

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7277724号
(P7277724)

(45)発行日 令和5年5月19日(2023.5.19)

(24)登録日 令和5年5月11日(2023.5.11)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 N 27/07 (2006.01)

G 0 1 N 27/07

G 0 1 R 27/22 (2006.01)

G 0 1 R 27/22

Z

請求項の数 6 (全15頁)

(21)出願番号	特願2019-65146(P2019-65146)	(73)特許権者	000219451
(22)出願日	平成31年3月28日(2019.3.28)		東亜ディーケーケー株式会社
(65)公開番号	特開2020-165743(P2020-165743 A)		東京都新宿区高田馬場一丁目2 9 番 1 0 号
(43)公開日	令和2年10月8日(2020.10.8)	(74)代理人	100169155
審査請求日	令和4年3月17日(2022.3.17)		弁理士 倉橋 健太郎
		(74)代理人	100075638
			弁理士 倉橋 暎
		(72)発明者	水村 諒介
			東京都新宿区高田馬場一丁目2 9 番 1 0 号 東亜ディーケーケー株式会社内
		(72)発明者	菅原 修司
			東京都新宿区高田馬場一丁目2 9 番 1 0 号 東亜ディーケーケー株式会社内
		(72)発明者	橋本 わかな
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電気伝導率セル

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

略円柱状の電極部であって、前記電極部の軸線方向に沿って相互に間隔をあけて複数の電極が設けられた電極部と、

略円筒状の外筒であって、前記外筒の内周面と前記電極部の外周面との間に間隔をあけて前記電極部との間に略円筒状の空間を形成するように配置され、前記軸線方向における前記電極部の先端部側の端部が開口しており、前記軸線方向における前記電極部の基端部側の端部より前記外筒の周方向に沿って相互に間隔をあけて複数の貫通孔が形成されている外筒と、

を有する電気伝導率セルにおいて、

前記貫通孔は、前記軸線方向における前記基端部側の2つの隅部がそれぞれ略角形状を有し、前記軸線方向における前記先端部側の2つの隅部がそれぞれR形状を有するか又は前記軸線方向における前記先端部側に円弧形状の辺を有し、前記R形状の曲率半径は、少なくとも前記貫通孔の対向する2辺に内接する円の半径の12.5%以上、100%以下であることを特徴とする電気伝導率セル。

【請求項 2】

前記R形状の曲率半径は、1mm以上、4mm以下であることを特徴とする請求項1に記載の電気伝導率セル。

【請求項 3】

前記貫通孔を形成する縁部のうち、前記軸線方向における前記基端部側の一辺の縁部は

、前記外筒の内周面側から外周面側に向かうにつれて前記貫通孔の開口が広がるようにテーパーが設けられていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の電気伝導率セル。

【請求項 4】

前記軸線方向における、前記電極部と前記外筒との接合部に隣接し、少なくとも一部が前記貫通孔と対向する領域の前記電極部の外周面に、前記軸線方向に沿って前記先端部側から前記基端部側に向かうにつれて外径が大きくなるようにテーパーが設けられていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の電気伝導率セル。

【請求項 5】

前記軸線方向において、前記基端部側の前記貫通孔の端部の位置は、前記電極部と前記外筒との接合部と略同じ位置、又は前記接合部に対して前記先端部とは反対側であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の電気伝導率セル。

10

【請求項 6】

前記軸線方向において、前記複数の電極のうち最も前記基端部側に配置された基端電極の前記基端部側の端部から、前記先端部側の前記貫通孔の端部までの距離は、0 mm 以上、2 mm 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の電気伝導率セル。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、液体の電気伝導率を測定するための電気伝導率セルに関するものである。

20

【背景技術】

【0002】

従来、河川水などの環境水、飲料水、産業などで使用される水溶液などの液体の電気伝導率を測定するために電気伝導率セルが用いられている（特許文献 1）。図 7 は、従来の電気伝導率セル 201 の概略断面側面図である。電気伝導率セル 201 は、複数の電極 203 が設けられた略円柱状の電極部 202 と、電極部 202 を囲むように設けられた略円筒状の外筒 205 と、を有する。電極部 202 は、例えば略円柱状（又は円板状）の電極 203 と、電気絶縁体 204 と、が交互に繋がられて構成されている。外筒 205 は、電気絶縁体で形成され、電極部 202 の軸線方向（以下「電極軸線方向」ともいう。）における電極部 202 の先端部（以下「電極先端部」ともいう。）202a 側の端部に開口部 205c が設けられている。電気伝導率セル 201 を用いて電気伝導率を測定するには、電気伝導率セル 201 を被検液中に浸漬することで、電極部 202 と外筒 205 との間の略円筒状の空間（測定空間）T に被検液を導入する。そして、電極部 202 の電極 203 を用いて測定空間 T 内の被検液に電流を流し、被検液の電気抵抗を測定することで、被検液の電気伝導率を測定する。電気伝導率セル 201 には、2 極式、3 極式、4 極式、5 極式などが知られているが、図 7 では 3 極式の例を示している。また、一般に、電気伝導率の測定には交流電流が用いられてインピーダンス（交流抵抗）が測定される。

30

【0003】

外筒 205 は、例えば電気伝導率セル 201 が被検液を収容した容器の壁面付近で用いられた場合に壁面の材料や壁面と電極 203 との間の距離などによって測定値が変動することなどを抑制するために設けられる。しかし、例えば電気伝導率セル 201 を被検液に浸漬する際に、測定空間 T 内に気泡を巻き込んでしまうことがある。測定空間 T 内に気泡があると、例えば電極 203 と外筒 205 との間に気泡が挟まるなどして、測定空間 T 内の被検液のインピーダンスが本来よりも大きく（電気伝導率が本来よりも小さく）測定されてしまう。

