

(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2010-54278

(P2010-54278A)

(43) 公開日 平成22年3月11日(2010.3.11)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 R 27/22 (2006.01)	GO 1 R 27/22	2 G 0 2 8
GO 1 R 27/02 (2006.01)	GO 1 R 27/02 A	2 G 0 6 0
GO 1 N 27/02 (2006.01)	GO 1 N 27/02 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2008-218186 (P2008-218186)	(71) 出願人	000143949
(22) 出願日	平成20年8月27日 (2008. 8. 27)		株式会社鷺宮製作所
			東京都中野区若宮2丁目55番5号
		(74) 代理人	100103218
			弁理士 牧村 浩次
		(74) 代理人	100107043
			弁理士 高畑 ちより
		(72) 発明者	安原 幸雄
			埼玉県狭山市笹井535 株式会社鷺宮製
			作所狭山事業所内
		Fターム(参考)	2G028 AA01 BC04 BE09 BE10 CG02
			CG08 DH04 DH05 HN03 HN11
			LR02 LR04 LR06
			2G060 AA06 AF06 AF08 AG11 FA01
			HA02 HC01

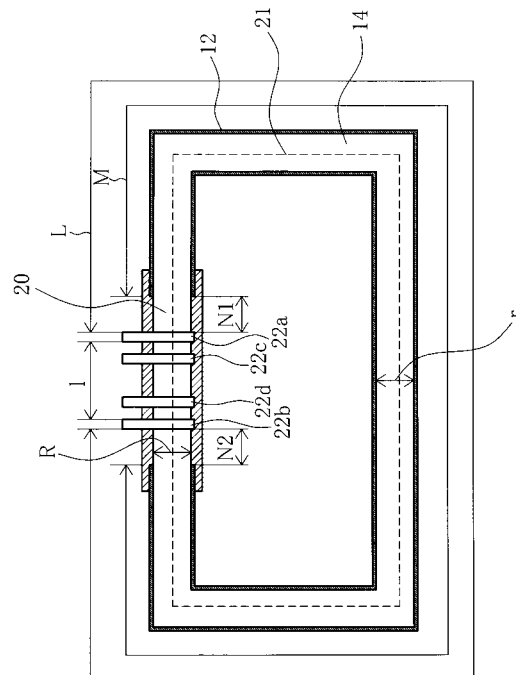
(54) 【発明の名称】 導電率測定装置および導電率測定装置を用いた導電率測定方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】配管経路内を流れる被測定流体の導電率を精度良く算出する。

【解決手段】配管経路を流れる被測定流体と接触するように前記配管経路の主流路の所定位置に電極22a~22dを配置し、4電極法により電極間のインピーダンス値を測定し、このインピーダンス値から被測定流体の導電率を算出する導電率測定装置であり、主流路の測定部に配置された少なくとも一対の電極と、導電率センサと、前記導電率センサによって測定された電流値に基づき配管経路全体のうちで不導体の配管からなる経路部分のインピーダンス値を得て、前記被測定流体の導電率を算出する。前記測定部に配置された電極間長さ1に対する前記不導体の配管からなる経路部分の長さから前記電極間長さを引いた長さLの比率を算出し、前記配管経路全体のインピーダンス値と前記比率から、前記電極間のインピーダンス値のみを算出し、前記被測定流体の導電率を算出する。

【選択図】図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

配管経路を流れる被測定流体と接触するように前記配管経路の主流路の所定位置に電極を配置し、この電極間に電圧を印加して流れる電流と電極間の電圧から電極間のインピーダンス値を測定し、このインピーダンス値を基に被測定流体の導電率を算出する導電率測定装置であって、

前記導電率測定装置は、

前記配管経路の主流路の測定部に配置された少なくとも一対の電極と、

前記電極間に交流電圧を印加して前記電極間に流れる電流値を測定する導電率センサと

、

前記導電率センサによって測定された電極間に流れる電流値に基づいて配管経路全体のうちで不導体の配管からなる経路部分のインピーダンス値を得て、このインピーダンス値に所定の演算処理を施すことにより前記被測定流体の導電率を算出する算出部と、

を少なくとも有し、

前記算出部において、

前記測定部に配置された電極間長さ(l)に対する前記配管経路全体のうちで不導体の配管からなる経路部分の長さから前記電極間長さを引いた長さ(L)の比率を算出し、

前記配管経路全体のインピーダンス値と、

前記測定部に配置された電極間長さ(l)に対する前記配管経路全体のうちで不導体の配管からなる経路部分の長さから前記電極間長さを引いた長さ(L)の比率から、前記電極間のインピーダンス値のみを算出し、

このインピーダンス値を基に前記被測定流体の導電率を算出するよう構成されていることを特徴とする導電率測定装置。

【請求項 2】

配管経路を流れる被測定流体と接触するように前記配管経路の主流路とは別に一部分岐して形成された副流路の所定位置に電極を配置し、この電極間に電圧を印加して流れる電流と電極間の電圧から電極間のインピーダンス値を測定し、このインピーダンス値を基に被測定流体の導電率を算出する導電率測定装置であって、

前記導電率測定装置は、

前記配管経路の副流路の測定部に配置された少なくとも一対の電極と、

前記電極に交流電圧を印加して前記電極間に流れる電流値を測定する導電率センサと、

前記導電率センサによって測定された電極間に流れる電流値に基づいて配管経路全体のインピーダンス値を得て、このインピーダンス値に所定の演算処理を施すことにより前記被測定流体の導電率を算出する算出部と、

を少なくとも有し、

前記算出部において、

前記副流路の電極間長さ(t)に対する前記副流路全体の長さから電極間長さを引いた長さおよび主流路全体の長さとの足した長さ(T)の比率を算出し、

前記配管経路全体のインピーダンス値と、

前記副流路の電極間長さ(t)に対する前記副流路全体の長さから電極間長さを引いた長さおよび主流路全体の長さとの足した長さ(T)の比率から、前記電極間のインピーダンス値のみを算出し、

このインピーダンス値を基に前記被測定流体の導電率を算出するよう構成されていることを特徴とする導電率測定装置。

【請求項 3】

前記算出部で算出された導電率を出力する出力部を有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の導電率測定装置。

【請求項 4】

前記電極が、前記配管経路の流れ方向に沿うよう水平に併設されていることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の導電率測定装置。

10

20

30

40

50

【請求項 5】

前記電極の数が、1対または2対のいずれかであることを特徴とする請求項1から4のいずれかに記載の導電率測定装置。

【請求項 6】

前記被測定流体が、シリコンウェハの表面に付着した不純物や酸化物などを取り除くための薬液で且つ導電性を有する流体であることを特徴とする請求項1から5のいずれかに記載の導電率測定装置。

【請求項 7】

前記算出部が、

算出した前記被測定流体の導電率を基に、被測定流体の濃度を算出する機能を有することを特徴とする請求項1から6のいずれかに記載の導電率測定装置。

10

【請求項 8】

配管経路を流れる被測定流体と接触するように前記配管経路の主流路の所定位置に電極を配置し、この電極間に電圧を印加して流れる電流と電極間の電圧から電極間のインピーダンス値を測定し、このインピーダンス値を基に被測定流体の導電率を算出する導電率測定方法であって、

前記導電率測定方法は、

前記配管経路の主流路の測定部に少なくとも一対の電極を配置する工程と、

前記配置された電極間に導電率センサを介して交流電圧を印加して前記電極間に流れる電流値を測定する工程と、

20

前記導電率センサによって測定された電極間に流れる電流値に基づいて、算出部で配管経路全体のうちで不導体の配管からなる経路部分のインピーダンス値を得て、このインピーダンス値に所定の演算処理を施すことにより前記被測定流体の導電率を算出する工程と、

