



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204631135 U

(45) 授权公告日 2015. 09. 09

(21) 申请号 201520268897. 6

(22) 申请日 2015. 04. 29

(73) 专利权人 浙江大学

地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路  
38 号

(72) 发明人 王晓萍 张冰 余翔 潘乐乐  
吕蒙

(74) 专利代理机构 杭州天勤知识产权代理有限  
公司 33224

代理人 胡红娟

(51) Int. Cl.

G01R 27/22(2006. 01)

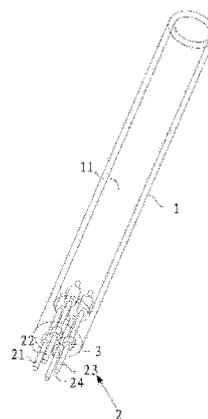
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 实用新型名称

一种水溶液电导率检测装置

(57) 摘要

本实用新型公开了一种水溶液电导率检测装置,包括带有探测头的检测本体和激励模块,所述探测头上设有四根测量电极,激励模块加载到其中两个相邻的测量电极之间,所述激励模块包括交流电压源以及将激励电压转换成激励电流的可调电阻,所述可调电阻为多个阻值不同的电阻,各电阻通过多路模拟开关并联接入所述交流电压源;实用新型采用被激励的测量电极与响应的测量电极分离的结构,减小了测量电极极化效应和双电层效应对测量造成的影响,采用交流电压源替代交流电流源,有效克服了交流电流源设计复杂且成本较高的问题,并能实现大量程范围的水溶液电导率测量,应用范围更广。



1. 一种水溶液电导率检测装置,包括带有探测头的检测本体和激励模块,所述探测头上设有四根测量电极,激励模块加载到其中两个相邻的测量电极之间,其特征在于,所述激励模块包括交流电压源以及将激励电压转换成激励电流的可调电阻,所述可调电阻为多个阻值不同的电阻,各电阻通过多路模拟开关并联接入所述交流电压源。

2. 如权利要求 1 所述的水溶液电导率检测装置,其特征在于,所述检测本体为带有空腔的测量杆,空腔内安装激励模块和测量模块,所述探测头位于测量杆的端部。

3. 如权利要求 2 所述的水溶液电导率检测装置,其特征在于,所述测量杆的制造材料采用聚四氟乙烯。

4. 如权利要求 1 所述的水溶液电导率检测装置,其特征在于,所述测量电极的制造材料采用金属钛。

5. 如权利要求 1 所述的水溶液电导率检测装置,其特征在于,还包括:

第一采样电路,用于采集所述可调电阻的电压;

第二采样电路,用于采集响应端的两个测量电极之间的电压;

控制单元,用于接收来自第一采样电路和第二采样电路的采样信号,对应的控制多路模拟开关的导通状态。

6. 如权利要求 5 所述的水溶液电导率检测装置,其特征在于,还包括连接在两个采样电路与控制单元之间的切换电路,用于间隔地将来自第一采样电路和第二采样电路的采样信号输入控制单元。

7. 如权利要求 6 所述的水溶液电导率检测装置,其特征在于,第一采样电路为第一放大器,其输出端接入切换电路的第一输入端;

第二采样电路为第二放大器,其输出端接入切换电路的第二输入端。

8. 如权利要求 7 所述的水溶液电导率检测装置,其特征在于,切换电路为继电器,所述第一输入端和第二输入端分别对应继电器的常开和常闭触点中的一者。

9. 如权利要求 8 所述的水溶液电导率检测装置,其特征在于,所述切换电路的输出端通过 A/D 转换器接入控制单元。

10. 如权利要求 7 所述的水溶液电导率检测装置,其特征在于,第一放大器的两个输入端连接在可调电阻两端,第二放大器的两个输入端分别连接一个响应端的测量电极。

## 一种水溶液电导率检测装置

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及溶液电导率检测技术,特别涉及一种水溶液电导率检测装置。

### 背景技术

[0002] 电导率是水体的基本参数,是衡量水质的重要标准。在食品卫生行业、各类理化检测实验室、化工工业及半导体行业等领域中,需要通过测量电导率来检测所用的纯水是否满足生产和实验要求(一级纯水的电导率  $0.055 \mu\text{S}/\text{cm}$ )。在水质监测领域中,电导率作为重要的水质参数,可以反映水体的质量状况,预测水质发展的趋势,为水质监测提供必不可少的科学依据。在研究海洋科学和海洋应用领域,通过测量电导率,可以得到海水盐度、海水密度、海水声速等重要信息,而这些信息对于海洋科学研究、海洋经济与国防建设、海洋环境保护与检测都有着极其重要的价值。