40

【0004】

そこで、従来、外筒 205 には、測定空間 T 内の気泡を外筒 205 の外部へと排出するために、電極軸線方向における電極部 202 の基端部（以下「電極基端部」ともいう。）202b よりに、貫通孔（気泡抜き孔）206 が設けられている。つまり、通常、電気伝導率セル 201 は、電極先端部 202a 側を下方、電極基端部 202b 側を上方に向けて

50

被検液に浸漬されて用いられる。そのため、電気伝導率セル 201 を被検液に浸漬する際などに測定空間 T に入った気泡が上方へ移動し、上方に配置された貫通孔 206 を通して外筒 205 の外部に排出されることが企図されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開平 1 - 259249 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

10

しかしながら、従来の電気伝導率セル 201 の構成では、測定空間 T 内の気泡を十分に外筒 205 の外部に排出できないことがあった。

【0007】

外筒 205 の貫通孔 206 は、従来一般に、円形（真円や楕円）とされている。貫通孔 206 を通した気泡の排出（気泡抜き）をしやすくするために、単純に貫通孔 206 の大きさ（直径）を大きくすることが考えられる。しかし、貫通孔 206 の大きさを単純に大きくすると、気泡の排出はしやすくなるものの、測定空間 T 内の被検液のインピーダンスを正しく測定できなくなることがある。つまり、本来は図 8（a）中の実線で示す電流による測定空間 T 内の被検液のインピーダンスが測定目的である。しかし、貫通孔 206 の大きさを単純に大きくすると、電極先端部 202 a 側の外筒 205 の開口部 205 c と貫通孔 206 との間での、外筒 205 の外側の液体などを通る回路（図 5（a）中の破線）のインピーダンスが小さくなる。その結果、外筒 205 の外側のインピーダンスの影響（外来の影響）が大きくなって、測定空間 T 内の被検液のインピーダンスを正しく測定できなくなることがある。

20

【0008】

これに対して、次のような方法で、測定空間 T 内の被検液のインピーダンスに対する外筒 205 の外側の液体などを通る回路のインピーダンスを大きくし、外筒 205 の外側のインピーダンスの影響を低減することが考えられる。つまり、図 8（b）に示すように最も電極先端部 202 a 側の電極 203 よりもさらに電極先端部 202 a 側に絶縁部を設けたり、図 8（c）に示すように最も電極基端部 202 b 側の電極 203 と貫通孔 206 との間の距離を大きくしたり、図 8（d）に示すように電極先端部 202 a 側の外筒 205 の長さを延長したりすることである。しかし、これらの方法で十分な効果を得ようとすると、電気伝導率セル 201 が大きくなるため、電気伝導率セル 201 の小型化を妨げる要因となる。

30

【0009】

また、上述のように、貫通孔 206 は、従来一般に円形とされ、外筒 205 の周方向に相互に間隔をあけて複数（例えば 2 ～ 4 個）設けられている。この貫通孔 206 は、電極基端部 202 b 側、すなわち、上方に円弧形状の辺を有するため、隣接する貫通孔 206 の境界部分の特に上方に気泡が溜まりやすい（図 4（d））。このように気泡が溜まると、更に気泡が溜まって電極 203 と外筒 205 との間に気泡が挟まったり、電極 203 と外筒 205 との間に気泡が挟まらない場合でも気泡の溜まり方が異なっていたりすることで、測定空間 T 内の被検液の本来のインピーダンスが測定されなくなることがある。

40

【0010】

したがって、本発明の目的は、外筒の貫通孔を通した外筒の内部から外部への気泡の排出がしやすい電気伝導率セルを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記目的は本発明に係る電気伝導率セルにて達成される。要約すれば、本発明は、略円柱状の電極部であって、前記電極部の軸線方向に沿って相互に間隔をあけて複数の電極が設けられた電極部と、略円筒状の外筒であって、前記外筒の内周面と前記電極部の外周面

50

との間に間隔をあけて前記電極部との間に略円筒状の空間を形成するように配置され、前記軸線方向における前記電極部の先端部側の端部が開口しており、前記軸線方向における前記電極部の基端部側の端部よりも前記外筒の周方向に沿って相互に間隔をあけて複数の貫通孔が形成されている外筒と、を有する電気伝導率セルにおいて、前記貫通孔は、前記軸線方向における前記基端部側の２つの隅部がそれぞれ略角形状を有し、前記軸線方向における前記先端部側の２つの隅部がそれぞれＲ形状を有するか又は前記軸線方向における前記先端部側に円弧形状の辺を有し、前記Ｒ形状の曲率半径は、少なくとも前記貫通孔の対向する２辺に内接する円の半径の１２．５％以上、１００％以下であることを特徴とする電気伝導率セルである。

【発明の効果】

10

【００１２】

本発明によれば、外筒の貫通孔を通した外筒の内部から外部への気泡の排出をしやすいことができる。

【図面の簡単な説明】

【００１３】

【図１】電気伝導率測定用プローブの断面図である。

【図２】電気伝導率測定用プローブ及びセンサユニット（電気伝導率セル）の側面図である。

【図３】電極部及び外筒の近傍の断面側面図である。

【図４】外筒の貫通孔の構成及び作用を説明するための模式図である。

20

【図５】電極部の根本の近傍の断面図である。

【図６】外筒の貫通孔の配置を説明するための模式図である。

【図７】従来の電気伝導率セルの概略断面側面図である。

【図８】従来の課題を説明するための模式図である。

【発明を実施するための形態】

【００１４】

以下、本発明に係る電気伝導率セルを図面に則して更に詳しく説明する。

【００１５】

[実施例１]

１．電気伝導率測定用プローブの全体構成

30

図１は、本発明を適用した電気伝導率測定用プローブ（以下「ＥＣプローブ」ともいう。）１００の断面図である。また、図２（ａ）は、ＥＣプローブ１００の側面図であり、図２（ｂ）は電気伝導率セルで構成された後述するセンサユニット１の側面図である。なお、図１は、図２（ａ）中のＡ－Ａ線断面を示している。ここでは、上下は重力方向の上下であり、ＥＣプローブ１００は、通常、後述する電極先端部２ａ側を下方、電極基端部２ｂ側を上方に向けて用いられるものとする。

