



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103323400 A

(43) 申请公布日 2013. 09. 25

(21) 申请号 201310224797. 9

(22) 申请日 2013. 06. 06

(71) 申请人 上海物联网有限公司

地址 201899 上海市嘉定区城北路 235 号 1 号楼

(72) 发明人 金庆辉 赵辉 陈强 张洵千 赵建龙

(74) 专利代理机构 上海智信专利代理有限公司 31002

代理人 潘振甦

(51) Int. Cl.

G01N 21/17(2006. 01)

G01N 21/64(2006. 01)

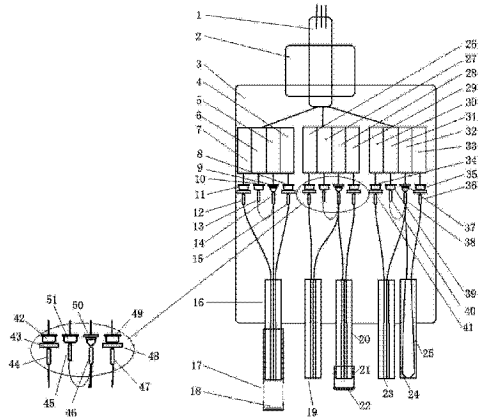
权利要求书4页 说明书10页 附图2页

(54) 发明名称

一种多参数集成的水质在线监测传感系统

(57) 摘要

本发明提供一种多参数集成的水质在线监测传感系统,其特征... 一种多参数集成的水质在线监测传感系统



1. 一种多参数集成水质在线监测传感系统,其特征就在于所提供的在线监测传感系统由光源及信号采集和发送单元、光纤单元和检测窗口单元组成,其中(一)光源及信号采集和发送单元包括:3个LED光源及散热片、3块LED驱动电路板、9块信号采集电路板、9个光敏管、数据线及防水接头部件组成;(二)光纤单元包括三组特种光纤组件,每组光纤包括参考光纤,两个信号光纤、光源光纤,2个带通滤光片;(三)检测窗口单元包括五个不同结构的检测探头,可分成三个系统:COD和石油类检测系统、溶解氧和叶绿素a检测系统和蓝藻和浊度检测传感系统;上述(一)和(二)单元封装在不锈钢外壳内,光信号通过光纤传输,电信号通过电缆线传输,检测窗口单元在不锈钢防水外壳外用于接触水体进行检测;检测到的信号通过无线方式发送到监控中心。

2. 按权利要求1所述的传感系统,其特征就在于光源及信号采集发送单元中所述的LED光源及散热片、LED驱动电路板、信号采集电路板以及光的结构特征是:

① COD信号采集电路板(4)的一端与数据线(1)相连,另一端与COD信号光敏管和254nm带通滤波器(8)相连接,而COD信号光敏管和254nm带通滤波器(8)的另一端与COD信号光纤(15)相连接;

② UV-LED驱动电路板(5)的一端与数据线(1)相连,另一端与UV-LED光源及散热片(9)相连接,而UV-LED光源及散热片(9)的另一端与254nm光源光纤(14)相连接;

③ 254nm参考光信号采集电路板(6)的一端与数据线(1)相连,另一端与254nm参考光信号光敏管(10)相连接,而254nm参考光信号光敏管(10)的另一端与254nm参考光光纤(13)相连接;

④石油类信号采集电路板(7)的一端与数据线(1)相连,另一端与石油类信号光敏管和360nm带通滤光片(11)相连接,而信号光敏管和360nm带通滤光片(11)的另一端与石油类信号光纤(12)相连接;

⑤叶绿素a信号采集电路板(26)的一端与数据线(1)相连接,另一端与叶绿素a信号光敏管(42)相连,而叶绿素a信号光敏管(42)的另一端与685nm带通滤光片(43)相连,685nm带通滤光片另一端再与叶绿素a信号光纤(44)相连接;

⑥473nm参考光信号采集电路板(27)的一端与数据线相连,另一端与473nm光源参考光光敏管(51)相连接,而473nm光源参考光光敏管(51)的另一端与473nm光源参考光纤(45)相连接,参考光纤(45)的另一端则与473nm光源光纤(46)连接;

⑦473nmLED驱动电路板(28)的一端与数据线(1)相连,另一端与473nmLED光源及散热片(50)相连接,而473nmLED光源及散热片(50)的另一端与473nm光源光纤(46)相连接;

⑧溶解氧信号采集电路板(29)的一端与数据线(1)相连,另一端则与溶解氧信号光敏管(49)相连接,而溶解氧信号光敏管(49)的另一端通过590nm带通滤光片(48)再与溶解氧信号光纤(47)相连接;

⑨蓝藻信号采集电路板(30)的一端与数据线(1)相连,另一端与蓝藻信号光敏管和655nm带通滤光片(34)连接,而蓝藻信号光敏管和655nm带通滤光片(34)的另一端则与蓝藻信号光纤(41)连接;

⑩617nm参考光信号采集电路板(31)的一端与数据线(1)相连,另一端与617nm参考光信号光敏管(39)相连接,而617nm参考光信号光敏管(39)的另一端与617nm光源参考光

纤(40)相连接,617nm光源参考光纤(40)则与617nm信号光纤(38)相连接;

⑪ 617nmLED驱动电路(32)的一端与数据线(1)相连,另一端则与617nmLED和散热片(37)相连接,而617nmLED和散热片(37)与617nm信号光纤(38)相连;

⑫ 浊度信号采集电路板(33)的一端与数据线(1)相连接,另一端与浊度信号光敏管和655nm带通滤光片(35)相连,浊度信号光敏管和655nm带通滤光片(35)的另一端则与浊度信号光纤(36)相连接。

