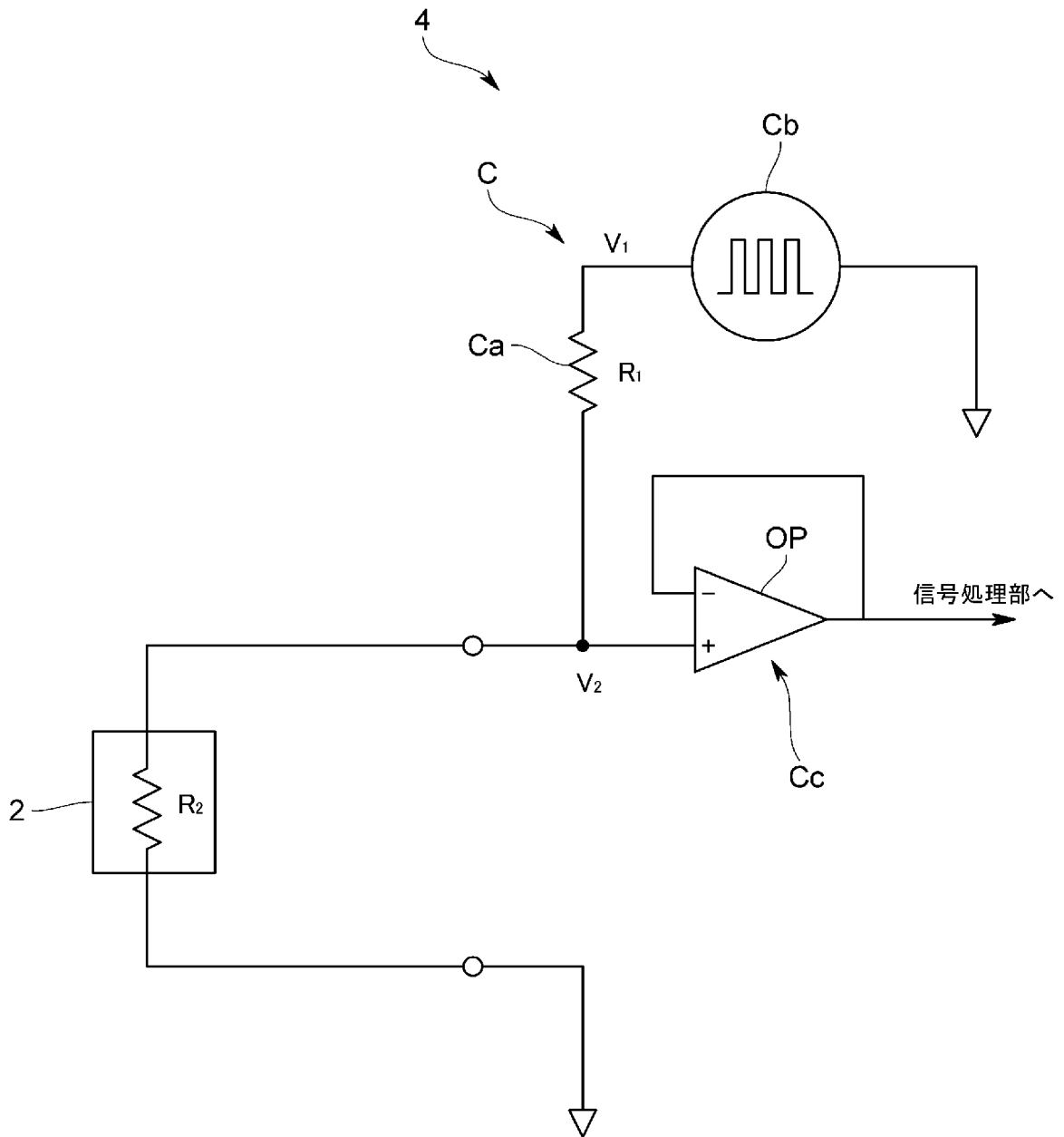
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/053025