【００１６】

本実施例では、ＥＣプローブ１００は、電気伝導率セルで構成されたセンサユニット１と、測定ユニット１１０と、を有する。測定ユニット１１０は、センサユニット１から取得したアナログ信号をセンサユニット１の測定結果を示すデジタル信号に変換する測定回路１１１ａを有している。本実施例では、測定ユニット１１０は、ケーブル１２０を介して計測装置本体（図示せず）に接続され、測定回路１１１ａで変換したデジタル信号を計測装置本体に送信する。計測装置本体は、測定ユニット１１０から取得したデジタル信号を処理して測定結果の表示などを行う。また、本実施例では、計測装置本体に対してＥＣプローブ１００が着脱可能であると共に、測定ユニット１１０に対してセンサユニット１が着脱可能とされている。ＥＣプローブ１００と計測装置本体とによって電気伝導率計測装置が構成される。

40

【００１７】

センサユニット１は、略円柱状の電極部２と、電極部２を囲むように設けられた略円筒状の外筒５と、を有する。電極部２には、電極部２の軸線方向（「電極軸線方向」）Ｖに

50

沿って相互に間隔をあけて複数の電極 3 (3 a、3 b、3 c) が設けられている。外筒 5 は、外筒 5 の内周面 5 a と電極部 2 の外周面 2 c との間に間隔をあけて電極部 2 との間に略円筒状の空間 (測定空間) T を形成するように配置されている。また、外筒 5 は、電極軸線方向 V における電極部 2 の先端部 (「電極先端部」) 2 a 側の端部が開口している。すなわち、外筒 5 は、電極先端部 2 a 側の端部に開口部 5 c を有する。さらに、外筒 5 は、電極軸線方向 V における電極部 2 の基端部 (「電極基端部」) 2 b 側の端部より、外筒 5 の周方向に沿って相互に間隔をあけて複数の貫通孔 6 が形成されている。本実施例では、センサユニット 1 は、3 極式の電気伝導率セルで構成されている。

【 0 0 1 8 】

更に説明すると、センサユニット 1 は、支持部材 1 0 及び電極棒 1 1 を備えたセンサ本体 1 A と、外筒 5 と、を有して構成される。支持部材 1 0 は、略円筒状とされ、電極軸線方向 V の電極先端部 2 a 側の端部に、他の部分よりも小径とされた支持部 1 0 a が設けられている。また、電極棒 1 1 は、略円柱状とされ、電極軸線方向 V の電極基端部 2 b 側の端部に、他の部分よりも小径とされた接続部 1 1 a が設けられている。そして、支持部材 1 0 の支持部 1 0 a に形成された開口部に電極棒 1 1 の接続部 1 1 a が嵌合されて、センサ本体 1 A が構成される。センサユニット 1 は、全体として略細長円柱状とされている。支持部材 1 0 の支持部 1 0 a と、電極棒 1 1 の接続部 1 1 a 以外の部分の外径と、は略同一とされている。本実施例では、電極棒 1 1 と、支持部材 1 0 の支持部 (外筒 5 との接合部 7 よりも電極先端部 2 a 側の部分) 1 0 a と、によって、略円柱状の電極部 2 が構成されるものとする。

【 0 0 1 9 】

電極棒 1 1 は、略円柱状 (又は円板状) の電極 3 と、電気絶縁体で形成された略円筒状のセパレータ 4 と、が交互に繋げられて構成されている。3 個の電極 3 のうち最も電極先端部 2 a 側の第 1 電極 3 a は、円板状とされ、円形の端面が電極先端部 2 a に露出し、環状の周面が電極部 2 の外周面 2 c から露出するように形成されて、セパレータ 4 に取り付けられている。また、3 個の電極のうち中央の第 2 電極 3 b、及び最も電極基端部 2 b 側の第 3 電極 3 c は、それぞれ環状の周面が電極部 2 の外周面 2 c から露出するように形成されて、セパレータ 4 に固定されている。各電極 3 は、電極棒 1 1 の内部でリード線 8 に接続され、このリード線 8 は、支持部材 1 0 へと引き出され、支持部材 1 0 の内部を通過して、支持部材 1 0 に設けられた回路基板 1 2 に接続されている。本実施例では、各電極 3 は、チタンで形成されている。ただし、これに限定されるものではなく、電気伝導率セルの電極として適した、典型的には導電性材料で形成されていればよく、例えば S U S (ステンレス鋼)、ハステロイ (ニッケル基合金の商品名)、白金、グラッシーカーボンなどであってもよい。また、本実施例では、セパレータ 4 は、P P (ポリプロピレン) で形成されている。ただし、これに限定されるものではなく、典型的に樹脂材料とされる電気絶縁性材料で形成されていればよい。

【 0 0 2 0 】

外筒 5 は、電極基端部 2 b 側の端部の内周面に設けられたネジ部が、支持部材 1 0 の外周面に設けられたネジ部に螺合されることで、センサ本体 1 A に固定される。外筒 5 は電極部 2 と略同軸的に配置される。外筒 5 の構成、及び外筒 5 と電極部 2 との位置関係などについては後述して更に詳しく説明する。

【 0 0 2 1 】

支持部材 1 0 の、電極軸線方向 V における電極棒 1 1 が取り付けられる側とは反対側の端部近傍には、回路基板 1 2 が設けられており、上述のようにこの回路基板 1 2 に電極棒 1 1 から引き出されたリード線 8 が接続されている。また、この回路基板 1 2 には、センサユニット側コネクタ 1 3 が設けられており、後述する測定ユニット 1 1 0 の回路基板 1 1 1 に設けられた測定ユニット側コネクタ 1 1 2 と接続可能とされている。本実施例では、支持部材 1 0 は、P P (ポリプロピレン) で形成されているが、これに限定されるものではなく、上記セパレータ 4 の場合と同様の電気絶縁性材料で形成されることが好ましい。