を少なくとも有し、

前記被測定流体の導電率を算出する工程において、

前記測定部に配置された電極間長さ(l)に対する前記配管経路全体のうちで不導体の配管からなる経路部分の長さから前記電極間長さを引いた長さ(L)の比率を算出し、

前記配管経路全体のインピーダンス値と、

前記測定部に配置された電極間長さ(l)に対する前記配管経路全体のうちで不導体の配管からなる経路部分の長さから前記電極間長さを引いた長さ(L)の比率から、前記電極間のインピーダンス値のみを算出し、

30

このインピーダンス値を基に前記被測定流体の導電率を算出することを特徴とする導電率測定方法。

【請求項 9】

配管経路を流れる被測定流体と接触するように前記配管経路の主流路とは別に一部分岐して形成された副流路の所定位置に電極を配置し、この電極間に電圧を印加して流れる電流と電極間の電圧から電極間のインピーダンス値を測定し、このインピーダンス値を基に被測定流体の導電率を算出する導電率測定方法であって、

前記導電率測定方法は、

40

前記配管経路の副流路の測定部に少なくとも一対の電極を配置する工程と、

前記配置された電極間に導電率センサを介して交流電圧を印加して前記電極間に流れる電流値を測定する工程と、

前記導電率センサによって測定された電極間に流れる電流値に基づいて、算出部で配管経路全体のインピーダンス値を得て、このインピーダンス値に所定の演算処理を施すことにより前記被測定流体の導電率を算出する工程と、

を少なくとも有し、

前記被測定流体の導電率を算出する工程において、

前記副流路の電極間長さ(t)に対する前記副流路全体の長さから電極間長さを引いた長さおよび主流路全体の長さとを足した長さ(T)の比率を算出し、

50

前記副流路および主流路において副流路の両端部が接続された接続間管路のインピーダンス値と、

前記副流路の電極間長さ（ t ）に対する前記副流路全体の長さから電極間長さを引いた長さおよび主流路全体の長さとを足した長さ（ T ）の比率から、前記電極間のインピーダンス値のみを算出し、

このインピーダンス値を基に前記被測定流体の導電率を算出することを特徴とする導電率測定方法。

【請求項 10】

前記導電率を算出する工程で算出された導電率を出力部で出力する工程を有することを特徴とする請求項 8 または 9 に記載の導電率測定方法。

10

【請求項 11】

前記電極が、前記配管経路の流れ方向に沿うよう水平に併設されていることを特徴とする請求項 8 から 10 のいずれかに記載の導電率測定方法。

【請求項 12】

前記電極の数が、1 対または 2 対のいずれかであることを特徴とする請求項 8 から 11 のいずれかに記載の導電率測定方法。

【請求項 13】

前記被測定流体が、シリコンウェハの表面に付着した不純物や酸化物などを取り除くための薬液で且つ導電性を有する流体であることを特徴とする請求項 8 から 12 のいずれかに記載の導電率測定方法。

20

【請求項 14】

前記算出部が、

算出した前記被測定流体の導電率を基に、被測定流体の濃度を算出する機能を有することを特徴とする請求項 8 から 13 のいずれかに記載の導電率測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えばシリコンウェハなどの半導体製造時に、シリコンウェハを洗浄するために用いられる薬液などの被測定流体の導電率を測定するための導電率測定装置およびこの導電率測定装置を用いた導電率測定方法に関する。

30

【背景技術】

【0002】

従来、例えば半導体製造工程では、シリコンウェハの表面に付着した不純物や酸化物などを取り除くために洗浄工程が行われている。この洗浄工程において、十分に不純物や酸化物などを取り除くことにより、パターニング工程において電子回路のパターニングを正確に行えるようになる。

【0003】

このため洗浄工程では、薬液として例えばフッ酸、硝酸、塩酸、リン酸、フッ硝酸、硫酸、アンモニアなどを用いて、シリコンウェハの表面に付着した不純物や酸化物などが取り除かれている。

40

【0004】

なお洗浄工程で使用される薬液は、酸化物などを取り除く除去能力が薬液の濃度によって大きく変化することから、薬液の濃度の管理が必要である。

このように薬液の濃度を管理するに際し、薬液の濃度を測定する測定装置が用いられている。

【0005】

このような測定装置は、配管経路内にこの配管経路内を流れる被測定流体と接触するように 2 対の電極を配置し、この電極間に電圧を印加して電流値を得て、電圧と電流値の関係から被測定流体の導電率を算出し、この導電率から被測定流体の濃度を算出するようになっている（例えば特許文献 1）。

50

【 0 0 0 6 】

なお、2対の電極を配置した測定装置は、外側に位置する1対の電極に定電流交流電源より交流定電流を流し、内側に位置するもう1対の電極間の電圧を、高入力インピーダンス交流電圧計により測定するようにしているため、分極の影響を受け難く測定精度が良好であるという利点を有している。

【 0 0 0 7 】

しかしながら、このような測定装置は、配管経路内に設置された場合、配管経路全体のうち、電極間以外の箇所の配管の影響を受けて、電極間のインピーダンス値に誤差を生じ、実際の値よりも小さな値が出力される場合がある。

【 0 0 0 8 】

このため従来は、図8に示したように測定装置100の電極102が、被測定流体で満たされた配管経路に対して垂直方向に設置され、これにより外部配管104に電流がほとんど流れないようにした構造の物や、図9に示したように測定装置200の電極202全体を、カバー（絶縁物）206で覆ってガードすることにより、外部配管204に電流が流れないようにした構造の物などが用いられていた。

【 0 0 0 9 】

このように、外部配管に電流が流れない構造であれば、電極間のインピーダンス値に誤差を生じることがないため、このインピーダンス値に補正をかけずに済むことになる。

【特許文献1】特開2007-327950号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 0 】

ところで、特にこの電極間のインピーダンス値に生ずる誤差は、電極間以外の箇所の配管長さが短ければ短いほど大きくなってしまいうものであるため、配管経路全体の長さが電極間長さに比べて遥かに長い場合には、電極間のインピーダンス値に生ずる誤差は僅かであるものの、配管経路全体の長さが比較的短い場合には、電極間のインピーダンス値に生ずる誤差も大きくなるという問題が生じていた。

【 0 0 1 1 】

さらに、電極全体をカバー（絶縁物）で覆うと、配管経路の内径によって設置できないという問題が生ずる場合もあった。

本発明はこのような現状に鑑み、測定環境によって配管経路の長さや材質が異なっても、配管経路内を流れる被測定流体の導電率を精度良く算出することができ、どのような配管経路においても確実に設置可能な導電率測定装置およびこの導電率測定装置を用いた導電率測定方法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】

【 0 0 1 2 】

本発明は、前述したような従来技術における課題および目的を達成するために発明されたものであって、

本発明の導電率測定装置は、

配管経路を流れる被測定流体と接触するように前記配管経路の主流路の所定位置に電極を配置し、この電極間に電圧を印加して流れる電流と電極間の電圧から電極間のインピーダンス値を測定し、このインピーダンス値を基に被測定流体の導電率を算出する導電率測定装置であって、

前記導電率測定装置は、

前記配管経路の主流路の測定部に配置された少なくとも一对の電極と、

前記電極間に交流電圧を印加して前記電極間に流れる電流値を測定する導電率センサと、

前記導電率センサによって測定された電極間に流れる電流値に基づいて配管経路全体のうちで不導体の配管からなる経路部分のインピーダンス値を得て、このインピーダンス値に所定の演算処理を施すことにより前記被測定流体の導電率を算出する算出部と、

