[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
G01N 27/30

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01120332.3

[45] 授权公告日 2005 年 12 月 7 日

[11] 授权公告号 CN 1230678C

[22] 申请日 2001.7.24 [21] 申请号 01120332.3

[30] 优先权

[32] 2000. 7.25 [33] DE [31] 10036039.4

[71] 专利权人 梅特勒托莱多有限公司

地址 瑞士格赖芬塞

[72] 发明人 彼得·C·迈耶

审查员 汪妍瑜

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

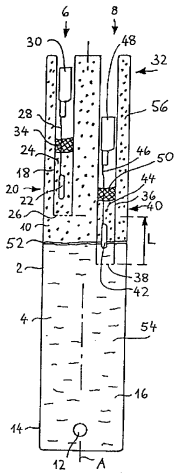
代理人 蹇 炜

权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 1 页

[54] 发明名称 电位测量的测量探头以及监控测量探头老化状态的方法

[57] 摘要

用于电位测量的测量探头具有围绕所围空间(4)的电绝缘材料外壳(2)。 在空间(4)内是基本参考部件(6)、辅助参考部件(8)、电解质(10)、以及离子渗透的、多微孔的、高粘度聚合物物质，该物质与电解质(10)组合以形成填充物质(16)。外壳(2)具有至少一个对外开口(12)，电解质(10)可以经过该开口接触到完成测量的样本溶液。 辅助参考部件(8)的安排使得随着时间从开口(12)向基本参考部件(6)前移的电解质不足区域(54)的边界(52)在到达基本参考部件(6)之前到达辅助参考部件(8)。



ISSN1008-4274

知识产权出版社出版

1、一种用于电位测量的测量探头，包括：

围绕所围空间的电绝缘材料外壳；

包含在所围空间内的基本参考部件、辅助参考部件、电解质、以及离子渗透的、多微孔的、高粘度聚合物物质，该物质与所述电解质组合而形成所述测量探头的填充物质；

其中，所述外壳具有至少一个开口，所述电解质可以经过所述至少一个开口接触到将要进行测量的溶液，以及

其中，所述辅助参考部件以这样一种方式安排，使得随着时间变化从所述至少一个开口向所述基本参考部件前移的电解质缺乏边界在到达所述基本参考部件之前到达所述辅助参考部件。