【 0 0 2 2 】

10

20

30

40

50

測定ユニット 110 には、測定回路 111a を備えた回路基板 111 が設けられている。また、この回路基板 111 には、測定ユニット側コネクタ 112 が設けられており、上述のセンサユニット 1 の回路基板 12 に設けられたセンサユニット側コネクタ 13 と接続可能とされている。また、測定ユニット 110 は、センサユニット 1 の電極軸線方向 V における電極先端部 2a 側とは反対側の端部が挿入されて嵌合される凹部 113 を有する。そして、センサユニット 1 が測定ユニット 110 の凹部 113 に挿入され、センサユニット側コネクタ 13 と測定ユニット側コネクタ 112 とが着脱可能に接続されることで、センサユニット 1 と測定ユニット 110 とが一体化されて、EC プローブ 100 が構成される。

【0023】

なお、本実施例では、支持部材 10 の電極軸線方向 V における電極棒 11 が取り付けられる側とは反対側の端部近傍の外周面と、測定ユニット 110 の凹部 113 の内周面と、の間に、封止部材としてのリング 14 が配置されて、センサユニット 1 の内部が液密に保たれている。また、本実施例では、センサユニット 1 は、スライド移動させられて測定ユニット 110 の凹部 113 に嵌合される。そして、センサユニット 1 の外周を取り巻くように配置された固定部材としての袋ナット 15 が、測定ユニット 110 のセンサユニット 1 側の端部に螺合されることで、センサユニット 1 は測定ユニット 110 に対して固定されるようになっている。

【0024】

また、センサユニット 1 は、上記とは逆に測定ユニット 110 から取り外されて、交換することが可能とされている。また、測定ユニット 110 の回路基板 111 から引き出された配線は、ケーブル 120 としてまとめられて計測装置本体に接続される。本実施例では、測定ユニット 110 は、上記ケーブル 120 の端部に設けられたプローブ側コネクタ（図示せず）と、計測装置本体に設けられた本体側コネクタ（図示せず）と、によって、計測装置本体に対して着脱可能に接続される。

【0025】

EC プローブ 100 を用いて電気伝導率を測定するには、センサユニット 1 の電極先端部 2a 側を下方に向けて被検液中に浸漬することで、電極部 2 と外筒 5 との間の略円筒状の測定空間 T に被検液を導入する。そして、センサユニット 1 の電極 3 を用いて測定空間 T 内の被検液に交流電流を流し、被検液のインピーダンスを測定することで、被検液の電気伝導率を測定する。本実施例では、センサユニット 1 は、概略、第 2 電極 3b と第 1 電極 3a との間、及び第 2 電極 3b と第 3 電極 3c との間に交流電圧を印加して、測定空間 T 内の被検液に交流電流を流し、測定空間 T 内の被検液のインピーダンスを測定することで、測定空間 T 内の被検液の電気伝導率を測定する。

【0026】

2. 外筒の構成、及び外筒と電極部との位置関係

次に、本実施例における外筒 5 について更に詳しく説明する。図 3 は、センサユニット（以下「電気伝導率セル」という。）1 の電極部 2 及び外筒 5 の近傍を拡大して示す断面側面図である。

【0027】

電極部 2 には、上述のように、第 1、第 2、第 3 電極 3a、3b、3c が設けられている。本実施例では、第 1 電極 3a が、電極軸線方向 V において複数の電極 3 のうち最も電極先端部 2a 側に配置された「先端電極」であり、第 3 電極 3c が、最も電極基端部 2b 側に配置された「基端電極」であり、第 2 電極 3b が、中央に配置された「中央電極」である。本実施例では、第 1、第 2、第 3 電極 3a、3b、3c の電極軸線方向 V における幅 W は、略同一であり、3mm である。また、本実施例では、電極軸線方向 V における少なくとも電極先端部 2a から貫通孔 6 に隣接する位置までの領域の電極部 2 の直径 D1 は、略同一であり、10mm である。また、本実施例では、第 1、第 2、第 3 電極 3a、3b、3c の直径もこの直径 D1 と略同一であり、10mm である。また、本実施例では、第 1、第 2、第 3 電極 3a、3b、3c は、電極軸線方向 V において略等間隔に設けられ

10

20

30

40

50

ている。なお、各電極 3 の位置は、電極軸線方向 V における各電極 3 の中央位置で代表するものとする。本実施例では、第 1 電極 3 a の位置と第 2 電極 3 b の位置との間の距離 L 1、第 2 電極 3 b の位置と第 3 電極 3 c の位置との間の距離 L 2 は、それぞれ 3 3 mm である。

【 0 0 2 8 】

外筒 5 は、電極部 2 を取り囲むように配置され、電極軸線方向 V における電極基端部 2 b 側の端部が、支持部材 1 0 に螺合されて接合される。本実施例では、この外筒 5 と支持部材 1 0 との螺合による接合部が、電極部 2 と外筒 5 との接合部 7 である。本実施例では、この接合部 7 に隣接して、外筒 5 の周方向に相互に間隔をあけて複数の貫通孔 6 が設けられている。本実施例では、外筒 5 には、複数の貫通孔 6 として、外筒 5 の周方向に沿って略等間隔に 4 つの貫通孔 6 が設けられている。つまり、外筒 5 の周方向において互に対向する位置に配置された 2 つの貫通孔 6 の組が 2 組設けられている。なお、貫通孔 6 の数は 4 個に限定されるものではなく、典型的には 2 ~ 4 個である。