10

20

30

40

50

を少なくとも有し、

前記算出部において、

前記測定部に配置された電極間長さ(1)に対する前記配管経路全体のうちで不導体の配管からなる経路部分の長さから前記電極間長さを引いた長さ(L)の比率を算出し、

前記配管経路全体のインピーダンス値と、

前記測定部に配置された電極間長さ(1)に対する前記配管経路全体のうちで不導体の配管からなる経路部分の長さから前記電極間長さを引いた長さ(L)の比率から、前記電極間のインピーダンス値のみを算出し、

このインピーダンス値を基に前記被測定流体の導電率を算出するよう構成されていることを特徴とする。

10

【0013】

また、本発明の導電率測定方法は、

配管経路を流れる被測定流体と接触するように前記配管経路の主流路の所定位置に電極を配置し、この電極間に電圧を印加して流れる電流と電極間の電圧から電極間のインピーダンス値を測定し、このインピーダンス値を基に被測定流体の導電率を算出する導電率測定方法であって、

前記導電率測定方法は、

前記配管経路の主流路の測定部に少なくとも一対の電極を配置する工程と、

前記配置された電極間に導電率センサを介して交流電圧を印加して前記電極間に流れる電流値を測定する工程と、

20

前記導電率センサによって測定された電極間に流れる電流値に基づいて、算出部で配管経路全体のうちで不導体の配管からなる経路部分のインピーダンス値を得て、このインピーダンス値に所定の演算処理を施すことにより前記被測定流体の導電率を算出する工程と

を少なくとも有し、

前記被測定流体の導電率を算出する工程において、

前記測定部に配置された電極間長さ(1)に対する前記配管経路全体のうちで不導体の配管からなる経路部分の長さから前記電極間長さを引いた長さ(L)の比率を算出し、

前記配管経路全体のインピーダンス値と、

前記測定部に配置された電極間長さ(1)に対する前記配管経路全体のうちで不導体の配管からなる経路部分の長さから前記電極間長さを引いた長さ(L)の比率から、前記電極間のインピーダンス値のみを算出し、

30

このインピーダンス値を基に前記被測定流体の導電率を算出することを特徴とする。

【0014】

このように算出部において、測定部に配置された電極間長さ(1)と、これに対する配管経路全体のうちで不導体の配管からなる経路部分の長さから電極間長さを引いた長さ(L)との比率と、配管経路全体のインピーダンス値と、から電極間のインピーダンス値のみを算出し、このインピーダンス値を基に被測定流体の導電率を算出するにすれば、特に配管経路の主流路に電極を配置した際において、被測定流体の導電率を精度良く算出することができる。

40

【0015】

また、本発明の導電率測定装置は、

配管経路を流れる被測定流体と接触するように前記配管経路の主流路とは別に一部分岐して形成された副流路の所定位置に電極を配置し、この電極間に電圧を印加して流れる電流と電極間の電圧から電極間のインピーダンス値を測定し、このインピーダンス値を基に被測定流体の導電率を算出する導電率測定装置であって、

前記導電率測定装置は、

前記配管経路の副流路の測定部に配置された少なくとも一対の電極と、

前記電極に交流電圧を印加して前記電極間に流れる電流値を測定する導電率センサと、

前記導電率センサによって測定された電極間に流れる電流値に基づいて配管経路全体の

50

インピーダンス値を得て、このインピーダンス値に所定の演算処理を施すことにより前記被測定流体の導電率を算出する算出部と、

を少なくとも有し、

前記算出部において、

前記副流路の電極間長さ（ t ）に対する前記副流路全体の長さから電極間長さを引いた長さおよび主流路全体の長さとを足した長さ（ T ）の比率を算出し、

前記副流路および主流路において副流路の両端部が接続された接続間管路のインピーダンス値と、

前記副流路の電極間長さ（ t ）に対する前記副流路全体の長さから電極間長さを引いた長さおよび主流路全体の長さとを足した長さ（ T ）の比率から、前記電極間のインピーダンス値のみを算出し、

このインピーダンス値を基に前記被測定流体の導電率を算出するよう構成されていることを特徴とする。

【0016】

また、本発明の導電率測定方法は、

配管経路を流れる被測定流体と接触するように前記配管経路の主流路とは別に一部分岐して形成された副流路の所定位置に電極を配置し、この電極間に電圧を印加して流れる電流と電極間の電圧から電極間のインピーダンス値を測定し、このインピーダンス値を基に被測定流体の導電率を算出する導電率測定方法であって、

前記導電率測定方法は、

前記配管経路の副流路の測定部に少なくとも一対の電極を配置する工程と、

前記配置された電極間に導電率センサを介して交流電圧を印加して前記電極間に流れる電流値を測定する工程と、

前記導電率センサによって測定された電極間に流れる電流値に基づいて、算出部で配管経路全体のインピーダンス値を得て、このインピーダンス値に所定の演算処理を施すことにより前記被測定流体の導電率を算出する工程と、

を少なくとも有し、

前記被測定流体の導電率を算出する工程において、

前記副流路の電極間長さ（ t ）に対する前記副流路全体の長さから電極間長さを引いた長さおよび主流路全体の長さとを足した長さ（ T ）の比率を算出し、

前記副流路および主流路において副流路の両端部が接続された接続間管路のインピーダンス値と、

前記副流路の電極間長さ（ t ）に対する前記副流路全体の長さから電極間長さを引いた長さおよび主流路全体の長さとを足した長さ（ T ）の比率から、前記電極間のインピーダンス値のみを算出し、

このインピーダンス値を基に前記被測定流体の導電率を算出することを特徴とする。

【0017】

このように算出部において、副流路の電極間長さ（ t ）に対する前記副流路全体の長さから電極間長さを引いた長さおよび主流路全体の長さとを足した長さ（ T ）の比率と、配管経路全体のインピーダンス値から、電極間のインピーダンス値のみを算出し、このインピーダンス値を基に被測定流体の導電率を算出するようになれば、特に配管経路の主流路とは別に一部分岐して形成された副流路に電極を配置した際において、被測定流体の導電率を精度良く算出することができる。

【0018】

また、本発明の導電率測定装置および導電率測定方法は、

前記算出部で算出された導電率を出力する出力部を有することを特徴とする。

また、本発明の導電率測定方法は、

前記導電率を算出する工程で算出された導電率を出力部で出力する工程を有することを特徴とする。

【0019】

10

20

30

40

50

このように算出された導電率を出力部で出力するようにすれば、測定者が実際に視認することができるため、被測定流体の管理を良好に行うことができる。

また、本発明の導電率測定装置および導電率測定方法は、前記電極が、前記配管経路の流れ方向に沿うよう水平に併設されていることを特徴とする。

【0020】

このように電極が配管経路の流れ方向に沿うよう水平に併設されていれば、流れ方向に垂直に配置した場合と比べて電極を広い範囲で設置できるため、電極が小さくなり所望の測定値を得にくいといった不具合を防止することができる。

【0021】

さらに、電極を配管経路の流れ方向に沿うように水平に併設すれば、流れ方向に垂直に配置した場合のように電極が被測定流体の流れを遮断して乱流を生ずることがないため、常に精度良く測定を行うことができる。

【0022】

また、本発明の導電率測定装置および導電率測定方法は、前記電極の数が、1対または2対のいずれかであることを特徴とする。

特に2対になった電極を用いれば、電極界面において被測定流体内に気泡が生じたとしても測定に影響を生じてインピーダンス値が上下してしまうことがなく、被測定流体の導電率を精度良く算出することができる。

【0023】

また、本発明の導電率測定装置および導電率測定方法は、前記被測定流体が、シリコンウェハの表面に付着した不純物や酸化物などを取り除くための薬液で且つ導電性を有する流体であることを特徴とする。