3. 按权利要求1或2所述的传感系统,其特征在于所述的传感系统依五个检测探头,分别为检测池结构探头,氧敏感膜探头、直角光纤探头和2个平头探头,它可分成COD和石油类检测系统、叶绿素a和溶解氧检测系统、蓝藻和浊度检测系统三个检索系统;

其中,1) COD和石油类检测传感系统

a) 传感器探头检测窗口:采用螺纹设计,光程长度可调,选择紫外高反射率反射镜,探头直接插入待测水体进行测试;

b) 光源端光纤为4芯,光纤直径分别为中心1根100 $\mu\text{m}$ 参考光和外围3根400 $\mu\text{m}$ 光源;检测探头端光纤为12芯,光纤直径为400 $\mu\text{m}$ ,其中3根为光源,3根为收集反射光信号,6根为收集荧光信号,有效提高光收集效率;1#信号端光纤为3芯,直径为400 $\mu\text{m}$ ,将收集的紫外光信号耦合进入滤光片及光敏管,2#信号端光纤为6芯,直径为400 $\mu\text{m}$ ,将收集的荧光信号耦合进入滤光片及光敏管;所有光纤接头均选择SMA905适配器;

c) UV-LED:采用波长为254nm的紫外LED,功率为20uW,5V供电,LED封装在六角形散热片上,驱动电路为LED提供稳定功率输出;

d) 信号采集:光敏管将光信号转化为电流信号后,通过信号采集电路进行信号放大和滤波处理后,送入后端进行分析、存储和无线发送到监控中心,或直接显示测量值;

2) 溶解氧和叶绿素a检测传感系统

a) 传感器探头:分为溶解氧探头和叶绿素a探头。溶解氧探头将水体中氧分子敏感膜溶胶凝胶涂覆在透明塑料适配器端头外侧,经干燥处理后,直接接触待测水体进行测试;叶绿素a探头为不锈钢平头型,光源直接照射到水体中激发叶绿素a产生荧光,由探头收集荧光进入光敏管进行检测;

b) 光源端光纤为5芯,光纤直径分别为中心1根100 $\mu\text{m}$ 参考光和外围4根400 $\mu\text{m}$ 光源;1#检测探头端光纤为7芯为叶绿素a探头,光纤直径为400 $\mu\text{m}$ ,其中中心2根为光源,外围5根为收集荧光信号,可有效提高荧光收集效率;2#检测探头端光纤为7芯为溶解氧探头,光纤直径为400 $\mu\text{m}$ ,其中中心2根为光源,外围5根为收集荧光信号,有效提高荧光收集效率;1#信号端光纤为5芯,直径为400 $\mu\text{m}$ ,将收集的荧光信号耦合进入滤光片及光敏管,2#信号端光纤也为5芯,直径为400 $\mu\text{m}$ ,将收集的荧光信号耦合进入滤光片及光敏管,所有光纤接头均选择SMA905适配器;

c) 高亮LED:采用波长为473nm的高亮蓝光LED,功率为350mW,5V供电,LED封装在六角形散热片上,驱动电路为LED提供稳定功率输出;

d) 信号采集:光敏管将光信号转化为电流信号后,通过信号采集电路进行信号放大和滤波处理后,送入后端进行分析、存储和无线发送到监控中心,或直接显示测量值;

3) 蓝藻和浊度检测传感系统

a) 传感器探头:分为蓝藻探头和浊度探头,叶绿素a探头为不锈钢平头型,光源直接照

射到水体中激发蓝藻产生荧光,由探头收集荧光进入光敏管进行检测。浊度探头为接收光与入射光成  $90^\circ$  结构设计制造,直接插入待测水体进行测试;

b) 光源端光纤为 4 芯,光纤直径分别为中心 1 根  $100\ \mu\text{m}$  参考光和外围 3 根  $400\ \mu\text{m}$  光源;1# 检测探头端光纤为 7 芯为蓝藻探头,光纤直径为  $400\ \mu\text{m}$ ,其中中心 1 根为光源,外围 6 根为收集荧光信号,可有效提高荧光收集效率;2# 检测探头端光纤为 6 芯为浊度探头,光纤直径为  $400\ \mu\text{m}$ ,其中中心 2 根为光源,外围 4 根为收集荧光信号,可有效提高荧光收集效率;1# 信号端光纤为 6 芯,直径为  $400\ \mu\text{m}$ ,将收集的荧光信号耦合进入滤光片及光敏管,2# 信号端光纤也为 4 芯,直径为  $400\ \mu\text{m}$ ,将收集的散射光信号耦合进入滤光片及光敏管,所有光纤接头均选择 SMA905 适配器;

c) 高亮 LED:采用波长为  $617\text{nm}$  的高亮蓝光 LED,功率为  $350\text{mW}$ , $5\text{V}$  供电,LED 封装在六角形散热片上,驱动电路为 LED 提供稳定功率输出;

d) 信号采集:光敏管将光信号转化为电流信号后,通过信号采集电路进行信号放大和滤波处理后,送入后端进行分析、存储和无线发送到监控中心,或直接显示测量值。

4. 按权利要求 3 所述的系统,其特征在于:

① COD 和石油类检测系统中:一路作为光源强度参考光直接导入光电管,测定光电管的电流信号作为光源强度的参考值;另一路传输到插入水体中的检测池照射水体,通过信号光纤收集经水体中有机物等吸收后的紫外光,传导经中心波长为  $254\text{nm}$ ,半峰宽  $30\text{nm}$  带通滤光片进入紫外增强敏感光敏管,由信号采集电路版采集光敏管电流信号,信号经单片机记录、分析和处理;另一路由  $254\text{nm}$  激发荧光信号,中心波长  $360\text{nm}$  通过信号光纤收集后进入带通滤光片和光敏管进行光电转换,由信号采集电路版采集光敏管电流信号,信号经单片机记录、分析和处理;