2、如权利要求 1 所述的测量探头，其中，所述基本参考部件包括一基本管筒，所述基本管筒包含了基本电极和基本电解质。

3、如权利要求 2 所述的测量探头，其中，所述基本管筒具有基本通道开口。

4、如权利要求 2 所述的测量探头，其中，所述基本管筒包括与所述基本电解质混合的基本聚合物物质，并且所述基本聚合物物质是与所述填充物质中聚合物物质相同的类型。

5、如权利要求 1 所述的测量探头，其中，所述辅助参考部件包括一辅助管筒，所述辅助管筒包含了辅助电极和辅助电解质。

6、如权利要求 5 所述的测量探头，其中，所述辅助管筒具有辅助通道开口。

7、如权利要求 5 所述的测量探头，其中，所述辅助管筒包括与所述辅助电解质混合的辅助聚合物物质，并且所述辅助聚合物物质是与所述填充物质中聚合物物质相同的类型。

8、如权利要求 2 所述的测量探头，其中，所述辅助参考部件包

括辅助电极，并且所述辅助电极有一端浸入在所述基本电解质中。

9、如权利要求 2 所述的测量探头，其中，所述辅助参考部件包括辅助电极，并且所述辅助电极的一端浸入在所述基本管筒之外的电解质中。

10、如权利要求 1 所述的测量探头，其中，所述基本参考部件和辅助参考部件其中至少一个包括在载体表面上作为导电线路形成的电极。

11、如权利要求 1 所述的测量探头，其中，所述电解质是在中性盐溶液中的中性盐之均匀分布粒子的悬浮物，所述中性盐具有相同迁移数的若干离子。

12、如权利要求 11 所述的测量探头，其中，该中性盐包括氯化钾。

13、如权利要求 12 所述的测量探头，其中，该溶液是至少部分含水氯化钾溶液，并且所述分布粒子的重量与所述聚合物物质干重的重量比为至少 30%。

14、如权利要求 13 所述的测量探头，其中，所述重量比在 30%和 1500%之间。

15、如权利要求 14 所述的测量探头，其中，所述重量比在 100%和 800%之间。

16、如权利要求 15 所述的测量探头，其中，所述重量比在 200%和 400%之间。

17、如权利要求 1 所述的测量探头，其中，测量探头被设计为参考电极。

18、如权利要求 1 所述的测量探头，其中，测量探头被设计为单棒测量链。

19、如权利要求 1 所述的测量探头，还包括用于监控基本参考部件的电位 V_1 和辅助参考部件的电位 V_2 之间差值的器件。

20、一种用于监控测量探头老化状态的方法，所述测量探头，包括：围绕所围空间的电绝缘材料外壳；包含在所围空间内的基本参考部件、辅助参考部件、电解质、以及离子渗透的、多微孔的、高粘度聚合物物质，该物质与所述电解质组合而形成所述测量探头的填充物质；其中，所述外壳具有至少一个开口，所述电解质可以经过所述至少一个开口接触到将要进行测量的溶液，以及其中，所述辅助参考部件以这样一种方式安排，使得随着时间变化从所述至少一个开口向所述基本参考部件前移的电解质缺乏边界在到达所述基本参考部件之前到达所述辅助参考部件，所述方法包括下面的步骤：

a）检测基本参考部件的电位 V_1 和辅助参考部件的电位 V_2 之间的差值（V_1-V_2），所述检测以连续模式和间歇模式中的一种实现；以及

b）当差值（V_1-V_2）超过先前规定的门限值时产生一个指示。

21、一种用于监控测量探头老化状态的方法，所述测量探头，包括：围绕所围空间的电绝缘材料外壳；包含在所围空间内的基本参考部件、辅助参考部件、电解质、以及离子渗透的、多微孔的、高粘度聚合物物质，该物质与所述电解质组合而形成所述测量探头的填充物质；其中，所述外壳具有至少一个开口，所述电解质可以经过所述至少一个开口接触到将要进行测量的溶液，以及其中，所述辅助参考部件以这样一种方式安排，使得随着时间变化从所述至少一个开口向所述基本参考部件前移的电解质缺乏边界在到达所述基本参考部件之前到达所述辅助参考部件，所述方法包括下面的步骤：

a）检测基本参考部件的电位 V_1 和辅助参考部件的电位 V_2 之间的差值（V_1-V_2），所述检测以连续模式和间歇模式中的一种实现；

b）确定所述差值（V_1-V_2）的变化率；以及

c）当变化率超过先前规定的门限值速率时产生一个指示。

电位测量的测量探头以及监控测量探头老化状态的方法

技术领域

本发明涉及用于电位测量的测量探头。该探头具有围绕所围空间的电绝缘材料外壳，该空间包含基本的参考部件和电解质。该外壳具有至少一个开口，经过该开口电解质能够与完成测量的样本溶液接触。密封的空间充满了离子渗透的、多微孔的、高粘度聚合物物质，它与电解质组合以形成测量探头的填充物质。本发明还涉及监控测量探头老化状态的方法，它还涉及在过程监控和过程控制的应用中测量探头的使用。

背景技术

一种广泛使用于离子浓度或氧化还原电位的电位测量的测量探头备有多孔材料的膜片。该膜片用于将通常包含在测量探头内以液体形式的参考和/或桥接电解质与测试溶液接触。特别在化学或微生物过程监控和过程控制应用中，该膜片可能受到污染，这种污染可能搞错测量的结果。