【0024】

このように被測定流体が薬液で且つ導電性を有する流体であれば、特にシリコンウェハの製造工程において、本導電率測定装置および導電率測定方法を用いることができる。

このため、シリコンウェハを製造するに際し、本導電率測定装置および導電率測定方法を用いれば、高品質なシリコンウェハを得るのに役立てることができる。

【0025】

また、本発明の導電率測定装置および導電率測定方法は、前記算出部が、算出した前記被測定流体の導電率を基に、被測定流体の濃度を算出する機能を有することを特徴とする。

【0026】

このように算出部が被測定流体の導電率を基に、濃度を算出する機能を有していれば、特にシリコンウェハの製造時において、重要な被測定流体である薬液の濃度を常に管理することができるため、シリコンウェハ製造時に本導電率測定装置および導電率測定方法を好適に適用することができる。

【発明の効果】

【0027】

本発明によれば、測定環境によって配管経路の長さや材質が異なっても、配管経路内を流れる被測定流体の導電率を精度良く算出することができ、どのような配管経路においても確実に設置可能な導電率測定装置およびこの導電率測定装置を用いた導電率測定方法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

以下、本発明の実施の形態について、図面に基づいてより詳細に説明する。

図1は本発明の導電率測定装置の実施例1における使用状態を説明するための説明図、図2は図1に示した導電率測定装置の拡大図、図3は、本発明の導電率測定装置に用いられるコントローラ、図4は、図1に示した導電率測定装置の算出部によって、被測定流体

10

20

30

40

50

の導電率を算出する際に用いられる数値箇所を説明するための概略図である。

【0029】

本発明の導電率測定装置および導電率測定方法は、例えばシリコンウェハなどの半導体製造時に、シリコンウェハを洗浄するために用いられる薬液などの被測定流体の導電率を測定するためのものである。

【0030】

以下、本発明の実施例における導電率測定装置および導電率測定方法について説明する。

図1および図2に示したように、本発明の導電率測定装置10は、配管経路12を流れる被測定流体14と接触するように配管経路12の主流路18の測定部20に電極22a～22dを配置し、この電極22a～22dのうち、電極22aと電極22b間に交流電圧を印加して流れる電流と電極22cと電極22d間の電圧から、電極22cと電極22d間のインピーダンス値を測定し、このインピーダンス値を基に、配管経路12を流れる被測定流体14の導電率を算出するように構成されている。

10

【0031】

なお被測定流体14は、導電性を有する流体（混合液を含む）であれば如何なるものでも測定可能であるが、本導電率測定装置をシリコンウェハの洗浄時に用いる際には、フッ酸、硝酸、塩酸、リン酸、フッ硝酸、硫酸、アンモニアなどの薬液がその測定対象である。

【0032】

20

また、本願発明の電極22a～22dを用いた導電率測定装置10および導電率測定方法では、電極を対で用いるいわゆる2電極法や4電極法を用いることができるが、特に図1および図2に示した本実施例においては、2対の電極を用いた4電極法が用いられている。

【0033】

この4電極法は、従来より公知の技術であり、例えば特許文献1にもその技術内容について説明がなされているが、簡単に説明すると被測定流体に接触するように4つの電極を並べて配設し、これらの電極のうち外側に位置する電極22aと電極22b間に交流電圧を印加し、流れる電流と内側の電極22cと電極22d間の電圧から、被測定流体のインピーダンス値を得るようにしたものである。

30

【0034】

このような導電率測定装置10は、具体的には、配管経路12の主流路18の測定部20に配置された2対の電極と、電極22aと電極22b間に交流電圧を印加して電極22aと電極22b間の電流値と電極22cと電極22d間の電圧値を測定する導電率センサ24と、導電率センサ24によって測定された電極22cと電極22d間の電圧値に基づいて配管経路12全体のうちで不導体からなる配管経路12部分のインピーダンス値を得て、このインピーダンス値に所定の演算処理を施すことにより被測定流体14の導電率を算出する算出部26と、を少なくとも有している。

【0035】

なお、「配管経路12全体のうちで不導体からなる配管経路12部分」とは、配管経路12の材質が、測定部20以外、全て導体（例えばSUS）である場合、全て不導体（例えばPTFE）である場合、導体と不導体とが混在している場合、の3つの場合における配管経路部分のことである。

40

【0036】

図1および図2に示した本実施例においては、配管経路12の材質は全て不導体を想定している。

また、配管経路の途中に設けられた導電率測定装置が位置する測定部20の配管材質は不導体（例えばPTFE）である。

【0037】

さらに、本実施例における導電率測定装置10は、図1および図3に示したように出力

50

部 2 8 と算出部 2 6 がコントローラ 3 0 に配設されており、このコントローラ 3 0 が装置本体 2 1 とは別に設けられている。

【 0 0 3 8 】

このようなコントローラ 3 0 には、被測定流体 1 4 の導電率を出力する出力部 2 8 の他にも、温度を表示する温度表示部 3 1 が設けられていても良く、機能は適宜追加可能なものである。

【 0 0 3 9 】

このような導電率測定装置 1 0 が設置されている本実施例における配管経路 1 2 では、被測定流体 1 4 が予めタンク 1 6 内に貯留され、タンク 1 6 内の被測定流体 1 4 はポンプ 3 4 を介して矢印の方向である導電率測定装置 1 0 の方向に流されるようになっている。

10

【 0 0 4 0 】

そして、ポンプ 3 4 によって流された被測定流体 1 4 は、導電率測定装置 1 0 内を通過した後に熱交換器 3 2 へと送られ、再びタンク 1 6 内へ戻され、一連のサイクルが形成されている。

【 0 0 4 1 】

ところで、このような本発明の導電率測定装置 1 0 は、特に上記した算出部 2 6 において、以下のような演算処理が行われており、演算処理に用いられる各種の数値については、図 4 に示した配管経路の模式図を用いて説明する。

【 0 0 4 2 】

本発明における算出部 2 6 では、図 4 に示したように、まず測定部 2 0 に配置された電極 2 2 a と電極 2 2 b 間の長さ (1) と、配管経路 1 2 全体のうち不導体の配管からなる経路部分の長さから電極 2 2 a ~ 2 2 b 間長さを引いた長さ (L) が入力される。

20

【 0 0 4 3 】

なお、本実施例では上記したように配管経路 1 2 の材質を全て不導体として想定しているため、長さ (L) は、配管経路 1 2 全体の長さから電極 2 2 a と電極 2 2 b 間の長さ (1) を引いた距離である。

【 0 0 4 4 】

仮に、配管経路 1 2 の材質が測定部 2 0 以外において全て導体である場合には、長さ (L) は、測定部 2 0 の電極 2 2 a と電極 2 2 b 間以外の箇所である不導体部 N 1 , N 2 のみとなる。

30

【 0 0 4 5 】

つまりこの場合における長さ (L) は、配管経路 1 2 全体の長さから、電極 2 2 a と電極 2 2 b 間の長さ (1) と、測定部 2 0 以外の配管経路の長さ (M) を引いた距離、すなわち不導体部 (N 1) と不導体部 (N 2) だけを足した距離である。

【 0 0 4 6 】

さらに、配管経路 1 2 が導体と不導体の混在となっている場合には、配管経路 1 2 全体の長さから、電極 2 2 a と電極 2 2 b 間の長さ (1) と、導体部分の長さを引いた残りの距離が長さ (L) となる。