② 溶解氧和叶绿素 a 检测系统中:第一路作为光源强度参考光直接导入光电管,测定光电管的电流信号作为光源强度的参考值;第二路传输到插入水体中的氧敏感膜,膜中的钨配合物被  $473\text{nm}$  蓝光直接照射激发产生中心波长为  $590\text{nm}$  荧光,荧光信号通过信号光纤传导经中心波长为  $590\text{nm}$ ,半峰宽  $30\text{nm}$  带通滤光片进入光敏管,由信号采集电路版采集光敏管电流信号,信号经单片机记录、分析和处理;第三路直接传输到水体中激发水体中的叶绿素 a 产生中心波长为  $685\text{nm}$  的荧光,荧光信号通过信号光纤传导经带通滤光片(中心波长  $685\text{nm}$ ,半峰宽  $30\text{nm}$ )进入光敏管,由信号采集电路版采集光敏管电流信号,信号经单片机记录、分析和处理;

③ 蓝藻和浊度检测传感系统中:第一路作为光源强度参考光直接导入光电管,测定光电管的电流信号作为光源强度的参考值;第二路传输到插入水体中传感器探头直接照射水体,激发蓝藻产生中心波长为  $655\text{nm}$  荧光,荧光信号通过信号光纤传导经中心波长为  $655\text{nm}$ ,半峰宽  $10\text{nm}$  带通滤光片进入光敏管,由信号采集电路版采集光敏管电流信号,信号经单片机记录、分析和处理;第三路传输到插入水体中传感器探头直接照射水体,在入射光  $90^\circ$  方向收集散射光,通过信号光纤传导经中心波长为  $617\text{nm}$ ,半峰宽  $15\text{nm}$  带通滤光片进入光敏管,由信号采集电路版采集光敏管电流信号,信号经单片机记录、分析和处理。

5. 按权利要求 2 或 3 所述的系统,其特征在于:

(1)  $473\text{nm}$ LED 和  $617\text{nm}$ LED 购自深圳天耀光电有限公司,型号分别为 ball-top-473, ball-top-617;UV-LED 购自美国 SETI 公司,型号为 UVTOP255;所有光敏管购自德国

Silicon Sensor International AG 公司, 型号为 PC10-2T05 ;

(2) 信号采集电路板为通用的稳压输出电路, nA 级电流信号放大, 双通路, 极低噪声 ;

(3) 473/617nmLED 驱动电路板为通用的信号放大和处理电路, 功耗 350mW, 工作电压 3.7-4.2V, 稳定电流输出 350mA ;UV-LED 驱动电路板为通用的信号放大和处理电路, 功耗 20  $\mu$  W, 工作电压 3.7-4.2V, 稳定电流输出 20mA ;

(4) 所述的光纤材料选择优质石英光纤, 传输波长范围为 200nm-1100nm。

## 一种多参数集成的水质在线监测传感系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于光谱检测原理的多参数集成水质监测传感系统,利用本发明提供的传感系统可对水环境中化学需氧量、溶解氧、浊度、蓝藻、叶绿素 a 以及石油类等 6 个水质污染指标进行快速在线监测和分析,属传感器技术领域。

### 背景技术

[0002] 水是人类的生命之源,水质量的好坏直接影响着人们的生产、生活和身体的健康。但是随着社会经济的快速发展,大量的工业废水、生活污水及其他废弃物被排入环境水体,造成了水资源污染,水质不断的恶化。水体污染也被认为是人类生存环境主要威胁之一,因此,对其进行监测和控制,尤其是在线监测和控制势在必行。

[0003] 国内,水环境质量监测体系经过多年的建设基本形成定期采样、实验室检测的框架,水质常规监测和分析技术虽较为全面,但是监测数据无法实现实时采样、快速检测。少量的在线监测设施基本来自欧美地区。虽然这些设备的采样和监测质量较高但仍存在体积大、价格昂贵和维护成本过高等情况,导致在线监测数据量较少,设备覆盖范围不能满足预警需求。此外,结合前端数据采集和预警模拟体系以及应急响应决策系统的全面集成、快速反应系统仍然存在空白。

[0004] 水环境监测系统是 20 世纪 70 年代发展起来的,在芬兰、美国、英国、日本、荷兰等国已有相当规模的应用,并被纳入网络化的“环境评价体系”和“自然灾害防御体系”。现有的水质在线自动监测系统是将多项指标的分析仪器组合起来,从采样、分析到记录、数据处理组成系统,实现实时多参数自动监测。

[0005] 2001 年国家环保总局从法国、意大利引进了环境水质多参数在线监测系统,在国内建成了 10 个试点地表水水质自动在线监测站,主要实现对水质常规五参数以及总有机碳(TOC)、化学需氧量(COD)的指标检测,每套系统的价格约 170 万元人民币,价格昂贵,进口水质监测设备主要以大型设备为主,采用站房式将待测水样抽到各测试仪器中进行检测,建设成本高,超过国内一般使用单位的承受力;另外,运行维护费用高、售后服务不便,且每年需耗费相当的外汇来购买零配件以维持其正常的运转,所以进口水质自动监测站在国内广泛推广使用存在较大难度。虽然,国内已经研发了一些环境水质监测仪器和系统,但是高质量的自动监测系统多为国外引进,国产仪器所占比例很小,而且传感器技术基本被国外公司垄断,利用这些传感器更可能涉及泄露国家机密信息。目前,国内水质监测多数仍采用人工采样和监测站检测方式,对水质进行定点采样和实验室分析检测,有些部门也引进了一些较先进的监测仪器,但各类仪器多数单独监测少量几个指标,各仪器一般处于单独使用状态,覆盖面有限,需要大量人力和财力的介入,并且数据获取、分析的实时性不高。所以,开展多种水质监测传感器的开发和集成,不仅可以大大减少成本、方便操作者,而且能够将样品前处理过程整合在整个监测系统中,真正实现实时、无人值守检测,更重要的是能形成具有自主知识产权水质监测系统。