10

【 0 0 2 9 】

なお、各電極 3 と外筒 5 の内周面 5 a との間の距離 L 3 は、1 mm 以上、3 mm 以下であることが好ましい。この距離 L 3 が 1 mm より小さいと、気泡を排出しにくくなる。また、この距離 L 3 が 3 mm より大きいと、測定値の直線性が低下しやすくなることがある。本実施例では、この距離 L 3 は 1 . 7 mm である。また、本実施例では、外筒 5 の内径 D 2 は、少なくとも第 1 電極 3 a と対向する位置から第 3 電極 3 c と対向する位置までの領域の内径は略同一であり、1 3 . 4 mm である。また、本実施例では、電極軸線方向 V における第 1 電極 3 a の電極先端部 2 a 側の端部（すなわち、電極先端部 2 a）から外筒 5 の電極先端部 2 a 側の端部までの距離 L 4 は 0 . 5 mm 程度である。

20

【 0 0 3 0 】

そして、貫通孔 6 は、電極軸線方向 V における電極基端部 2 b 側の 2 つの隅部がそれぞれ略角形状を有し、電極軸線方向 V における電極先端部 2 a 側の 2 つの隅部がそれぞれ R 形状（円弧形状）を有するか（図 4（a））又は電極軸線方向 V における電極先端部 2 a 側に円弧形状の辺を有する（図 4（b））形状とされる。本実施例では、上述のように、貫通孔 6 は、外筒 5 の周方向に沿って略等間隔に 4 つ設けられている。

【 0 0 3 1 】

なお、略角形状とは、2 辺が完全に直交する形状のみを意味するものではなく、製造上の理由などにより、90°に対して±5°程度の範囲の角度を有して交差する形状、あるいは十分に小さい曲率半径（典型的には 0 . 5 mm 以下）の円弧形状とされている場合も含むものである。また、R 形状、円弧形状とは、完全に円弧形状であることのみを意味するものではなく、製造上の理由などにより斯界にて一般に許容される程度に円弧形状からずれている場合も含むものである。

30

【 0 0 3 2 】

更に説明すると、図 4（a）は、本実施例における各貫通孔 6 を示す模式図である。本実施例では、4 つの貫通孔 6 の形状は実質的に同一である。本実施例では、貫通孔 6 の、電極軸線方向 V における電極基端部 2 b 側の辺（上辺）6 a、及び電極先端部 2 a 側の辺（下辺）6 b は、それぞれ平面視において電極軸線方向 V と略直交する方向に延びる。そして、これら上辺 6 a と下辺 6 b とが、平面視において電極軸線方向 V と略平行に延びる 2 つの辺（縦辺）6 c で連結されている。ただし、図 4（b）に示すように、貫通孔 6 の電極軸線方向 V における電極先端部 2 a 側の辺（下辺）6 b を円弧形状の辺としてもよい。

40

【 0 0 3 3 】

このように、貫通孔 6 を、従来の円形から、四角形と円形とを組み合わせた形状とすることで、貫通孔 6 を通した気泡の排出をしやすくして、測定空間 T の上方に気泡が溜まる可能性を低減させると共に、必要以上に貫通孔 6 を大きくすることで電気伝導率の測定値に対する外筒 5 の外側のインピーダンスの影響が大きくなることを抑制することができる。つまり、図 4（d）に示すように、貫通孔 6 が従来の円形の場合は、隣接する貫通孔 6 の境界部分の特に上方に気泡がたまりやすい。これに対して、図 4（c）に示すように、

50

貫通孔 6 の上方の 2 か所の隅部を略角形状とすることで、特に気泡が溜まりやすい隣接する貫通孔 6 の境界部分の上方において貫通孔 6 の開口面積を大きくして（すなわち、隣接する貫通孔 6 の境界部分を小さくして）、気泡の排出をしやすくすることができる。一方、貫通孔 6 の下方の 2 か所の隅部を R 形状とする（又は下方の辺を円弧形状とする）ことで、貫通孔 6 の電極 3（第 3 電極 3 c）に近い側を必要以上に大きくしてしまうことで測定値に対する外筒 5 の外側のインピーダンスの影響が大きくなることを抑制することができる。また、貫通孔 6 を必要以上に大きくしなくてよいため、外筒 5 の外側のインピーダンスの影響を低減するために図 8（b）～（d）を参照して説明したような方法による対策が必要なくなり、電気伝導率セル 1 の小型化を図ることができる。

【0034】

本実施例では、貫通孔 6 の、平面視における電極軸線方向 V と略直交する方向の幅 W 1 は 8 mm であり、平面視における電極軸線方向 V と略平行な方向の幅 W 2 は 8 mm である。そして、本実施例では、上辺 6 a と縦辺 6 c とで形成される 2 つの隅部 6 d はそれぞれ略角形状とされている。貫通孔 6 は、これに限定されるものではないが、電極軸線方向 V と略直交する方向及び電極軸線方向 V の幅 W 1、W 2 が、それぞれ 6 mm 以上、8 mm 以下であることが好ましい。この幅 W 1、W 2 が 6 mm より小さいと、気泡の排出がしにくくなる。また、この幅 W 1、W 2 が 8 mm より大きくなると、測定値に対する外筒 5 の外側のインピーダンスの影響が大きくなる傾向がある。なお、この幅 W 1、W 2 は、外筒 5 の内周面側の貫通孔 6 の開口部の幅で代表するものとする。また、換言すると、この幅 W 1、W 2 は、外筒 5 の円周長さに対して 10 % 以上、15 % 以下であることが好ましい。なお、この場合の外筒 5 の円周長さは、電極軸線方向 V における貫通孔 6 の略中央における外筒の内周の周長で代表するものとする。また、貫通孔 6 の下辺 6 b 側の 2 つの隅部 6 e の R 形状の曲率半径は、少なくとも貫通孔 6 の対向する 2 辺に内接する円の半径の 12.5 % 以上、100 % 以下であることが好ましい。本実施例では、上記対向する 2 辺とは、上辺 6 a と下辺 6 b、又は 2 つの縦辺 6 c である。この R 形状の曲率半径が上記範囲より小さい場合には、上述した隣接する貫通孔 6 の境界部分の特に上方に溜まりやすい気泡の排出をしやすくしつつ、測定値に対する外筒 5 の外側のインピーダンスの影響を抑制する効果が得にくくなる。より具体的には、これに限定されるものではないが、この R 形状の曲率半径は、1 mm 以上、4 mm 以下が好ましい。