[0003] 水溶液的电导率测量通常根据实际需要,选择实验室电导率仪或在线电导率仪,实验室电导率仪(如美国 NIST 设计的 JONES 型电导池)测量精度较高,但对测量环境有严格的要求,需要保证在密封、恒温的条件下进行,因此测量实用性不高。目前市面上的在线电导率仪通常采用传统的二电极测量体系,但是电极的极化作用、外界温度等因素会影响测量精度,无法保证测量的准确性。另外,上述大部分电导率仪都存在测量范围较小的问题,无法满足实际使用时大量程范围测量的需要。

[0004] 专利号 CN 103412192 A 所示的纯水电导率测量系统,将范德堡(VDP)法引入水溶液电导率的绝对测量,提出了一种封闭式电导池测量方式,在探测头上设有四根等高且中心对称布置的测量电极,以微电流源施加激励信号到其中两个同侧的测量电极上,并将电导池置于恒温水浴箱上,然后通过测量响应端的两个测量电极上的电压来计算得到电导率。该测量方法可以得到准确的测量结果,但是对测量条件提出了较高要求,同时微电流源开发困难且成本较高,不适用于开放式水溶液的测量和大范围推广。

[0005] 通过调研,国内目前尚没有适用于宽量程段的水溶液电导率测量的相关研究;而国外的研究主要针对  $1000 \mu\text{S}/\text{cm}$  以上的高值段水溶液测量,并未开展对全量程段电导率测量的研究。因此,研究溶液电导率的测量方法,开发出一套可适用于各个量程段水溶液电导率测量的检测装置具有十分重要的意义。

### 实用新型内容

[0006] 本实用新型提供了一种水溶液电导率检测装置,结构简单,维护方便,且可以实现多个量程段水溶液电导率的浸入式测量。

[0007] 一种水溶液电导率检测装置,包括带有探测头的检测本体和激励模块,所述探测头上设有四根测量电极,激励模块加载到其中两个相邻的测量电极之间,所述激励模块包括交流电压源以及将激励电压转换成激励电流的可调电阻,所述可调电阻为多个阻值不同的电阻,各电阻通过多路模拟开关并联接入所述交流电压源。

[0008] 所述多路模拟开关根据待测量溶液的电导率数量级,控制接入哪个电阻,使本实

用新型具有不同的量程,适用于多个量程段水溶液测量。

[0009] 本实用新型采用交流电压源作为激励源,通过可调电阻转换成激励电流施加到两个相邻的测量电极之间,在测量开放式水域的水溶液时,通过测量可调电阻两端的电压为  $U_R$ ,得到激励电流为  $I = U_R/R$ ,测量两个响应端的测量电极之间的待测溶液的响应电压为  $U_{out}$ ;此时溶液的当量电阻  $\bar{R} = U_{out}/I = U_{out} R/U_R$ ,将  $\bar{R}$  代入范德堡原理公式可得溶液电导率计算公式如下所示:

$$[0010] \quad \sigma = \frac{a\kappa}{R} = a\kappa \frac{U_R}{U_{out}R}$$

[0011] 式中  $a$  为标定系数,可以通过测量多种标准溶液,得到的多组  $U_{out}$ 、 $U_R$ ,结合电极的电导池常数  $\kappa$  和可调电阻  $R$  的阻值,通过拟合,完成对  $a$  标定。

[0012] 标定完成后,可使用本实用新型测量不同溶液的电导率,测量  $U_{out}$ 、 $U_R$ ,结合电极的电导池常数  $\kappa$ ,可调电阻  $R$  的阻值以及标定数值  $a$ ,即可得到溶液的电导率。上述标定和测量过程可以使用直接测量  $U_{out}$ 、 $U_R$  的仪器,例如电压表,然后工作人员根据公式计算,也可以利用采样电路采集  $U_{out}$ 、 $U_R$ ,输入计算模块进行计算后得到结果。

[0013] 本实用新型通过控制可调电阻的阻值和激励电压的频率,来改变激励电流的强度和频率,实现使用同一装置对不同范围电导率的测量,具有广阔的应用范围,同时采用交流电压源替代现有技术的交流电流源,有效克服了交流电流源设计复杂且成本较高的问题,大大降低了测量装置的开发成本,提高了装置的实用性。