[0006] 然而,国外多参数集成的传感器均采用高功率灯或氙灯,功率大,需要特殊电源

(非电池供电)。更重要的是使用的光源不适合,经常开关、多次工作,使用寿命有限,且多参数集成的在线监测传感器系统国内外鲜有报道,更多的报道仅涉及单个参数的组合,每个参数一个探头。

[0007] 基于以上国情和国外发展现状,本发明拟介绍一种基于光谱检测原理的多参数集成水质监测传感系统,包括化学需氧量、溶解氧、浊度、蓝藻、叶绿素 a 以及石油类等 6 个水质污染指标,参数齐全、体积小、免(少)维护、检测迅速准确,能适应复杂、恶劣的现场检测环境、成本低,检测数据实时发送,适合在线监测,将会给水质智能监测提供极大的便利。

## 发明内容

[0008] 本发明目的在于提供一种多参数集成的水质在线监测传感系统,所提供的监测传感系统是基于光谱监测原理,是一种用于水环境水质多参数污染指标实时在线连续监测的传感系统。

[0009] 本发明的基本原理是光谱识别方法,包括光散射法测定浊度、紫外光吸收法测定化学需氧量、激发荧光光谱法测定溶解氧、叶绿素 a 和蓝藻及石油类的测定等。根据水环境浊度参数测量原理,采用 617nm 波长红光照射水体,在入射光 90° 方向收集散射光,测定散射光的强度来得到水样的浊度。根据紫外吸收原理,采用 254nm 紫外光照射水体,通过检测窗口收集反射光的强度得到水样的吸光度,由于水体中的有机污染物对 254nm 紫外光有吸收,通过荧光吸收法测定得到化学需氧量(COD)。水体中叶绿素 a 在波长为 473nm 蓝光的激发下会发出 685nm 的荧光,蓝藻在波长为 617nm 的光源的激发下会发出 655nm 的荧光,石油类污染物在 254nm 紫外光的激发下会发出 360nm 的荧光,采用 473nm 波长光源照射氧敏感膜会发出 590nm 的荧光,基于此激发荧光光谱法可以分别测定溶解氧、叶绿素 a、蓝藻和石油类等水体污染物。由于这些参数所需要的光源有共同性,因此可以集成为一个 6 参数水质监测传感系统,其中 254nm 光源用于 COD 和石油类指标的检测,617nm 光源用于浊度和蓝藻指标的监测,473nm 用于叶绿素 a 和溶解氧的监测。

[0010] 本发明所提供的在线监测传感系统主要由光源及信号采集和发送单元、光纤单元、检测窗口单元等组成,整个传感系统的结构如图 1 所示。其中(一)光源及信号采集和发送单元包括:3 个 LED 光源及散热片、3 块 LED 驱动电路板、9 块信号采集电路板、9 个光敏管、数据线及防水接头等部件组成;(二)光纤单元包括三组特种光纤组件,每组光纤包括参考光纤,信号光纤 1,信号光纤 2、光源光纤,2 个带通滤光片等;(三)检测窗口单元包括五个不同结构的探头,即检测池结构探头,氧敏感膜探头、直角光纤探头和 2 个平头探头,可分为 COD 和石油类检测传感系统、溶解氧和叶绿素 a 检测传感系统和蓝藻系统。以上(一)和(二)单元封装在不锈钢防水外壳内,光信号通过光纤传输,电信号通过电缆线传输,检测窗口单元在不锈钢防水外壳外用于接触水体进行检测。检测到的信号通过无线方式发送到监控中心。

[0011] 三个检测传感系统阐述如下:

[0012] 1) COD 和石油类检测传感系统

[0013] 254nm UV-LED (20uW) 光源由光纤耦合,第一路作为光源强度参考光直接导入光电管,测定光电管的电流信号作为光源强度的参考值;第二路传输到插入水体中的检测窗口,通过信号光纤收集经水体中有机物等吸收后的紫外光,传导经带通滤光片(中心波长

254nm,半峰宽 30nm)进入紫外增强敏感光敏管,由信号采集电路版采集光敏管电流信号,信号经单片机记录、分析和处理;第三路传输到插入水体中的检测窗口,通过信号光纤收集石油类污染物受激产生的荧光信号,传导经带通滤光片(中心波长 360nm,半峰宽 30nm)进入紫外增强敏感光敏管,由信号采集电路版采集光敏管电流信号,信号经单片机记录、分析和处理。

#### [0014] 2) 溶解氧和叶绿素 a 检测传感系统

[0015] 473nm 蓝光高亮 LED (350mW)光源由光纤耦合,第一路作为光源强度参考光直接导入光电管,测定光电管的电流信号作为光源强度的参考值;第二路传输到插入水体中的氧敏感膜,膜中的钌配合物被 473nm 蓝光直接照射激发产生荧光(中心波长 590nm),荧光信号通过信号光纤传导经带通滤光片(中心波长 590nm,半峰宽 30nm)进入光敏管,由信号采集电路板采集光敏管电流信号,信号经单片机记录、分析和处理;第三路直接传输到水体中激发水体中的叶绿素 a 产生荧光(中心波长 685nm),荧光信号通过信号光纤传导经带通滤光片(中心波长 685nm,半峰宽 30nm)进入光敏管,由信号采集电路板采集光敏管电流信号,信号经单片机记录、分析和处理。

#### [0016] 3) 蓝藻和浊度检测传感系统

[0017] 617nm 红光高亮 LED (350mW)光源由光纤耦合,第一路作为光源强度参考光直接导入光电管,测定光电管的电流信号作为光源强度的参考值;第二路传输到插入水体中传感器探头直接照射水体,激发蓝藻产生荧光(中心波长 655nm),荧光信号通过信号光纤传导经带通滤光片(中心波长 655nm,半峰宽 10nm)进入光敏管,由信号采集电路板采集光敏管电流信号,信号经单片机记录、分析和处理;第三路传输到插入水体中传感器探头直接照射水体,在入射光 90° 方向收集散射光,通过信号光纤传导经带通滤光片(中心波长 617nm,半峰宽 15nm)进入光敏管,由信号采集电路板采集光敏管电流信号,信号经单片机记录、分析和处理。