【0035】

また、本実施例における電気伝導率セル 1 は、以下に示すような追加の特徴を有している。

【0036】

本実施例では、図 5（a）に示すように、貫通孔 6 を形成する縁部のうち、電極軸線方向 V における電極基端部 2 b 側の一辺（上辺）6 a の縁部 6 f は、外筒 5 の内周面 5 a 側から外周面 5 b 側に向かうにつれて貫通孔 6 の開口が広がるようにテーパが設けられている。このように貫通孔 6 の上辺 6 a の縁部 6 f にテーパを設けることで、貫通孔 6 を通した気泡の排出のしやすさを更に向上させることができる。気泡の排出のしやすさを更に向上させる観点から、この貫通孔 6 の縁部のテーパは、5 ° 以上、45 ° 以下の角度 α で形成されていることが好ましい。なお、この角度 α は、電極軸線方向 V と略直交する方向に対してなす角度である。本実施例では、この角度 α は 30 ° である。

【0037】

また、本実施例では、図 5（b）に示すように、電極軸線方向 V における、電極部 2 と外筒 5 との接合部 7 に隣接し、少なくとも一部が貫通孔 6 と対向する領域（これを電極部 2 の「根本」ともいう。）9 の電極部 2 の外周面 2 c に、電極軸線方向 V に沿って電極先端部 2 a 側から電極基端部 2 b 側に向かうにつれて外径が大きくなるようにテーパが設けられている。このように電極部 2 の根本 9 にテーパを設けることで、測定空間 T 内の気泡を貫通孔 6 に向けて導きやすくなり、貫通孔 6 を通した気泡の排出のしやすさを更に向上させることができる。気泡の排出のしやすさを更に向上させる観点から、この電極部 2 の根本 9 のテーパは、5 ° 以上、60 ° 以下の角度 β で形成されていることが好まし

10

20

30

40

50

い。なお、この角度 β は、電極軸線方向Vと略直交する方向に対してなす角度である。本実施例では、この角度 β は 45° である。

【0038】

また、電極軸線方向Vにおいて、電極基端部2b側の貫通孔6の端部(上端)の位置は、電極部2と外筒5との接合部7と略同じ位置、又はこの接合部7に対して電極先端部2aとは反対側であることが好ましい。つまり、図6に示す距離L5が0mm以上であることが好ましい。このような位置関係とすることで、貫通孔6より上方に気泡が溜まるデッドスペースが形成されないようにすることができる。本実施例では、図3に示すように、貫通孔6の上端の位置を、電極部2と外筒5との接合部7と略同じ位置とした。なお、貫通孔6の上端の位置は、外筒5の内周面側の貫通孔6の開口部における上端の位置で代表するものとする。

10

【0039】

また、図6に示すように、電極軸線方向Vにおいて、最も電極基端部2b側に配置された第3電極(基端電極)3cの電極基端部2b側の端部から、電極先端部2a側の貫通孔6の端部(下端)までの距離L6は、0mm以上、2mm以下(貫通孔6の端部(下端)の方が電極基端部2b側)であることが好ましい。このような位置関係とすることで、電気伝導率セル1の小型化を図ることができる。本実施例では、貫通孔6の上方の隅部6dを略角形状、下方の隅部6eをR形状とすることで、貫通孔6の電極3(第3電極)に近い側を必要以上に大きくすることなく気泡の排出を良好に行うことができる。そのため、外筒5の外側のインピーダンスの影響による測定値の誤差を抑制しつつ、貫通孔6と電極3(第3電極3c)との間の距離を可及的に小さくすることができる。本実施例では、上記距離L6は0mmである。なお、貫通孔6の下端の位置は、外筒5の内周面側の貫通孔6の開口部における下端の位置で代表するものとする。

20

【0040】

3. セル定数に対する影響など

例えば、従来の電気伝導率セル1の外筒5に代えて本発明に従う外筒5を適用し、本発明に係る電気伝導率セル1を構成する場合、外筒5の違いにより測定値(セル定数)が大幅に変化することを避けることが望ましい。なお、電極間の抵抗をR、電極間の距離をL(m)、電極の面積をS(m^2)、電気伝導率を κ (S/m)とすると、次の関係が成り立つ。

30

$$R = L / S \times 1 / \kappa$$

$$\kappa = L / S \times 1 / R$$

上記式中のL/Sは電気伝導率セル1に固有の値でセル定数と呼ばれる。セル定数が大きければ大きいほど、同じ溶液でもインピーダンスの測定結果は大きくなる。電極間の距離L及び電極の面積Sが変わっていない場合に、セル定数L/Sが変われば、外筒5の外側のインピーダンスの影響を受けていることになる。そのため、所定の電気伝導率の被検液を用いてセル定数を測定する(あるいはセル定数を固定して所定の電気伝導率の被検液の電気伝導率を測定する)ことで、外筒5の外部のインピーダンスの影響の有無、程度を判断することができる。

【0041】

40

ここで、貫通孔6の形状が異なる外筒5について、測定値に対する影響について調べた。ここでは、比較例、本実施例の外筒5について調べた。比較例の外筒5では、本実施例の外筒5の貫通孔6に代えて、本実施例の外筒5の貫通孔6と実質的に同じ位置に、直径8mmの円形の貫通孔6が4つ設けられている。そして、比較例、本実施例の外筒5を同じ電気伝導率セル(東亜ディーケーケー株式会社製、CT-27112B)1に装着し、セル定数として同じ値である 250 m^{-1} を用いて被検液としての標準液の電気伝導率の測定を行った。標準液としては、25℃に温調したKCl水溶液(0.01 mol/L (旧JIS標準液C)、 0.1 mol/L (旧JIS標準液B)、 1 mol/L (旧JIS標準液A))を用いた。また、これら各標準液を用いて各例の電気伝導率セルを校正し、それぞれの標準液でのセル定数を求めた。