[0014] 为了使用方便,优选的,所述检测本体为带有空腔的测量杆,空腔内安装激励模块和测量模块,所述探测头位于测量杆的端部。所述测量杆可伸入较狭小的容器进口,提高了本实用新型的实用性。

[0015] 为了进一步提高检测的准确性,优选的,所述测量杆的制造材料采用聚四氟乙烯。四氟乙烯材料均具有良好的化学稳定性,不会被一般腐蚀溶液腐蚀,防止影响检测结果。

[0016] 进一步优选的,所述测量电极的制造材料采用金属钛。金属钛也具有的化学稳定性,不会溶于一般的腐蚀溶液。

[0017] 为了实现多路模拟开关根据待测溶液的电导率数量级来调整可调电阻,优选的,还包括:

[0018] 第一采样电路,用于采集所述可调电阻的电压;

[0019] 第二采样电路,用于采集响应端的两个测量电极之间的电压;响应端的两个测量电极未加载激励电流的两个测量电极。

[0020] 控制单元,用于接收来自第一采样电路和第二采样电路的采样信号,对应的控制多路模拟开关的导通状态。

[0021] 多路模拟开关的导通状态控制接入的电阻,当可调电阻的电压  $U_R$  或两个响应端的测量电极之间的电压  $U_{out}$  超出可测量范围,则控制单元调整接入的电阻,从而调节激励电流的大小,使待测的  $U_{out}$  和  $U_R$  在调节在可测量范围内。

[0022] 为了简化电路,控制单元使用同一接口连接两采样电路,优选的,还包括连接在两个采样电路与控制单元之间的切换电路,用于间隔地将来自第一采样电路和第二采样电路的采样信号输入控制单元。

[0023] 为了简化电路,两采样电路采用现有的放大器,优选的,第一采样电路为第一放大器,其输出端接入切换电路的第一输入端;

[0024] 第二采样电路为第二放大器,其输出端接入切换电路的第二输入端。

[0025] 进一步优选的,切换电路为继电器,所述第一输入端和第二输入端分别对应继电器的常开和常闭触点中的一者。通过继电器切换两个放大器,线路结构简单,运行稳定。

[0026] 采集电压控制电阻的方式很多,控制单元可以通过纯硬件电路实现,也可以通过软件编程实现,采用软件实现,电路结构更为简单,优选的,所述切换电路的输出端通过 A/D 转换器接入控制单元。控制单元利用转换器得到电压的数字信号,通过程序计算,得到判定结果,根据结果控制调节多路模拟开关实现电阻的调节。例如参考文献:胡继胜.一种量程自动转换技术 [J]. 安徽纺织职业技术学院学报,2003,2(3):15-16. 提供了一种通过软件来实现采集电压控制载电阻的控制系统。

[0027] 为了便于采集电压,优选的,第一放大器的两个输入端连接在可调电阻两端,第二放大器的两个输入端分别连接一个响应端的测量电极。

[0028] 实用新型的有益效果:

[0029] 本实用新型的水溶液电导率检测装置,采用交流电压源替代交流电流源,有效克服了交流电流源设计复杂且成本较高的问题,大大降低了测量装置的开发成本,提高了装置的实用性,并能实现大量程范围的水溶液电导率测量,应用范围更广。

## 附图说明

[0030] 图 1 为本实用新型的结构示意图。

[0031] 图 2 为本实用新型的电路结构示意图。

## 具体实施方式

[0032] 如图 1 和图 2 所示,本实施例的水溶液电导率检测装置包括:带有空腔 11 的测量杆 1,测量杆 1 的一端设有探测头 2,探测头 2 上设有四根等高且中心对称布置的测量电极 21、测量电极 22、测量电极 23 和测量电极 24,空腔 11 内安装激励模块和测量模块(图中未画出),激励模块包括交流电压源以及将激励电压转换成激励电流的可调电阻,激励电流加载在测量电极 21 和测量电极 22 之间;可调电阻为 3 个阻值不同的电阻 R1、电阻 R2 和电阻 R3,三个电阻通过多路模拟开关接入交流电压源。

[0033] 还包括采集可调电阻上的电压信号的第一放大器,采集测量电极 23 和测量电极 24 之间的电压信号的第二放大器,接收采集的电压信号的控制单元,连接在两个放大器和控制单元之间用于间隔地将第一放大器或第二放大器输入控制单元的继电器,继电器的输出端通过 A/D 转换器接入控制单元。