[0018] 所有检测到的信号均可通过无线方式发送到后台监控中心。

[0019] 具体各模块阐述如下:

#### [0020] 1) COD 和石油类检测传感系统

[0021] 传感器探头检测窗口:采用螺纹设计,光程长度可调,选择紫外高反射率反射镜,探头直接插入待测水体进行测试。

[0022] 特种光纤:根据检测原理为提高检测效率光纤设计如图 2 所示,光源端光纤为 4 芯,光纤直径分别为中心 1 根 100  $\mu\text{m}$  (参考光)和外围 3 根 400  $\mu\text{m}$  (光源);检测探头端光纤为 12 芯,光纤直径为 400  $\mu\text{m}$ ,其中 3 根为光源,3 根为收集反射光信号,6 根为收集荧光信号,可有效提高光收集效率;1# 信号端光纤为 3 芯,直径为 400  $\mu\text{m}$ ,将收集的紫外光信号耦合进入滤光片及光敏管,2# 信号端光纤为 6 芯,直径为 400  $\mu\text{m}$ ,将收集的荧光信号耦合进入滤光片及光敏管。所有光纤接头均选择 SMA905 适配器,光纤材料全部选择优质石英光纤,传输波长范围 200nm-1100nm。

[0023] UV-LED:采用波长为 254nm 的紫外 LED,功率为 20uW,5V 供电,LED 封装在六角形散热片上,驱动电路为 LED 提供稳定功率输出。

[0024] 信号采集:光敏管将光信号转化为电流信号后,通过信号采集电路进行信号放大、滤波等处理后,送入后端进行分析、存储和无线发送到监控中心,或本机直接显示测量值。



### [0025] 2) 溶解氧和叶绿素 a 检测传感系统

[0026] 传感器探头:分为溶解氧探头和叶绿素 a 探头。溶解氧探头将水体中氧分子敏感膜溶胶凝胶涂覆在透明塑料适配器端头外侧,经干燥处理后,便可直接接触待测水体进行测试;叶绿素 a 探头为不锈钢平头型,光源直接照射到水体中激发叶绿素 a 产生荧光,由探头收集荧光进入光敏管进行检测。

[0027] 特种光纤:根据检测原理为提高检测效率光纤设计如图 2 所示,光源端光纤为 5 芯,光纤直径分别为中心 1 根  $100\ \mu\text{m}$  (参考光)和外围 4 根  $400\ \mu\text{m}$  (光源);1# 检测探头端光纤为 7 芯为叶绿素 a 探头,光纤直径为  $400\ \mu\text{m}$ ,其中中心 2 根为光源,外围 5 根为收集荧光信号,可有效提高荧光收集效率;2# 检测探头端光纤为 7 芯为溶解氧探头,光纤直径为  $400\ \mu\text{m}$ ,其中中心 2 根为光源,外围 5 根为收集荧光信号,可有效提高荧光收集效率;1# 信号端光纤为 5 芯,直径为  $400\ \mu\text{m}$ ,将收集的荧光信号耦合进入滤光片及光敏管,2# 信号端光纤也为 5 芯,直径为  $400\ \mu\text{m}$ ,将收集的荧光信号耦合进入滤光片及光敏管。所有光纤接头均选择 SMA905 适配器,光纤材料全部选择优质石英光纤,传输波长范围 200nm-1100nm。

[0028] 高亮 LED:采用波长为 473nm 的高亮蓝光 LED,功率为 350mW,5V 供电,LED 封装在六角形散热片上,驱动电路为 LED 提供稳定功率输出。

[0029] 信号采集:光敏管将光信号转化为电流信号后,通过信号采集电路进行信号放大、滤波等处理后,送入后端进行分析、存储和无线发送到监控中心,或本机直接显示测量值。

### [0030] 3) 蓝藻和浊度检测传感系统

[0031] 传感器探头:分为蓝藻探头和浊度探头。叶绿素 a 探头为不锈钢平头型,光源直接照射到水体中激发蓝藻产生荧光,由探头收集荧光进入光敏管进行检测。浊度探头为接收光与入射光成  $90^\circ$  结构设计制造,可直接插入待测水体进行测试;

[0032] 特种光纤:根据检测原理为提高检测效率光纤设计如图 2 所示,光源端光纤为 4 芯,光纤直径分别为中心 1 根  $100\ \mu\text{m}$  (参考光)和外围 3 根  $400\ \mu\text{m}$  (光源);1# 检测探头端光纤为 7 芯为蓝藻探头,光纤直径为  $400\ \mu\text{m}$ ,其中中心 1 根为光源,外围 6 根为收集荧光信号,可有效提高荧光收集效率;2# 检测探头端光纤为 6 芯为浊度探头,光纤直径为  $400\ \mu\text{m}$ ,其中中心 2 根为光源,外围 4 根为收集荧光信号,可有效提高荧光收集效率;1# 信号端光纤为 6 芯,直径为  $400\ \mu\text{m}$ ,将收集的荧光信号耦合进入滤光片及光敏管,2# 信号端光纤也为 4 芯,直径为  $400\ \mu\text{m}$ ,将收集的散射光信号耦合进入滤光片及光敏管。所有光纤接头均选择 SMA905 适配器,光纤材料全部选择优质石英光纤,传输波长范围 200nm-1100nm。

[0033] 高亮 LED:采用波长为 617nm 的高亮蓝光 LED,功率为 350mW,5V 供电,LED 封装在六角形散热片上,驱动电路为 LED 提供稳定功率输出。