50

【 0 0 4 2 】

なお、上述のように異なる構成の外筒 5 を用いた他は、比較例及び本実施例の電気伝導率セル 1 の構成は実質的に同じであり、同一の計測装置を用いて、実質的に同じ環境で測定を行った。また、いずれの測定も外筒 5 の内部には気泡が実質的に無い状態で行った。実験に用いた電気伝導率セル 1 の主要部（電極部 2 の電極の構成や配置など）は、前述の本実施例の電気伝導率セル 1 と同等のものである。

【 0 0 4 3 】

結果を表 1、表 2 に示す。表 1（a）は、各例について電気伝導率の測定値と、各標準液の電気伝導率の理論値と、を示す。また、表 1（b）は、表 1（a）の結果に基づく、比較例の電気伝導率の測定値に対する本実施例の電気伝導率の測定値の差（相対値（％）：比較例の測定値を 100％とした場合の本実施例の測定値の 100 分率）を示す。表 2（a）は、各例の電気伝導率セルを各標準液で校正した場合のセル定数を示す。また、表 2（b）は、表 2（a）の結果に基づく、比較例の電気伝導率セルのセル定数に対する本実施例の電気伝導率セルのセル定数の差（相対値（％）：比較例のセル定数を 100％とした場合の本実施例のセル定数の 100 分率）を示す。

【 0 0 4 4 】

【表 1】

(a) 電気伝導率測定結果

	KCl 溶液 電気伝導率 (mS/m)		
	標準液C	標準液B	標準液A
比較例	140.6	1279	10820
実施例	139.3	1267	10730

(b) 電気伝導率測定結果の差

	比較例に対する相対値		
	標準液C	標準液B	標準液A
比較例	100.0%	100.0%	100.0%
実施例	99.1%	99.1%	99.2%

標準液A : KCl 1mol/L
 標準液B : KCl 0.1mol/L
 標準液C : KCl 0.01mol/L

【 0 0 4 5 】

10

20

30

40

50

【表 2】

(a) セル定数測定結果

	セル定数 (m^{-1})		
	標準液C	標準液B	標準液A
比較例	250.4	251.4	257.2
実施例	252.7	253.7	259.3

(b) セル定数測定結果の差

	比較例に対する相対値		
	標準液C	標準液B	標準液A
比較例	100.0%	100.0%	100.0%
実施例	100.9%	100.9%	100.8%

標準液A : KCl 1mol/L
 標準液B : KCl 0.1mol/L
 標準液C : KCl 0.01mol/L

【0046】

表1、表2からわかるように、いずれの標準液についても、比較例の外筒5を用いた場合と本実施例の外筒5を用いた場合とで測定値、セル定数のずれは1%未満である。このように、外筒5の貫通孔6を従来の円形から本実施例の形状に変更したことによる電気伝導率の測定値に対する影響はないことがわかった。

【0047】

4. 効果

本実施例の電気伝導率セル1を様々な条件で被検液に浸漬して確認したところ、従来の円形の貫通孔6を備えた外筒5を有する電気伝導率セル1よりも気泡を排出しやすいことがわかった。

【0048】

以上説明したように、本実施例によれば、貫通孔6の上方の隅部6dを略角形状、下方の隅部6eをR形状（あるいは円弧形状の辺）とすることで、隣接する貫通孔6の境界部分の特に上方に気泡が溜まりやすくなることを抑制することができる。これにより、貫通孔6を必要以上に大きくすることで外筒5の外側のインピーダンスが測定値に影響することを抑制しつつ、外筒5の貫通孔6を通した外筒5の内部から外部への気泡の排出をしやすくすることができる。

【0049】

[その他の実施例]

以上、本発明を具体的な実施例に即して説明したが、本発明は上述の実施例に限定されるものではない。

【0050】

上述の実施例では、電気伝導率セルは測定回路を備えた電気伝導率測定用プローブのセンサユニットとして構成されていたが、実質的に電気伝導率セルからなり、アナログ信号を計測装置本体に送り、計測装置本体が備えた測定回路によって電気伝導率が求められるものであってもよい。

【0051】

また、上述の実施例では電気伝導率セルは3極式のものであったが、2極式、4極式、5極式などのものであってもよい。

【符号の説明】

【0052】

- 1 電気伝導率セル（センサユニット）
- 2 電極部

10

20

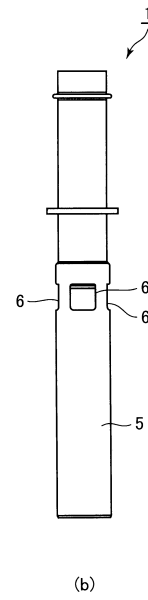
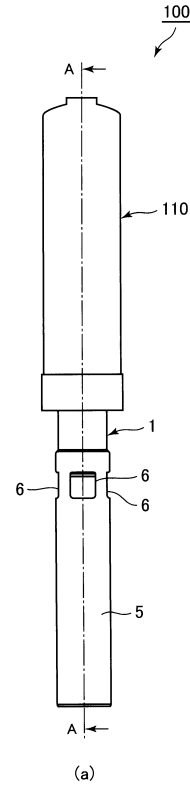
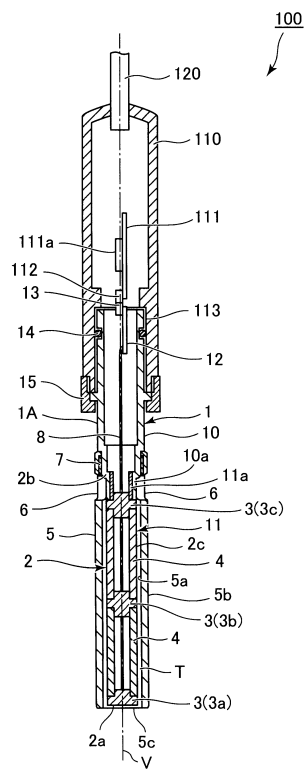
30