由 DE 34 05 431 C2 公知的另一种测量探头属于相同的通用类型测量探头，但它不具有膜片并且明显地不易受到污染。它具有电绝缘材料的外壳，具有包含参考部件和电解质的至少一个所围空间。该外壳具有至少一个开口，经过该开口电解质可以与外壳外的测试介质即完成测量的液体溶液接触。外壳内的所围空间充满了离子渗透的、多微孔的、高粘度聚合物物质，它与电解质组合以形成测量探头的填充物质。这种类型的结构确保即使测量的溶液被严重污染，参考部件测量的电位也是相当稳定的。另外，测量探头可以经受明显地超过

10 巴的压强水平。

前面描述的测量探头公知的问题是随着探头累积操作时间增加，一开始包含在聚合物物质中的电解质将以增加的程度迁移到测试溶液，这导致外壳内聚合物物质中逐渐扩散的电解质缺乏。聚合物物质中增加的电解质缺乏也称为测量探头的老化过程并且产生不希望的影响，当电解质缺乏最后到达参考部件时，参考部件测量的电位将会变化。因此，为了避免错误测量结果的风险，需要监控测量探头的老化过程。特别地，当电解质缺乏正在接近参考部件时，它应该可以被充分提前，即在一个足够的预先警告间隔检查到。

根据 DE 34 05 431 C2，通过使用在中性盐水溶液中具有相同迁移数量离子的中性盐的均匀分布粒子的悬浮物组成的电解质可以解决检测预先电解质缺乏的问题。聚合物物质和中性盐悬浮物一起形成由于悬浮物中盐粒子而具有浑浊表面的凝胶。由于随着老化过程的推移使浑浊度逐渐消失，测量探头的老化状态能够可见地检测到。浑浊度减少的原因是悬浮的中性盐粒子继续溶入溶液直到到达最后的状态，这里基本上没有悬浮的粒子留下，因此浑浊度被大大地减弱。已经发现在老化过程中，清楚的可见边界在中性盐粒子均匀悬浮的凝胶浑浊部分和中性盐粒子已经溶入溶液的比较清楚的部分之间形成。当边界随着时间从外壳的开口向参考部件前移时，测量探头的状态以及老化速度可以通过聚合物凝胶中边界的视觉观察来确定。

然而，根据 DE 34 05 431 C2 的测量探头具有一些缺点。为了监控老化状态，需要能够清楚地看到测量探头所围空间的内部。这使得不可能使用非透明材料用于外壳，如果透明外壳被表面沉积物污染也会产生问题。如果所围空间中凝胶变色或污染会产生另外的严重问题，例如由于来自测试溶液的有色物质的浸入或污物粒子的渗入，这使得实际上不可能可视地检测到电解质缺乏的边界。还有一个缺点是电解质需要在中性盐水溶液中具有相等迁移数量的离子的中性盐均

匀分布粒子的悬浮液，这个条件排除了在测量探头中使用其他种类的电解质。

发明内容

本发明的第一个目的是提供没有上述缺点的改进的测量探头。本发明的另一个目的是提供监控测量探头老化状态的方法，第三个目的是建议使用改进的测量探头。

本发明提供一种用于电位测量的测量探头，包括：围绕所围空间的电绝缘材料外壳；包含在所围空间内的基本参考部件、辅助参考部件、电解质、以及离子渗透的、多微孔的、高粘度聚合物物质，该物质与所述电解质组合而形成所述测量探头的填充物质；其中，所述外壳具有至少一个开口，所述电解质可以经过所述至少一个开口接触到将要进行测量的溶液，以及其中，所述辅助参考部件以这样一种方式安排，使得随着时间变化从所述至少一个开口向所述基本参考部件前移的电解质缺乏边界在到达所述基本参考部件之前到达所述辅助参考部件。