[0034] 信号采集:光敏管将光信号转化为电流信号后,通过信号采集电路进行信号放大、滤波等处理后,送入后端进行分析、存储和无线发送到监控中心,或本机直接显示测量值。

### [0035] 4) 不锈钢防水外壳

[0036] 整个传感系统选择不锈钢防水外壳进行封装,所有外部接头选择 IP69 防水接头,适合于直接进入水体,并进入深水区进行测量。

[0037] 本发明的传感器标定方法是采用标准化学需氧量、溶解氧、叶绿素 a、蓝藻、浊度和石油类等检测仪测定水体中从低浓度到高浓度的污染物浓度变化,同时采用本发明的传感器测定光信号强度值进行比对,得到两者的线性关系,如图 4 所示,再通过线性关系曲线来

反推未知待测水体的相关污染物的浓度。

[0038] 本发明构建的多参数集成水质污染物在线监测传感系统由于选择 LED 作为光源, 可以多次测定或连续测定, 抗干扰能力强, 使用寿命长, 适合于水体长时间每天多次连续监测(如 1 次/10 分钟), 特别适用于应急事故的水质检测, 需要高频次检测, 将发挥作用, 在地表水、地下水水质监测具有广泛的应用前景。同时, 对本发明所述的几个指标集成的传感器, 国内外未见报道, 第三, 现有报道中更多的是单个参数的组合, 每个参数一个探头, 而本发明通过巧妙的结构设计和关键部件的整合, 大大降低制造成本, 估计成本只相当于原来的 1/3 ~ 1/6 左右, 对于需要大批量使用传感器探头的场合, 低成本的传感器是必须的。

[0039] 综上所述, 本发明提供的传感系统的特征在于: a) 使用的光源, b) 特种光纤使用, c) 特殊结构设计以及多参数集成。

### 附图说明

[0040] 图 1 为本发明实施例的多参数集成水质在线监测传感系统总体结构示意图, 图中:

- |        |                           |                          |
|--------|---------------------------|--------------------------|
| [0041] | 1. 数据线                    | 20. 溶解氧探头                |
| [0042] | 2. 防水接头                   | 21. 探头适配器                |
| [0043] | 3. 防水不锈钢外壳                | 22. 氧敏感膜                 |
| [0044] | 4. COD 信号采集电路板            | 23. 蓝藻探头                 |
| [0045] | 5. UV-LED 驱动电路板           | 24. 90 度光纤               |
| [0046] | 6. 254nm 参考光信号采集电路板       | 25. 浊度探头                 |
| [0047] | 7. 石油类信号采集电路板             | 26. 叶绿素 a 信号采集电路板        |
| [0048] | 8. COD 信号光敏管和 254nm 带通滤光片 | 27. 473nm 参考光信号采集电路板     |
| [0049] |                           | 28. 473nmLED 驱动电路板       |
| [0050] | 9. UV-LED 光源及散热片          | 29. 溶解氧信号采集电路板           |
| [0051] | 10. 254nm 参考光信号光敏管        | 30. 蓝藻信号采集电路板            |
| [0052] | 11. 石油类信号光敏管和 360nm 带通滤光片 | 31. 617nm 参考光信号采集电路板     |
| [0053] |                           | 32. 617nmLED 驱动电路        |
| [0054] | 12. 石油类信号光纤               | 33. 浊度信号采集电路板            |
| [0055] | 13. 254nm 参考光光纤           | 34. 蓝藻信号光敏管和 655nm 带通滤光片 |
| [0056] | 14. 254nm 光源光纤            |                          |
| [0057] | 15. COD 信号光纤              | 35. 浊度信号光敏管和 617nm 带通滤光片 |
| [0058] | 16. 探头检测窗口(光程可调)          |                          |
| [0059] | 17. 流通池                   | 36. 浊度信号光纤               |
| [0060] | 18. 反射镜                   | 37. 617nmLED 和散热片        |
| [0061] | 19. 叶绿素 a 探头              | 38. 617nm 信号荧光光纤         |
| [0062] | 39. 617nm 参考光信号光敏管        | 46. 473nm 光源光纤           |
| [0063] | 40. 617nm 参考光光纤           | 47. 溶解氧信号光纤              |
| [0064] | 41. 蓝藻信号光纤                | 48. 590nm 带通滤光片          |
| [0065] | 42. 叶绿素 a 信号光敏管           | 49. 溶解氧信号光敏管             |