40

50

3 電極
5 外筒
1 0 0 電気伝導率測定用プローブ
1 1 0 測定ユニット
【図面】
【図 1】

【図 2】



10

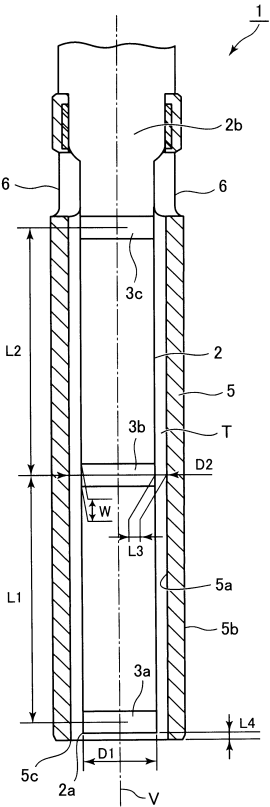
20

30

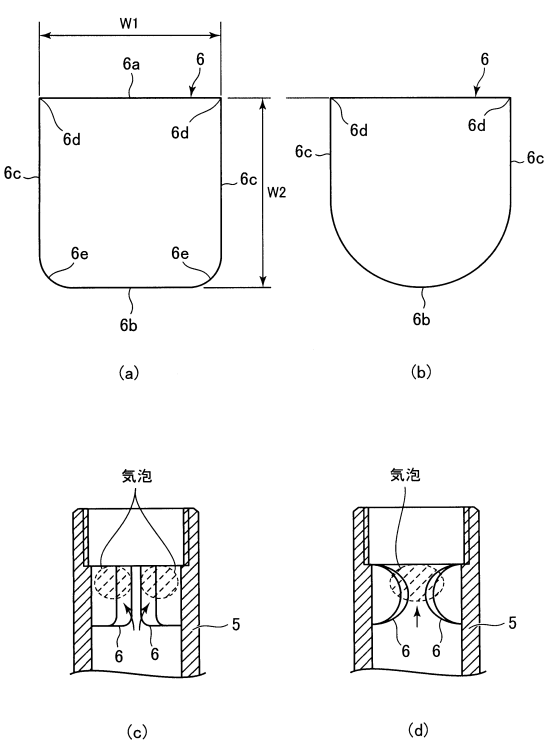
40

50

【図 3】



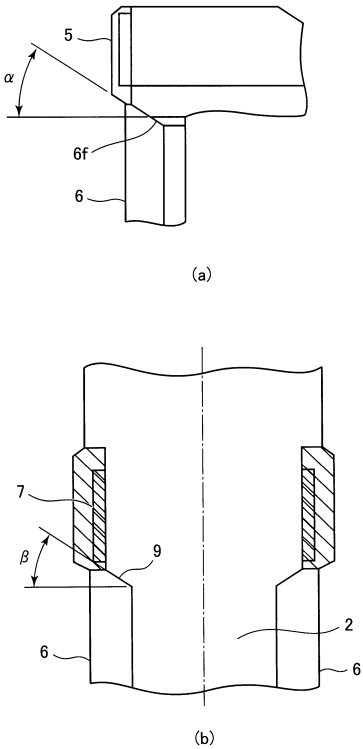
【図 4】



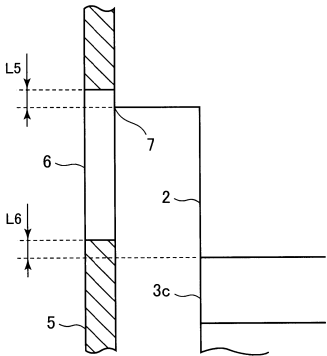
10

20

【図 5】



【図 6】

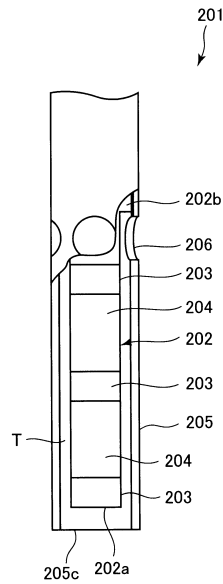


30

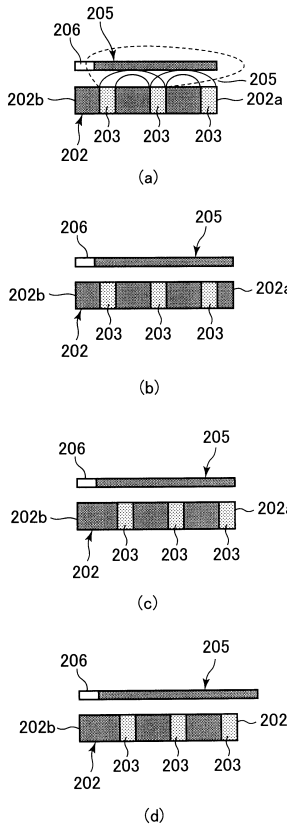
40

50

【 図 7 】



【 図 8 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

東京都新宿区高田馬場一丁目２９番１０号 東亜ディーケーケー株式会社内

(72)発明者 伊藤 芳晴

東京都新宿区高田馬場一丁目２９番１０号 東亜ディーケーケー株式会社内

審査官 村田 顕一郎

(56)参考文献 特開平０１－２５９２４９（ＪＰ，Ａ）

特開２００５－２９１９１４（ＪＰ，Ａ）

特開２００９－０２００６３（ＪＰ，Ａ）

特開平０１－２５４８５３（ＪＰ，Ａ）

国際公開第２００７／００４５８３（ＷＯ，Ａ１）

実開昭６２－２０３４４６（ＪＰ，Ｕ）

特開２００８－２１５９５４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野 (Int.Cl.，ＤＢ名)

G 0 1 N 2 7 / 0 0 - 2 7 / 1 0

G 0 1 N 2 7 / 1 4 - 2 7 / 2 4

G 0 1 R 2 7 / 2 2