[0034] 本实施例中,交流电压信号由 AD 9833 提供,多路模拟开关采用 ADG1404,单片机采用 68013,单片机的接口 P1.0 和 P1.1 接入多路模拟开关,第一放大器和第二放大器都采用 AD620。

[0035] 控制单元根据采集电压转换的数字信号,通过程序计算,根据判定结果控制多路模拟开关调节接入电阻以完成量程的调节。

[0036] 各测量电极以对称中心为圆心、径向可调安装,探测头的端面设有四个分别容纳

各测量电极且沿径向延伸的调节槽,各测量电极带有定位的锁紧螺母 3。

[0037] 测量杆 1 的制造材料采用聚四氟乙烯,各测量电极的制造材料采用金属钛,长度都为 4.4mm。

[0038] 本实施例首先要进行 a 标定,标定过程如下:

[0039] 根据配置标准,使用氯化钠和去离子水配制一系列不同电导率值的标准溶液,标定过程中,四根测量电极伸入标准溶液中,测量时,施加激励电压,等待 1 ~ 2 分钟,通过测量  $U_{out}$ 、 $U_R$ ,结合电极的电导池常数  $\kappa$  和可调电阻 R 的阻值,计算得到本组的检测数据,更换不同电导率值的标准溶液,重复上述步骤,得到多组检测数据,建立标准电导率和使用本实施例检测数据的关系模型,标定的数据如下表所示:

[0040]

标准电导率 ( $\mu S/cm$ )	本实施例的检测数据
18.45	0.302
100.21	2.123
499.80	10.497
998.60	21.108
4995	105.289
10010	211.081
22270	466.479
52080	1092.792

[0041] 通过拟合,可以建立溶液电导率和本实施例检测数据的线性关系:标定系数  $a = 47.61 \pm 0.12$ ,相关系数  $r^2 = 0.99998$ 。

[0042] 完成标定后,即可对不同的溶液检测电导率,以纯净水、桶装饮用水、自来水、西湖湖水、海水这几种实际水样样品,用完成标定的本实施例的装置进行测量。将探测头置于待测水样中,使测量电极完全浸没,在交流电压源激励下,对数据进行采集分析,在测量过程中,由于不同的溶液,电导率的数量级不同,则两测量电极上的电阻值的数量级不同,使激励电流的数量级不同,为了使  $U_{out}$ 、 $U_R$  在测量范围内,控制模块会自动根据采集到的电压对可调电阻进行阻值的调整,从而调节激励电流,使  $U_{out}$ 、 $U_R$  在测量范围内,从而实现对具有不同数量级的电导率的溶液进行测量。

[0043] 本实施例中,还同时采用高精度 Mettler Toledo 电导率仪测量样品的电导率值进行对照,测量结果如下表所示:

[0044]

水样类型	Mettler Toledo ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	本实施例 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	测量相对误差
纯净水	2.78	2.85	2.53%
桶装饮用水	90.24	89.59	0.72%
自来水	192.38	190.57	0.94%
西湖湖水	200.49	199.17	0.66%
海水	30180	30010	0.57%

[0045] 由结果可见,在不同范围段的实际水样,除小于  $10 \mu\text{S}/\text{cm}$  纯净水的测量误差偏大外,其他水样的测量相对误差均小于 1.0%。表明本实施例的装置能够满足实际生活中大多数水体的测量需求。