- [0066] 43. 685nm 带通滤光片
- [0067] 44. 叶绿素 a 信号光纤
- [0068] 45. 473nm 光源参考光纤
- [0069] 图 2 多本发明提供的参数集成水质在线监测传感系统三组光纤结构示意图, 图中示例说明如下:
- [0070] A 图为 COD 和石油类检测光纤
- [0071] 111. COD 信号光端子(3 芯, 光纤芯径为 400  $\mu\text{m}$ )
- [0072] 112. 参考光端子(1 芯, 光纤芯径为 100  $\mu\text{m}$ )
- [0073] 113. 光源光端子(4 芯, 光纤芯径为 1 芯 100  $\mu\text{m}$  和 3 芯 400  $\mu\text{m}$ )
- [0074] 114. 石油类信号光端子(6 芯, 光纤芯径为 400  $\mu\text{m}$ )
- [0075] 115. 检测探头端子(12 芯, 光纤芯径为 400  $\mu\text{m}$ , 3 芯为光源, 3 芯为 COD 信号光, 6 芯为石油类信号光, 交错分布)
- [0076] B 图为叶绿素 a 和溶解氧检测光纤
- [0077] 116. 叶绿素 a 信号光端子(5 芯, 光纤芯径为 400  $\mu\text{m}$ )
- [0078] 112. 参考光端子(1 芯, 光纤芯径为 100  $\mu\text{m}$ )
- [0079] 118. 光源光端子(5 芯, 光纤芯径为 1 芯 100  $\mu\text{m}$  和 4 芯 400  $\mu\text{m}$ )
- [0080] 119. 溶解氧信号光端子(5 芯, 光纤芯径为 400  $\mu\text{m}$ )
- [0081] 120. 叶绿素 a 探头端子(7 芯, 光纤芯径为 400  $\mu\text{m}$ , 2 芯为光源, 5 芯为叶绿素 a 信号光, 中心为光源, 外围为信号光)
- [0082] 121. 溶解氧探头端子(7 芯, 光纤芯径为 400  $\mu\text{m}$ , 2 芯为光源, 5 芯为叶绿素 a 信号光, 中心为光源, 外围为信号光)
- [0083] C 图为蓝藻和浊度检测光纤
- [0084] 122. 蓝藻信号光端子(4 芯, 光纤芯径为 400  $\mu\text{m}$ )
- [0085] 112. 参考光端子(1 芯, 光纤芯径为 100  $\mu\text{m}$ )
- [0086] 113. 光源光端子(4 芯, 光纤芯径为 1 芯 100  $\mu\text{m}$  和 3 芯 400  $\mu\text{m}$ )
- [0087] 125. 浊度信号光端子(4 芯, 光纤芯径为 400  $\mu\text{m}$ )
- [0088] 126. 蓝藻探头端子(7 芯, 光纤芯径为 400  $\mu\text{m}$ , 1 芯为光源, 6 芯为蓝藻信号光, 中心为光源, 外围为信号光)
- [0089] 127. 浊度探头端子(6 芯, 光纤芯径为 400  $\mu\text{m}$ , 2 芯为光源, 4 芯为浊度信号光, 两束光纤成 90 度结构)
- [0090] 图 3 为本发明实施例的检测参数与信号强度的线性关系图。

### 具体实施方式

[0091] 下面结合附图进一步阐述本发明的实质性特点和显著的进步, 但本发明绝非仅限于实施例。

[0092] 实施例 1:

[0093] 本发明所提供的多参数集成水质在线监测传感系统的结构如图 1 所示。所述的用于传感系统主要由光源及信号采集和发送单元、光纤单元、检测窗口单元等组成。

[0094] 其中(一)光源及信号采集和发送单元包括:UV-LED 光源及散热片 9、473nmLED 和

散热片 50、617nmLED 和散热片 37,UV-LED 驱动电路板 5、473nmLED 驱动电路板 28、617nmLED 驱动电路板 32,9 块信号采集电路板(4、6、7、26、27、29、30、31、33)、9 个光敏管(8、10、11、34、35、39、42、49、51)、数据线及防水接头等部件组成;结构特征是:

[0095] ① COD 信号采集电路板(4)的一端与数据线(1)相连,另一端与 COD 信号光敏管和 254nm 带通滤波器(8)相连接,而带滤波器(8)的另一端与 COD 信号光纤(15)相连接;

[0096] ② UV-LED 驱动电路板(5)的一端与数据线(1)相连,另一端与 UV-LED 光源及散热片(9)相连接,而 UV-LED 光源及散热片(9)的另一端与 254nm 光源光纤(14)相连接;

[0097] ③ 254nm 参考光信号采集电路板(6)的一端与数据线(1)相连,另一端与 254nm 参考光信号光敏管(10)相连接,而 254nm 参考光信号光敏管(10)的另一端与 254nm 参考光光纤(13)相连接;

[0098] ④ 石油类信号采集电路板(7)的一端与数据线(1)相连,另一端与石油类信号光敏管和 360nm 带通滤光片(11)相连接,而信号光敏管和 360nm 带通滤光片(11)的另一端与石油类信号光纤(12)相连接;

[0099] ⑤ 叶绿素 a 信号采集电路板(26)的一端与数据线(1)相连接,另一端与叶绿素 a 信号光敏管(42)相连,而叶绿素 a 信号光敏管(42)的另一端与 685nm 带通滤光片(43)相连,685nm 带通滤光片另一端再与叶绿素 a 信号光纤(44)相连接;

[0100] ⑥ 473nm 参考光信号采集电路板(27)的一端与数据线相连,另一端与 473nm 光源参考光光敏管(51)相连接,而 473nm 光源参考光光敏管(51)的另一端与 473nm 光源参考光纤(45)相连接,参考光纤(45)的另一端则与 473nm 光源光纤(46)连接;

[0101] ⑦ 473nmLED 驱动电路板(28)的一端与数据线(1)相连,另一端与 473nmLED 光源及散热片(50)相连接,而 473nmLED 光源及散热片(50)的另一端与 473nm 光源光纤(46)相连接;

[0102] ⑧ 溶解氧信号采集电路板(29)的一端与数据线(1)相连,另一端则与溶解氧信号光敏管(49)相连接,而溶解氧信号光敏管(49)的另一端通过 590nm 带通滤光片(48)再与溶解氧信号光纤(47)相连接;

[0103] ⑨ 蓝藻信号采集电路板(30)的一端与数据线(1)相连,另一端与蓝藻信号光敏管和 655nm 带通滤光片(34)连接,而蓝藻信号光敏管和 655nm 带通滤光片(34)的另一端则与蓝藻信号光纤(41)连接;

[0104] ⑩ 617nm 参考光信号采集电路板(31)的一端与数据线(1)相连,另一端与 617nm 参考光信号光敏管(39)相连接,而 617nm 参考光信号光敏管(39)的另一端与 617nm 光源参考光纤(40)相连接,617nm 光源参考光纤(40)则与 617nm 信号光纤(38)相连接;

[0105] ⑪ 617nmLED 驱动电路(32)的一端与数据线(1)相连,另一端则与 617nmLED 和散热片(37)相连接,而 617nmLED 和散热片(37)与 617nm 信号光纤(38)相连;