在根据前面描述的测量探头中，通过使用本发明类似部分的方法监控老化状态，其步骤为：

a）连续地或间隔地检测基本参考部件和辅助参考部件的相应电位 V_1 和 V_2 之间的差值（V_1-V_2），以及

b）当电位之间的差值超过先前规定的门限值时，和/或如果电位之间的差值以超过先前规定的门限值速率变化时产生一个信号。

本发明还包括在过程监控和过程控制应用中使用本发明的测量探头。

借助于本发明概念，在测量探头所围空间中安排辅助参考部件，使得从开口向基本参考部件前移的电解质缺乏在到达基本参考部件之前到达辅助参考部件，因此不再需要可见地检查所围空间来确定测量探头的老化状态。特别地，本发明的测量探头可以具有不透明的外壳，或者它可以是设备的一个内置部分。另外，如果外壳被污染覆盖

也可以监控老化状态，如果测量探头用于不干净或泡沫的样本溶液也是这种情况。另外，本发明的测量探头不要求上述现代化探头所需的特别类型的电解质来可视地确定电解质缺乏的边界。这样，可以广泛地选择可利用的电解质用于与聚合物物质组合，而没有先前在中性盐水溶液中具有相等迁移数量离子的中性盐均匀分布粒子的悬浮物的限制。特别地，本发明的测量探头可以采用在适当的溶剂中包括饱和或接近饱和的中性盐溶液，例如在水中氯化钾的接近饱和溶液的电解质。

借助于本方法连续地或间歇地监控基本参考部件和辅助参考部件的电位之间的差值，根据门限值或变化的门限值速率，可以可靠地确定测量探头的老化状态。特别地，本发明提供自动监控功能的适宜的方式。这样，本发明的测量探头能够有益地用于过程监控和过程控制的应用。

在本发明优选实施例中，基本参考部件被配置为包含基本电极和基本电解质的基本管筒。基本电解质和探头外壳内所围空间中电解质之间所需的电接触能够以公知的方式通过例如玻璃纤维绒线或棉纱的扩散区域来建立。另一方面，基本的管筒可以具有一个基本通道开口。基本电解质的选择一般取决于基本电极的设计，但也取决于所围空间中电解质的结构和特性。在本发明的一个实施例中，基本电解质与用于填充物质的相同聚合物物质混合。

在本发明有益的实施例中，辅助参考部件被配置为包含辅助电极和辅助电解质的辅助管筒。类似于基本管筒，辅助管筒可以具有辅助通道开口，提供的辅助电解质可以与用于填充物质的相同聚合物物质的混合。

在本发明有益的实施例中，辅助电极的一端浸入在基本电解质中。在另一个实施例中，辅助电极的一端浸入在基本管筒外区域的测量探头所围空间的电解质中。这两个辅助电极装置的优点是它们延长

了从探头开口到基本参考部件前移的电解质缺乏边界的距离，使得测量探头在到达老化过程结束之前延续更长的时间。

基本的电极和/或辅助电极可以配置为公知设计的导线电极，例如采用银导线的形式，它的一端涂有氯化银并且浸入在相应电极的电解质中。另一方面，参考部件中至少一个可以具有例如在参考部件管筒的内或外壁表面上或者在测量探头外壳的内壁表面上放置的导电线路（track）形式的电极。

在本发明特别的优选实施例中，测量探头外壳所围空间中的电解质是在中性盐溶液中的中性盐之均匀分布粒子的悬浮物，所述中性盐具有相同迁移数的若干离子。它的优点是全部填充物质包含相当多的电解质，这有益于测量探头很长的工作周期。已经证明氯化钾是对于中性盐特别有益的选择。最好是含水或部分含水的氯化钾溶液中氯化钾细小粒子的悬浮液。悬浮的氯化钾重量与聚合物物质的干重的重量比例应该是至少 30%，并且可以高到 1500%。较好的范围在 100%和 800%之间，最好是 200%到 400%。

根据本发明另一个实施例，测量探头被配置为一个参考电极，使得测量探头能够用作参考部件，例如 pH 电极或另一个测量电极。在本发明另一个优选实施例中，测量探头被配置为单棒测量链（single-rod measuring chain），它的优点是紧凑并且操作简单。