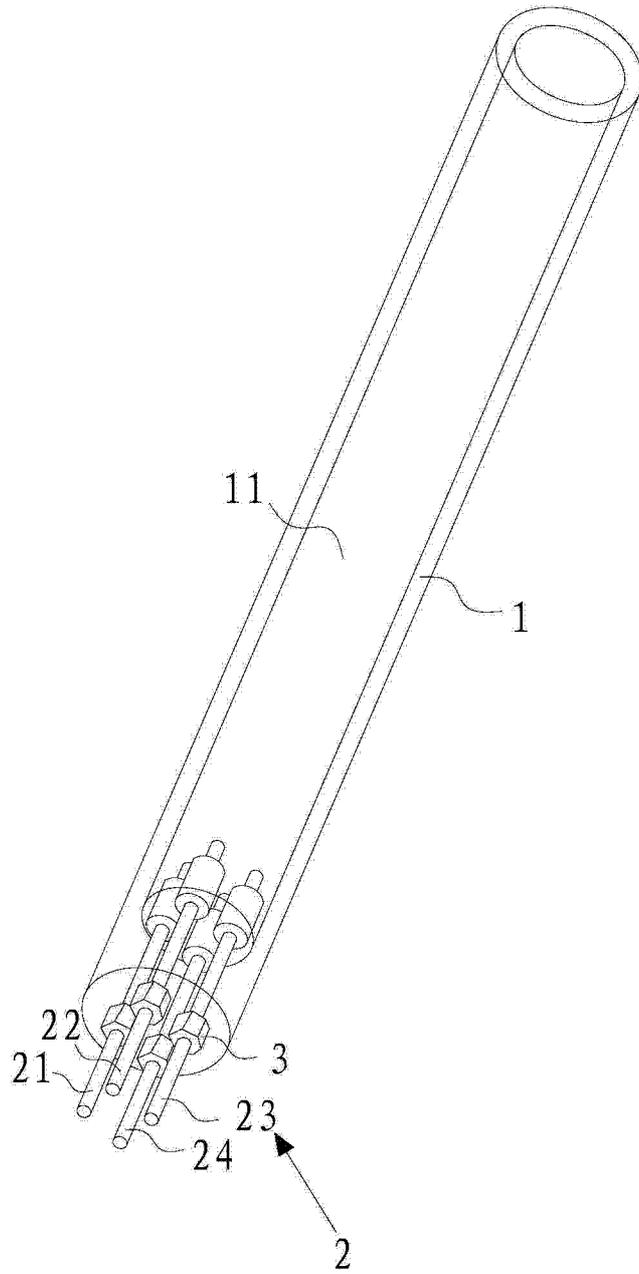


图 1

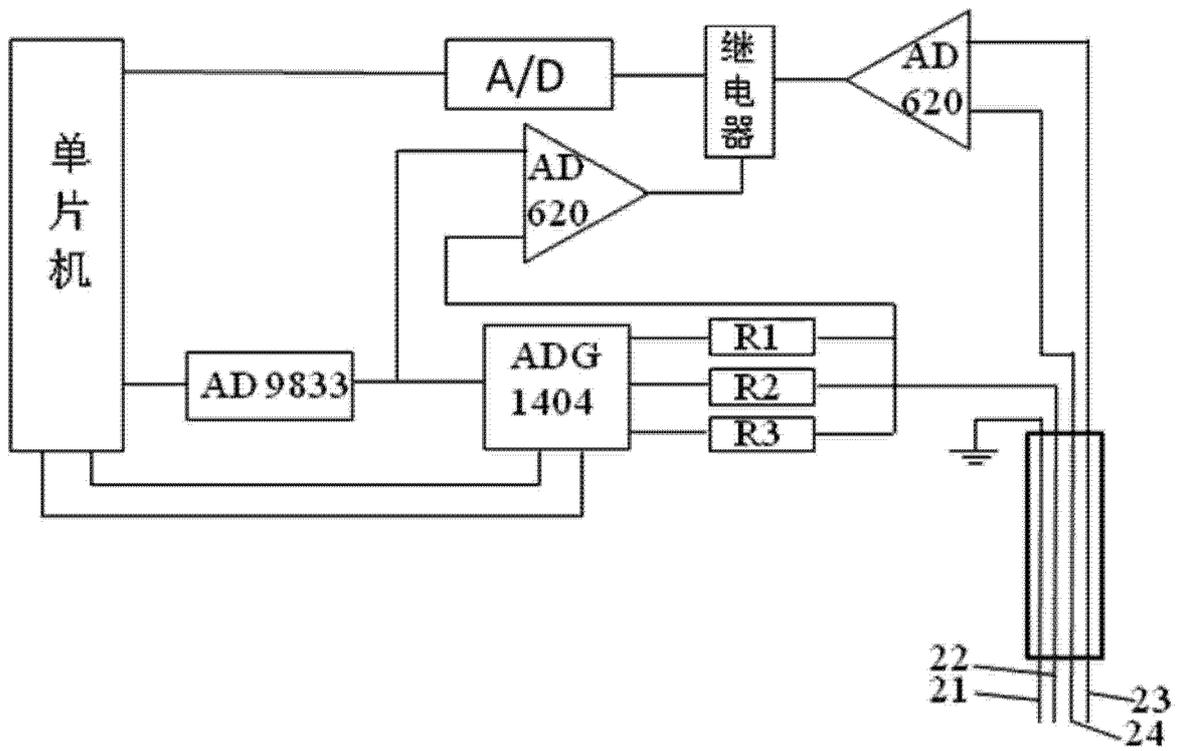


图 2