【 0 0 4 7 】

次いで、測定部 2 0 に配置された電極 2 2 a から電極 2 2 b 間の長さ (1) に対する配管経路 1 2 全体の長さ (L) の比率を算出する。

40

ここで 1 と L の比を $1 : L = 1 : a$ と仮定すれば、下記数式 (1) が得られる。

【 0 0 4 8 】

【数 1】

$$L = a \times l \quad (a \text{ は定数})$$

$$a = \frac{L}{l} \quad \dots \text{数式 (1)}$$

また、上記した $l : L$ の長さの比は、電極 22a と電極 22b 間のインピーダンス値 (Z) と、配管経路 12 全体のうち不導体からなる配管経路 12 部分の長さから電極 22a と電極 22b 間長さ (l) を引いた長さ (L) の部分のインピーダンス値 ($Z1$) の比と同じであるため、

$l : L = Z : Z1 = 1 : a$ の関係となり、これより下記数式 (2) が得られる。

【0049】

【数 2】

$$Z1 = a \times Z \quad \dots \text{数式 (2)}$$

この関係は、配管経路 12 の内径 (r) と、測定部 20 の内径 (R) とが同じ大きさである場合に成り立つものであり、図 1 または図 2 に示した本実施例においては配管経路 12 の内径 (r) と、測定部 20 の内径 (R) とは、同じ大きさとなっている。

【0050】

なお、配管経路 12 の内径 (r) と、測定部 20 の内径 (R) の大きさが異なる場合には、それぞれの内径の断面積比を考慮し、配管経路 12 の内径 (r) が測定部 20 の内径 (R) と同じとなるように換算した後、上記した数式 (1) のように測定部 20 に配置された電極 22a ~ 22b 間の長さ (l) に対する配管経路 12 全体から電極 22a と電極 22b 間長さ (l) を引いた長さ (L) の比率を求めれば良い。

【0051】

ここで、配管経路 12 の内径 (r) が測定部 20 の内径 (R) と異なる場合、配管経路 12 の内径 (r) が測定部 20 の内径 (R) と同じ大きさであると換算した仮想の配管経路 12 の長さは下記の数式 (3) により算出される。

【0052】

【数 3】

$$\text{仮想の } (L) = \frac{(\text{実際の配管経路全体から電極間長さを引いた長さ}(L)) \times (\text{測定部の内径}(R))^2}{(\text{配管経路の内径}(r))^2} \quad \dots \text{数式 (3)}$$

なお、導電率センサ 24 によって実際に測定された電極間に係る交流電圧と電極間に流れる電流値から、電極間の被測定流体 14 のインピーダンス値 ($Z0$) が得られるようになっているが、この電極間の被測定流体 14 のインピーダンス値 ($Z0$) は、電極 22a と電極 22b 間のインピーダンス値 (Z) と、配管経路 12 全体から電極 22a と電極 22b 間長さ (l) を引いた長さ部分のインピーダンス値 ($Z1$) とが合成されたものである。

【0053】

$Z0, Z, Z1$ の関係は、合成抵抗の公式である下記数式 (4) のとおりである。

【0054】

【数 4】

$$Z0 = \frac{Z \times Z1}{Z + Z1} \quad \dots \text{数式 (4)}$$

上記した数式 (4) に数式 (2) を代入すると、下記数式 (5) が得られる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 5 】

【 数 5 】

$$Z_0 = \frac{Z \times aZ}{Z + aZ} = \frac{a}{1+a} Z$$

$$Z = \frac{1+a}{a} Z_0 \quad \cdot \cdot \cdot \text{数式 (5)}$$

10

なお、算出部 26 においては、電極 22 a と電極 22 b 間に流れる電流と、電極 22 c と電極 22 d 間の電圧から求められるインピーダンス値が得られる。

【 0 0 5 6 】

このインピーダンス値に

【 0 0 5 7 】

【 数 6 】

$$\frac{1+a}{a}$$

20

を掛けた値が真値となる。

したがって、例えば測定部 20 に配置された電極 22 a と電極 22 b 間長さ (l) が 100 mm、配管経路 12 全体の長さ (L) が 2000 mm、配管経路 12 全体が不導体からなれば、 l および L を数式 (1) に当てはめると、

【 0 0 5 8 】

【 数 7 】

$$a = \frac{L}{l} = \frac{2000}{100} = 20$$

30

が算出される。

そして、この定数 a = 20 を上記した数式 (5) に代入すれば、

【 0 0 5 9 】

【 数 8 】

$$Z = \frac{1+20}{20} Z_0$$

40

$$Z = 1.05 \times Z_0$$

となる。

このため、電極 22 a と電極 22 b 間のインピーダンス値 (Z) は、電極間に係る交流電圧と電極間に流れる電流から求められた電極間の被測定流体のインピーダンス値 (Z₀) を 1.05 倍することで得られる。電極 22 c と電極 22 d 間のインピーダンス値を求めるときも 1.05 倍すれば良い。

【 0 0 6 0 】

50

つまり、ここで電極 2 2 c と電極 2 2 d 間に係る交流電圧と、電極 2 2 a と電極 2 2 b 間に流れる電流から求められた電極間の被測定流体のインピーダンス値が、例えば 1 0 0 Ω であれば、電極 2 2 c と電極 2 2 d 間のインピーダンス値 (Z_{cd}) は、数式 (5) に
より、

【 0 0 6 1 】

【 数 9 】

$$Z_{cd} = 1.05 \times 100 = 105 [\Omega]$$

となる。

10

そして、電極 2 2 c と電極 2 2 d 間のインピーダンス値 (Z_{cd}) に予め決められた係数を掛け合わせることで、被測定流体の導電率が算出され、この被測定流体の導電率が、コントローラ 3 0 の出力部 2 8 に出力されることにより測定者が視認できるようになっている。

【 0 0 6 2 】

なお、上記した算出部 2 6 に、既知の被測定流体 1 4 の導電率と濃度との関係式を予め記憶させておけば、算出された被測定流体 1 4 の導電率から被測定流体 1 4 の濃度を算出することができる。

【 0 0 6 3 】

また、出力部 2 8 においても、被測定流体 1 4 の導電率だけでなく、導電率の逆数である抵抗率や濃度を表示するようにしたりするなど、状況に応じて適宜表示内容を選択することは勿論のことである。

20

【 0 0 6 4 】

さらにコントローラ 3 0 は、被測定流体 1 4 の導電率や濃度の他にも被測定流体 1 4 の温度を表示する温度表示部 3 1 を設けても良く、この場合には温度センサを別途設けるなどすることで機能を果たすことができる。このように被測定流体 1 4 の導電率や濃度の他に追加される機能については、使用環境などに応じて適宜追加が可能である。

【 0 0 6 5 】

このように上記した実施例 1 における導電率測定装置および導電率測定方法は、算出部において上記したような演算処理を行うことにより、被測定流体の導電率および濃度を精度良く測定することができるものである。

30

【 0 0 6 6 】

次に本発明の実施例 2 による導電率測定装置および導電率測定方法について説明する。

図 5 は本発明の導電率測定装置の実施例 2 における使用状態を説明するための説明図、図 6 は図 5 に示した導電率測定装置の拡大図、図 7 は図 5 に示した導電率測定装置の算出部によって、被測定流体の導電率を算出する際に用いられる数値箇所を説明するための概略図である。

【 0 0 6 7 】

なお、実施例 2 と実施例 1 との違いは、実施例 2 において、電極を主流路とは別途設けられた副流路に配設している点である。

40

図 5 および図 6 に示したように、本発明の実施例 2 における導電率測定装置 1 0 は、配管経路 1 2 を流れる被測定流体 1 4 と接触するように配管経路 1 2 の主流路 1 8 とは別に一部分岐して形成された副流路 3 6 の所定位置に電極 2 2 a ~ 2 2 d を配置し、この電極のうち、電極 2 2 a と電極 2 2 b 間に交流電圧を印加して流れる電流と電極間の電圧から電極 2 2 a と電極 2 2 b 間のインピーダンス値を測定し、このインピーダンス値を基に、配管経路 1 2 を流れる被測定流体 1 4 の導電率を算出するように構成されている。