根据本发明的优选测量探头还备有一个用于监控基本参考部件和辅助参考部件的相应电位之间差值的器件。这使得测量探头特别适合应用于过程监控和/或过程控制。

附图说明

图 1 表示配置为参考电极的测量探头的纵剖面；

图 2 表示测量探头的纵剖面(通过切去图中的中间部分而缩短)，其中电解质缺乏区域的边界迁移路径变得更长；

图 3 表示另一个测量探头上面部件的纵剖面，其中电解质缺乏区域的边界迁移路径变得更长。

具体实施方式

图 1 说明配置为具有管状外壳 2 的参考电极的测量探头，通常称为电极轴并且包括电绝缘材料，例如玻璃或聚合物材料如聚芳基醚酮（PAEK），特别是聚醚酮（PEEK）。外壳 2 围绕包含基本参考部件 6、辅助参考部件 8 以及电解质 10 的所围空间 4。外壳 2 具有开口 12，使得当测量探头浸入样本溶液（未示出）时，电解质 10 与样本溶液接触。在说明的例子中，开口 12 作为外壳 2 的末端部件 14 的通道孔。所围空间 4 填满离子渗透的、高粘度、多微孔的聚合物材料，它与电解质 10 组合以形成填充物质 16。为了防止填充物质 16 经过开口 12 从外壳流出，填充物质在测量探头的正常工作温度范围中应该是高粘性的或者甚至是固态的。由于聚合物填充物质满足这个准则，丙烯酰胺和氮的共聚物即 N^1-methylene-bis-acrylamide 已经被尝试并且被证明。

基本参考部件 6 被配置为在一侧开口并且包含已知电位的基本电极 20 的管筒 18。例如，基本电极被采用浸入基本电解质 24 的氯化银导线 22 配置为 Ag/AgCl 电极。为了防止基本电解质 24 从管筒 18 的开口端 26 流出，基本电解质 24 被密封在离子渗透的、多微孔的聚合物物质的孔隙中，最好是如填充物质 16 相同的材料。在远离开口端 26 的一侧，基本参考部件 6 具有一个插入触点 30，经过导电引线 28 例如铂丝与基本电极 20 连通。插入触点 30 用于建立一个连接到包含在测量探头或外壳外的顶部 32 中的电路部件。另外，基本参考部件 6 包含例如玻璃或聚合物材料的密封插头 34，以防止插入触点 30 接触到基本电解质 24。代替轴向面开口 26，如果需要，基本参考部件 6 可以具有横向开口。

作为本发明例子的图 1 中说明的测量探头具有实际上与基本参考部件 6 相同的辅助参考部件 8。这样，辅助参考部件 8 具有带开口端 38 的管筒 36 和配置为具有浸入在辅助电解质 44 的氯化银导线的 Ag/AgCl 电极的辅助电极 40。辅助电解质 44 密封在离子渗透的、多微孔的聚合物物质的孔隙中，最好是如填充物质 16 相同的聚合物材料。另外，辅助参考部件 8 具有插入触点 48，它经过导体 46 例如铂丝与辅助电极 40 连通。插入触点 48 用于建立一个连接到包含在测量探头或外壳 2 外的顶部 32 中的电路部件。另外，辅助参考部件 8 包含例如玻璃或聚合物材料的密封插头 50，以防止插入触点 48 接触到辅助电解质 44。

如图 1 所示，基本参考部件 6 和辅助参考部件 8 在测量探头中位于并行但交错的位置，基本参考部件 6 的开口端 26 比辅助参考部件 8 的开口端 38 更远离开口 12。如下面进一步详细讨论的，交错安排的效果是电解质缺乏区域54的前移边界52将在到达基本参考部件 6 之前到达辅助参考部件 8。