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N27/10(2006.01) i

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)

G01N27/00-27/24, G01R27/00-27/32

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
A	JP 6-58333 B2 (Central Glass Co., Ltd.), 03 August 1994 (03.08.1994), page 2, left column, line 40 to right column, line 2 (Family: none)	1-8
A	JP 6-35174 Y2 (Nippon Ester Co., Ltd.), 14 September 1994 (14.09.1994), page 3, lines 8 to 13 (Family: none)	1-8
A	JP 11-281687 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 15 October 1999 (15.10.1999), paragraph [0002]; fig. 2 (Family: none)	1-8

 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
07 May, 2014 (07.05.14)

Date of mailing of the international search report
20 May, 2014 (20.05.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/053025

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-101680 A (Tohoku Ricoh Co., Ltd.), 13 April 1999 (13.04.1999), claim 1 (Family: none)	1-8
A	JP 2002-181639 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 26 June 2002 (26.06.2002), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2000-193641 A (Japan Energy Corp.), 14 July 2000 (14.07.2000), fig. 1 (Family: none)	3-6
A	JP 2009-243304 A (Komatsu Ltd.), 22 October 2009 (22.10.2009), paragraph [0002] (Family: none)	7-8
A	JP 2005-331513 A (Millipore Corp.), 02 December 2005 (02.12.2005), entire text; all drawings & US 2005/0258839 A1 & EP 1598664 A1 & CN 1699983 A	1-8
A	JP 2012-237558 A (Panasonic Corp.), 06 December 2012 (06.12.2012), entire text; all drawings & US 2012/0286810 A1 & CN 102778482 A	1-8
A	JP 7-69246 B2 (Junkosha Co., Ltd.), 26 July 1995 (26.07.1995), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 62-10690 Y2 (Yokogawa Electric Corp.), 13 March 1987 (13.03.1987), entire text; all drawings (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. G01N27/10(2006.01)i		
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）） Int.Cl. G01N27/00-27/24, G01R27/00-27/32		
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 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2014年 日本国実用新案登録公報 1996-2014年 日本国登録実用新案公報 1994-2014年		
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）		
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
A	JP 6-58333 B2（セントラル硝子株式会社）1994.08.03, 第2頁左欄第40行～右欄第2行（ファミリーなし）	1-8
A	JP 6-35174 Y2（日本エステル株式会社）1994.09.14, 第3頁第8行～第13行（ファミリーなし）	1-8
A	JP 11-281687 A（松下電器産業株式会社）1999.10.15, 【0002】段落、図2（ファミリーなし）	1-8
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「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 「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 「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） 「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日の後に公表された文献 「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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「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 「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 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 07.05.2014	国際調査報告の発送日 20.05.2014	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 田中 洋介 電話番号 03-3581-1101 内線 3292	2W 3009

C (続き) . 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
A	JP 11-101680 A (東北リコー株式会社) 1999. 04. 13, 請求項 1 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2002-181639 A (日産自動車株式会社) 2002. 06. 26, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2000-193641 A (株式会社ジャパンエナジー) 2000. 07. 14, 図 1 (ファミリーなし)	3-6
A	JP 2009-243304 A (株式会社小松製作所) 2009. 10. 22, 【0002】段落 (ファミリーなし)	7-8
A	JP 2005-331513 A (ミリポア・コーポレイション) 2005. 12. 02, 全文、全図 & US 2005/0258839 A1 & EP 1598664 A1 & CN 1699983 A	1-8
A	JP 2012-237558 A (パナソニック株式会社) 2012. 12. 06, 全文、全図 & US 2012/0286810 A1 & CN 102778482 A	1-8
A	JP 7-69246 B2 (株式会社潤工社) 1995. 07. 26, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 62-10690 Y2 (横河電気株式会社) 1987. 03. 13, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-8