【 0 0 6 8 】

なお、本実施例 2 においても、上記した実施例 1 と同様に 2 電極法や 4 電極法を用いることができるが、本実施例 2 では 4 電極法が用いられている。

このような導電率測定装置 1 0 は、具体的には、配管経路 1 2 の副流路 3 6 の測定部 2

50

0に配置された2対の電極と、電極22aと電極22b間に交流電圧を印加して電極22aと電極22b間の電流値と電極22cと電極22d間の電圧値を測定する導電率センサ24と、導電率センサ24によって測定された電極22cと電極22d間の電圧値に基づいて、副流路36および主流路18全体のインピーダンス値を得て、このインピーダンス値に所定の演算処理を施すことにより被測定流体14の導電率を算出する算出部26と、を少なくとも有している。

【0069】

そして、測定部20においては、被測定流体14が主流路18と副流路36の2経路を通過するようになっている。

なお、配管経路12の測定部20以外の構成は実施例1と同様であるため説明を省略する。

10

【0070】

また、導電率測定装置10は実施例1と同様、図3に示したようなコントローラ30が装置本体21とは別に設けられており、コントローラ30には被測定流体14の導電率を算出する算出部26およびこの算出部26により算出された被測定流体14の導電率を出力する出力部28とが少なくとも備えられている。

【0071】

ところで、このような本発明の実施例2における導電率測定装置10は、特に上記した算出部26において、以下のような演算処理が行われており、演算処理に用いられる各種の数値については、図7に示した配管経路の模式図を用いて説明する。

20

【0072】

本発明における算出部26では、図7に示したように、まず副流路36の電極22aと電極22b間の長さ(t)と、副流路36全体の長さから電極22aと電極22b間長さを引いた長さおよび主流路18全体の長さとを足した長さ(T)が入力される。

【0073】

次いで、副流路36の電極22aと電極22b間の長さ(t)に対する副流路36全体の長さから電極22aと電極22b間長さを引いた長さおよび主流路18全体の長さとを足した長さ(T)の比率を算出する。

【0074】

ここでtとTの比を $t : T = 1 : a$ と仮定すれば、下記数式(6)が得られる。

30

【0075】

【数10】

$$T = a \times t \quad (a \text{ は定数})$$

$$a = \frac{T}{t} \quad \cdots \text{数式 (6)}$$

また、上記した $t : T$ の長さの比は、副流路36の電極22aと電極22b間のインピーダンス値(X)と、副流路36全体の長さから電極22aと電極22b間長さを引いた長さおよび主流路18全体の長さとを足した長さ部分のインピーダンス値(X1)の比と同じであるため、

40

$t : T = X : X1 = 1 : a$ の関係となり、これより下記数式(7)が得られる。

【0076】

【数11】

$$X1 = a \times X \quad \cdots \text{数式 (7)}$$

この関係は、主流路18の内径(h)と、副流路36の内径(H)とが同じ大きさであ

50

る場合に成り立つものであり、図 5 から図 7 に示した本実施例においては主流路 18 の内径 (h) と、副流路 36 の内径 (H) とが異なっている。

【0077】

このため、それぞれの内径の断面積比を考慮し、主流路 18 の内径 (h) が副流路 36 の内径 (H) と同じとなるように換算した後、上記した数式 (6) のように副流路 36 の電極 22a と電極 22b 間の長さ (t) に対する副流路 36 全体の長さから電極 22a と電極 22b 間長さを引いた長さおよび主流路 18 全体の長さとを足した長さ (T) の比率を求めれば良い。

【0078】

ここで、主流路 18 の内径 (h) が副流路 36 の内径 (H) と同じ大きさであると換算した仮想の副流路 36 全体の長さから電極 22a と電極 22b 間長さを引いた長さおよび主流路 18 全体の長さとを足した長さは、下記の数式 (8) により算出される。

【0079】

【数 12】

仮想(T)=(副流路全体の長さから電極間長さを引いた長さ)+主流路全体の長さ(B)・・・数式 (8)

但し、(B) = $\frac{(\text{仮想の主流路全体の長さ}) \times (\text{副流路の内径})^2}{(\text{主流路の内径})^2}$

(仮想の主流路全体の長さ) = $\frac{(\text{接続間管路の長さ}) \times (\text{主流路全体の長さから接続間管路の長さを引いた長さ})}{(\text{接続間管路の長さ}) + (\text{主流路全体の長さから接続間管路の長さを引いた長さ})}$

ここで、電極間に係る交流電圧と電極間に流れる電流から求められた電極間の被測定流体 14 のインピーダンス値 (X0) は、電極 22a と電極 22b 間のインピーダンス値 (X) と、副流路 36 全体の長さから電極 22a と電極 22b 間長さを引いた長さおよび主流路 18 全体の長さとを足した長さ部分のインピーダンス値 (X1) とが合成されたものである。

【0080】

X0, X, X1 の関係は、合成抵抗の公式である下記数式 (9) のとおりである。

【0081】

【数 13】

$$X0 = \frac{X \times X1}{X + X1} \quad \dots \text{数式 (9)}$$

上記した数式 (9) に数式 (7) を代入すると、下記数式 (10) が得られる。

【0082】

【数 14】

$$X0 = \frac{X \times aX}{X + aX} = \frac{a}{1+a} X$$

$$X = \frac{1+a}{a} X0 \quad \dots \text{数式 (10)}$$

したがって、例えば副流路 36 に配置された電極 22a と電極 22b 間の長さ (t) が 110 mm、副流路 36 全体の長さから電極 22a と電極 22b 間の長さ (t) を引いた長さが 210 mm、主流路 18 において副流路 36 の両端部が接続された接続間管路 39 の長さが 220 mm、主流路 18 全体の長さから接続間管路 39 を引いた長さが 2000 mm、副流路 36 の内径が 5 mm、主流路 18 の内径が 10 mm であれば、上記した数式 (8) に各値を代入することで、仮想の副流路 36 全体の長さから電極 22a と電極 22

10

20

30

40

50

b 間長さを引いた長さおよび主流路 1 8 全体の長さとを足した長さ (T) は、
 【 0 0 8 3 】
 【 数 1 5 】

$$\begin{aligned}\text{仮想の}(T) &= 210 + \frac{\frac{220 \times 2000}{220 + 2000} \times 5^2}{10^2} \\ &= 210 + 45.55 \\ &= 259.55(mm)\end{aligned}$$

10

が算出される。

この T の値と、 t の値とを数式 (6) に代入すれば、

【 0 0 8 4 】

【 数 1 6 】

$$a = \frac{T}{t} = \frac{259.55}{110} = 2.360$$

20

が算出されることとなる。

そして、この定数 a = 2 . 3 6 0 を上記した数式 (1 0) に代入すれば、

【 0 0 8 5 】

【 数 1 7 】

$$X = \frac{1 + 2.360}{2.360} X_0$$

30

$$X = 1.424 \times X_0$$

となる。

このため、電極 2 2 a と電極 2 2 b 間のインピーダンス値 (X) は、電極間に係る交流電圧と電極間に流れる電流から求められた電極間の被測定流体のインピーダンス値 (X 0) を 1 . 4 2 4 倍することで得られる。電極 2 2 c と電極 2 2 d 間のインピーダンスを求めるときも 1 . 4 2 4 倍すれば良い。