作为最优的选择，电解质 10、基本电解质 24 和辅助电解质 44 在氯化钾水溶液中包含微小粒子的氯化钾悬浮体。悬浮的氯化钾的重要与聚合物物质的干重的重量比例应该至少是 30%，并且可以高到 1500%。较好的范围在 100%和 800%之间，最好在 200%到 400%。代替水溶液，也可以使用部分水溶液的氯化钾，例如在水和甘油或乙二醇的混合物中的氯化物溶液。它的效果是减少了水的部分蒸汽压力，这在高温应用时是特别需要的。另一方面，电解质 10 和/或基本电解质 24 和/或辅助电解质 44 能够与聚合物物质一起形成固相电解质。

因为测量探头的老化状态随着累积的操作时间的增加而发展，即一开始包含在填充物质 16 中的钾离子和氯化物离子的电解质 10 的增加部分迁移到样本溶液中。因此，所围空间 4 将被分为所有悬浮

的 KCl 粒子已经溶解的电解质缺乏区域 54 和 KCl 还没有用尽的非缺乏区域 56。将区域 54 和 56 分开的边界区域 52 随着时间从开口 12 向测量探头的内部前移。

代替 KCl 粒子的悬浮液，你也可以使用在水中近似于 3 克分子浓度氯化钾的接近饱和的溶液。然而，它的缺点是测量探头具有较短的工作时间，因为一开始分布在填充物质 16 中氯化钾的量小于采用电解质悬浮液的情况。

在图 1 的例子中，电解质缺乏的边界 52 实际上沿着外壳 2 的纵轴 A 前移。如图 1 所示，在边界 52 已经到达并且已经通过辅助参考部件 8 的开口端 38 之后，辅助参考部件 8 的内部将变得辅助电解质 44 缺乏。这将引起辅助电极 40 先前恒定的电位 V_2变化。通过连续使用测量探头，边界 52 将前移到基本参考部件 6，这里它将引起基本电极 20 的电位 V_1变化。

在使用测量探头时，采用本身公知的方式使用基本参考部件以完成例如在过程监控或过程控制应用中规定的电位测量。通过参考部件的交错安排，当电解质缺乏引起辅助电极 40 的电位变化时存在时间上的延迟间隔，直到基本电极 20 的电位产生不希望的变化为止。因此，电位差 V_1-V_2第一次产生的变化可以用于提前警告基本电极 20 电位 V_1不希望的变化。时间延迟取决于相互交错的参考部件轴向的偏置 L 并且取决于边界 52 前移的速度。前移的速度又取决于填充物质 16 的材料特性并且还取决于测量探头的工作条件。对于一个给定种类的应用，可以直接通过尝试试验确定时间延迟。如果基本电极 20 和辅助电极 40 实际上是相同的，电极电位差 V_1-V_2在初始状态即在电解质变为缺乏之前实际上是零。

在监控测量探头的老化状态时，实际上是连续地或以某一时间间隔将电极电位差 V_1-V_2与规定的警告门限值比较。另外或另一种情况，电极电位差 V_1-V_2的变化率可以与规定的门限值速率比较。如果

已经发现超过门限值，这将作为一个信号，即必须立刻或者在规定的附加工作时间间隔之后进行适当的测量。例如，测量探头必须被替换，或者它的填充物质必须重新产生。

图 2 说明一种明显延长边界区域前移路径的测量探头。该测量探头具有电绝缘材料例如玻璃或聚合物材料如聚芳基醚酮（PAEK），特别是聚醚酮（PEEK）的管状外壳 102。外壳 102 中的所围空间 104 包含基本参考部件 106、辅助参考部件 108 以及电解质 110。外壳 102 的一端部分 114 具有开口 112。所围空间 104 填满离子渗透的、高粘度、多微孔的聚合物物质，它与电解质 110 一起形成填充物质 116。填充物质 116 最好具有如图 1 例子相同的结构。