【 0 0 8 6 】

つまり、ここで電極 2 2 c と電極 2 2 d 間に係る交流電圧と電極 2 2 a と電極 2 2 b 間に流れる電流から求められた電極間の被測定流体のインピーダンス値が例えば 1 0 0 Ω であれば、電極 2 2 a と電極 2 2 b 間のインピーダンス値 (X c d) は、数式 (1 0) により、

40

【 0 0 8 7 】

【 数 1 8 】

$$X_{cd} = 1.424 \times 100 = 142.4[\Omega]$$

となる。

そして、電極 2 2 c と電極 2 2 d 間のインピーダンス値 (X c d) に予め決められた係

50

数を掛け合わせることで、被測定流体の導電率が算出され、この被測定流体の導電率がコントローラ 30 の出力部 28 に出力されることにより測定者が視認できるようになっている。

【0088】

なお、上記した算出部 26 に、既知の被測定流体 14 の導電率と濃度との関係式を予め記憶させておけば、算出された被測定流体 14 の導電率から被測定流体 14 の濃度を算出することができる。

【0089】

また、出力部 28 においても、被測定流体 14 の導電率だけでなく、導電率の逆数である抵抗率や濃度を表示するようにしたりするなど、状況に応じて適宜表示内容を選択することは勿論のことである。

10

【0090】

さらにコントローラ 30 は、被測定流体 14 の導電率や濃度の他にも被測定流体 14 の温度を表示する温度表示部 31 を設けても良く、この場合には温度センサを別途設けるなどすることで機能を果たすことができる。このように被測定流体 14 の導電率や濃度の他に追加される機能については、使用環境などに応じて適宜追加が可能である。

【0091】

このように上記した実施例 2 における導電率測定装置および導電率測定方法は、算出部において上記したような演算処理を行うことにより、被測定流体の導電率および濃度を精度良く測定することができるものである。

20

【0092】

以上、本発明の好ましい形態である実施例 1 および実施例 2 について説明したが、本発明は上記の形態に限定されるものではなく、例えば実施例 1, 2 においてはコントローラ 30 は装置本体とは別に設けているが、装置本体とコントローラとが一体的に構成されていても良いなど、本発明の目的を逸脱しない範囲での種々の変更が可能なものである。

【図面の簡単な説明】

【0093】

【図 1】図 1 は、本発明の導電率測定装置の実施例 1 における使用状態を説明するための説明図である。

【図 2】図 2 は、図 1 に示した導電率測定装置の拡大図である。

30

【図 3】図 3 は、本発明の導電率測定装置に用いられるコントローラである。

【図 4】図 4 は、図 1 に示した導電率測定装置の算出部によって、被測定流体の導電率を算出する際に用いられる数値箇所を説明するための概略図である。

【図 5】図 5 は、本発明の導電率測定装置の実施例 2 における使用状態を説明するための説明図である。

【図 6】図 6 は、図 5 に示した導電率測定装置の拡大図である。

【図 7】図 7 は、図 5 に示した導電率測定装置の算出部によって、被測定流体の導電率を算出する際に用いられる数値箇所を説明するための概略図である。

【図 8】図 8 は、従来の測定装置を用いた配管経路の概略図である。

【図 9】図 9 は、従来の測定装置を用いた配管経路の概略図である。

40

【符号の説明】

【0094】

- 10・・・導電率測定装置
- 12・・・配管経路
- 14・・・被測定流体
- 16・・・タンク
- 18・・・主流路
- 20・・・測定部
- 21・・・装置本体
- 22a・・・電極

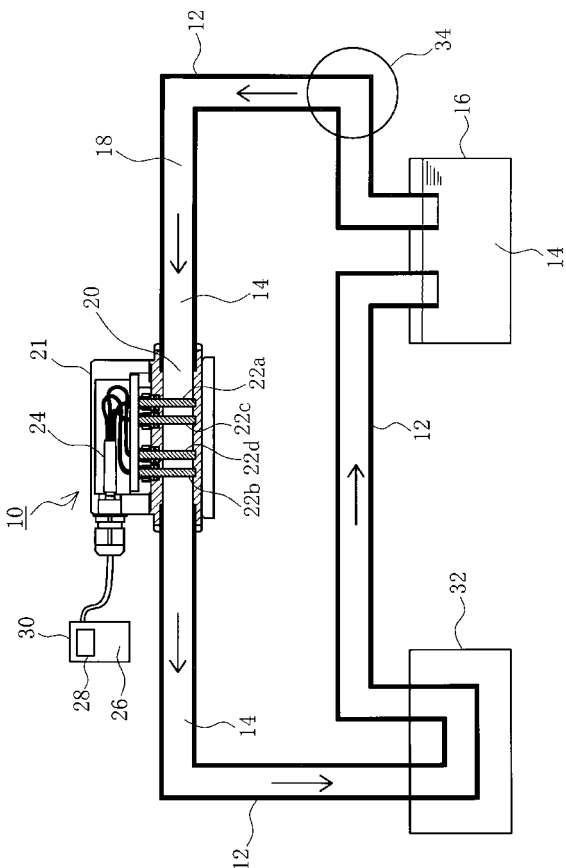
50

- 2 2 b . . . 電 極
- 2 2 c . . . 電 極
- 2 2 d . . . 電 極
- 2 4 . . . 導 電 率 セ ン サ
- 2 6 . . . 算 出 部
- 2 8 . . . 出 力 部
- 3 0 . . . コ ン ト ロ ー ラ
- 3 1 . . . 温 度 表 示 部
- 3 2 . . . 熱 交 換 器
- 3 4 . . . ポ ン プ
- 3 6 . . . 副 流 路
- 3 9 . . . 接 続 間 管 路
- N 1 . . . 不 導 体 部
- N 2 . . . 不 導 体 部
- 1 0 0 . . . 測 定 装 置
- 1 0 2 . . . 電 極
- 1 0 4 . . . 外 部 配 管
- 2 0 0 . . . 測 定 装 置
- 2 0 2 . . . 電 極
- 2 0 4 . . . 外 部 配 管
- 2 0 6 . . . カ バ ー (絶 縁 物)