如图 2 说明的，基本参考部件 106 被配置为具有管子 118 的管筒，该管子实际上并行于外壳 102 并且在一端开口，它的定向使得管筒管子 118 的开口端 120 面对测量探头外壳 102 开口 112 的相反方向。基本参考部件包含具有公知电极电位的基本电极 122。在说明的例子中，基本电极是 Ag/AgCl 电极，它具有一端被氯化并且被浸入在基本电解质 126 中的银线 124。为了防止基本电解质 126 流出管筒管子 118 的开口 120，电解质被密封在离子渗透的、多微孔的聚合物物质的孔隙中，最好如同在填充物质 116 中。银线 124 的氯化端部分 128 被有益地安排在管筒管子 124 的密封端 130 的附近。在外壳 102 的顶部 134，导电引线 132 例如铂丝经过密封 136 例如玻璃或塑料密封将银线 124 连接到外部插入触点 138。

辅助参考部件 108 安排在管筒管子 118 的开口端附近并且具有带末端部分被氯化的银线 142 的辅助电极 140。氯化的银导线浸入在管筒管子 118 开口端 120 附近的基本电解质 126 部分中。这样，在这种情况下基本电解质还用作辅助电解质。在外壳 102 的顶部 134，辅助电解质 140 经过穿过密封 136 的导电引线 144 连接到外部插入触点 146。

在图 2 的例子中，电解质缺乏区域沿着首先导向管筒管子 118 的开口端的路径从开口 112 前移，然后转到向下方向并且一直继续经过管筒管子进入到密封端 130 附近的区域。图 2 说明电解质缺乏部分的边界 148 已经进入到管筒管子 118 内部的情况。

作为图 2 装置的另一种情况，图 3 说明辅助电极 140a 安排在管筒管子 118 外部的配置。最好具有氯化端部分的银线 142a 立刻浸入在管筒管子 118 的开口端 120 外的电解质 110 部分中。

代替附图示出的导线电极，你可以采用本身公知的概念，使用导电线路形式的电极。在前面实施例的任何一个中，这样的线路可以放置在参考部件管筒内壁表面或外壁表面上或者在探头外壳的内壁表面上。

除了前面设计用于离子浓度或氧化还原电位测量的实施例以外，还可能将本发明的测量探头集成在单棒测链中。在这种情况下，测量电极例如 pH 电极需要加到测量探头上。作为最好的配置，例如 DE 34 05 431 C2 的图 4 所示，测量电极被安排在环形参考电极内的中心管运行的轴向方向上。