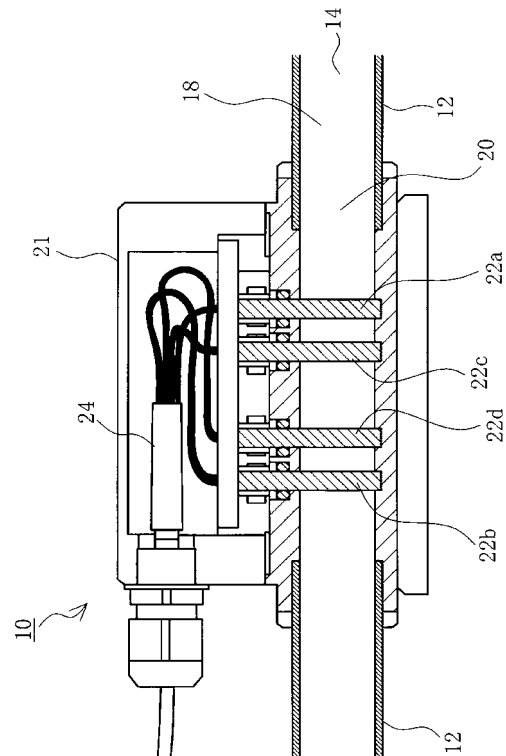
10

20

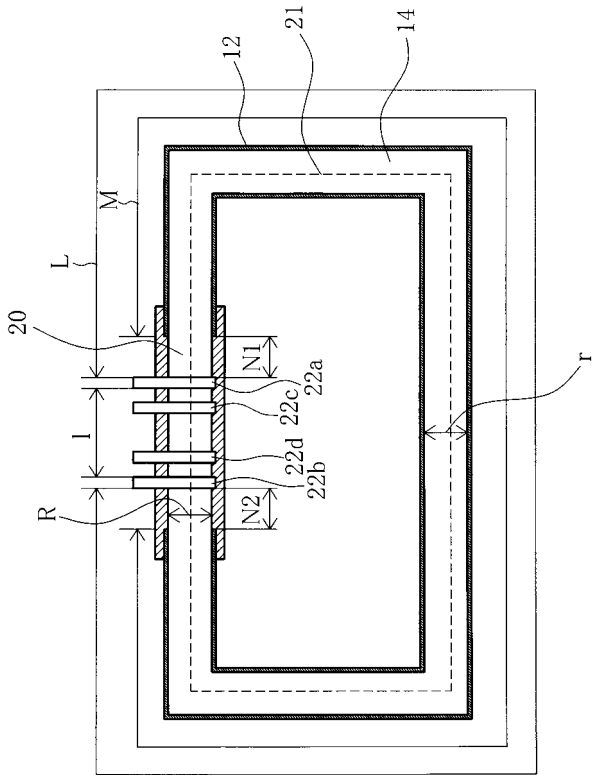
【 図 1 】



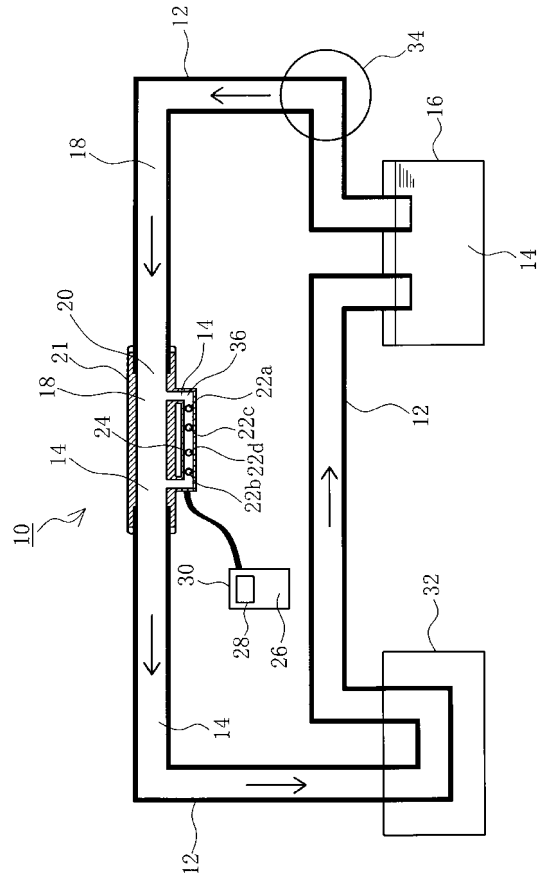
【 図 2 】



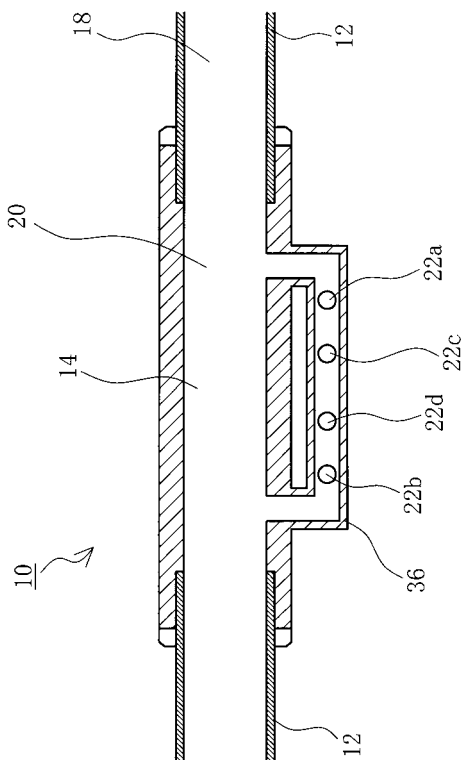
【図 4】



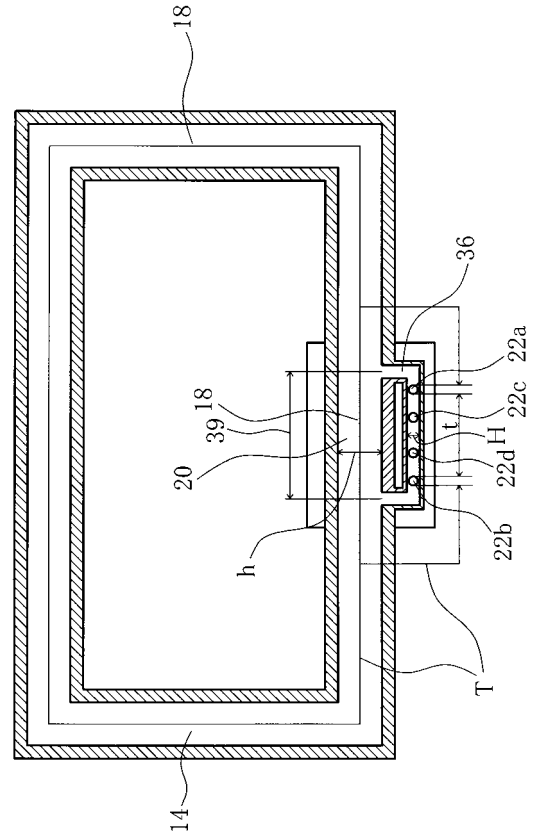
【図 5】



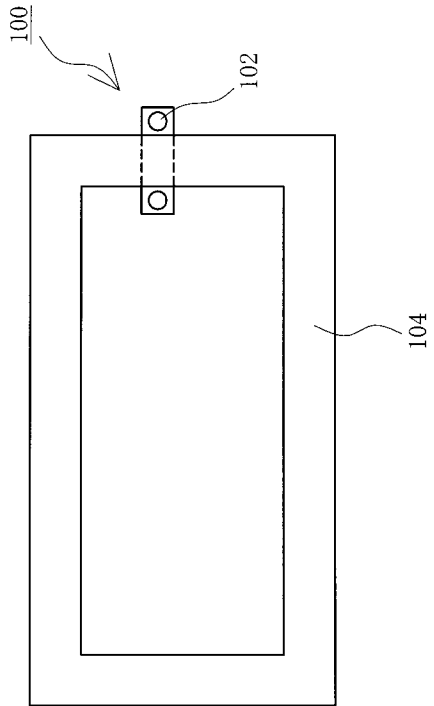
【図 6】



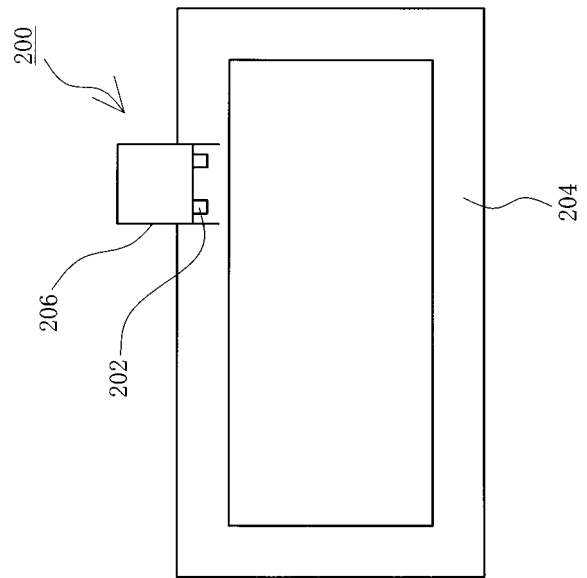
【図 7】



【 図 8 】



【 図 9 】



【図 3】