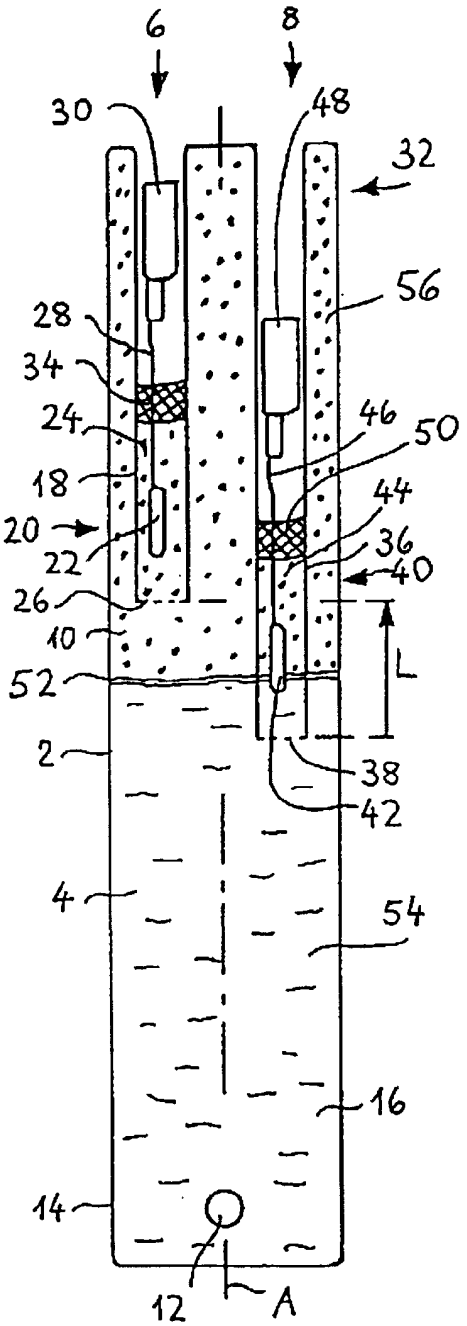

6
8
30
48
32
56
28
34
24
46
50
18
44
20
22
36
40
26
10
52
L
2
38
42
4
54
16
14
12
A

图 1

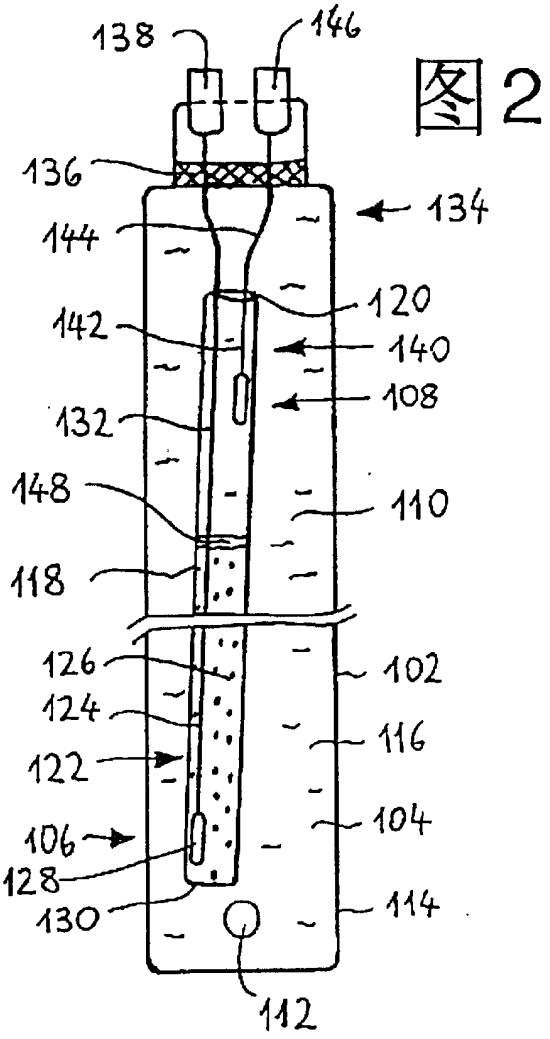

138
146
136
134
144
120
142
140
108
132
148
110
118
126
102
124
116
122
104
106
128
114
130
112

图 2

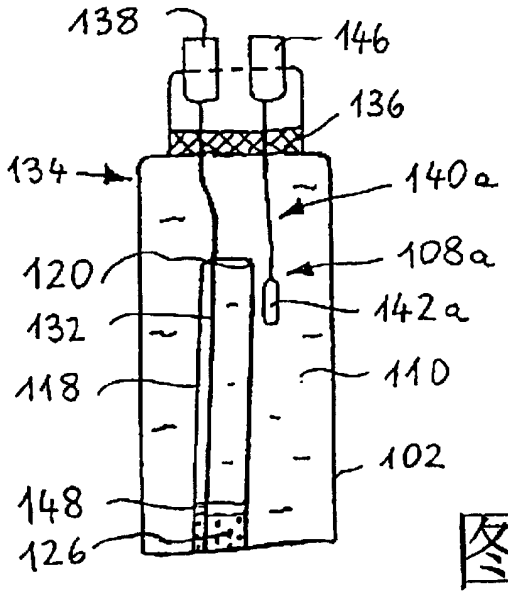

138
146
136
134
140a
108a
120
142a
132
110
118
102
148
126

图 3