[0106] ⑫ 浊度信号采集电路板(33)的一端与数据线(1)相连接,另一端与浊度信号光敏管和 655nm 带通滤光片(35)相连,浊度信号光敏管和 655nm 带通滤光片(35)的另一端则与浊度信号光纤(36)相连接。

[0107] (二) 光纤单元包括三组特种光纤组件,分别为 COD 和石油类检测光纤(12、13、14、15、16),叶绿素 a 和溶解氧检测光纤(19、22、44、45、46、47)、蓝藻和浊度检测光纤(23、24、25、36、38、40、41),每组光纤包括参考光纤,2 组信号光纤、光源光纤,2 个带通滤光片;

[0108] (三) 检测窗口单元包括 5 个不同结构的探头,检测池结构探头(由编号为 16、17、18 部件组成),氧敏感膜探头(由编号为 20、21、22 部件组成)、直角光纤探头(由编号为 24、25 部件组成)、2 个平头探头(分别由 1 部件和 2、3 部件组成)及不锈钢外壳(3)。以上一、二单元封装在不锈钢外壳内,光信号通过光纤传输,电信号通过电缆线传输,检测窗口单元在不锈钢外壳外用于接触水体进行检测。

[0109] 其中 COD 和石油类检测探头工作过程为:中心波长为 254nm 的 UV-LED(20uW)光源由光纤耦合,一路作为光源强度参考光直接导入光电管,测定光电管的电流信号作为光源强度的参考值;另一路传输到插入水体中的检测池照射水体,通过信号光纤收集经水体中有机物等吸收后的紫外光,传导经带通滤光片(中心波长 254nm,半峰宽 30nm)进入紫外增强敏感光敏管,由信号采集电路版采集光敏管电流信号,信号经单片机记录、分析和处理;另一路由 254nm 激发荧光信号(中心波长 360nm)通过信号光纤收集后进入带通滤光片和光敏管进行光电转换,由信号采集电路版采集光敏管电流信号,信号经单片机记录、分析和处理。

[0110] 溶解氧和叶绿素 a 检测探头工作过程为:473nm 蓝光高亮 LED (350mW) 光源由光纤耦合,第一路作为光源强度参考光直接导入光电管,测定光电管的电流信号作为光源强度的参考值;第二路传输到插入水体中的氧敏感膜,膜中的钌配合物被 473nm 蓝光直接照射激发产生荧光(中心波长 590nm),荧光信号通过信号光纤传导经带通滤光片(中心波长 590nm,半峰宽 30nm)进入光敏管,由信号采集电路版采集光敏管电流信号,信号经单片机记录、分析和处理;第三路直接传输到水体中激发水体中的叶绿素 a 产生荧光(中心波长 685nm),荧光信号通过信号光纤传导经带通滤光片(中心波长 685nm,半峰宽 30nm)进入光敏管,由信号采集电路版采集光敏管电流信号,信号经单片机记录、分析和处理。

[0111] 蓝藻和浊度检测探头工作过程:617nm 红光高亮 LED (350mW) 光源由光纤耦合,第一路作为光源强度参考光直接导入光电管,测定光电管的电流信号作为光源强度的参考值;第二路传输到插入水体中传感器探头直接照射水体,激发蓝藻产生荧光(中心波长 655nm),荧光信号通过信号光纤传导经带通滤光片(中心波长 655nm,半峰宽 10nm)进入光敏管,由信号采集电路版采集光敏管电流信号,信号经单片机记录、分析和处理;第三路传输到插入水体中传感器探头直接照射水体,在入射光 90° 方向收集散射光,通过信号光纤传导经带通滤光片(中心波长 617nm,半峰宽 15nm)进入光敏管,由信号采集电路版采集光敏管电流信号,信号经单片机记录、分析和处理。

[0112] 所有检测到的信号均可通过无线方式发送到后台监控中心。

[0113] 其中:

[0114] (1) 473nmLED 和 617nmLED 购自深圳天耀光电有限公司,型号分别为 ball-top-473,ball-top-617,UV-LED 购自美国 SETI 公司,型号为 UVTOP255,所有光敏管购自德国 Silicon Sensor International AG 公司,型号为 PC10-2T05;

[0115] (2) 信号采集电路板为通用的稳压输出电路,主要性能 nA 级电流信号放大,双通路,极低噪声;

[0116] (3) 473/617nmLED 驱动电路板为通用的信号放大和处理电路,主要性能指标:功耗 350mW,工作电压 3.7-4.2V,稳定电流输出 350mA;UV-LED 驱动电路板为通用的信号放大和处理电路,主要性能指标:功耗 20uW,工作电压 3.7-4.2V,稳定电流输出 20mA;

[0117] (4) COD 和石油类检测光纤组件中, COD 信号光端子(3 芯, 光纤芯径为 400  $\mu\text{m}$ ); 参考光端子(1 芯, 光纤芯径为 100  $\mu\text{m}$ ); 光源光端子(4 芯, 光纤芯径为 1 芯 100  $\mu\text{m}$  和 3 芯 400  $\mu\text{m}$ ); 石油类信号光端子(6 芯, 光纤芯径为 400  $\mu\text{m}$ ); 检测探头端子(12 芯, 光纤芯径为 400  $\mu\text{m}$ , 3 芯为光源, 3 芯为 COD 信号光, 6 芯为石油类信号光, 交错分布);

[0118] (5) 叶绿素 a 和溶解氧检测光纤组件中, 叶绿素 a 信号光端子(5 芯, 光纤芯径为 400  $\mu\text{m}$ ), 参考光端子(1 芯, 光纤芯径为 100  $\mu\text{m}$ ), 光源光端子(5 芯, 光纤芯径为 1 芯 100  $\mu\text{m}$  和 4 芯 400  $\mu\text{m}$ ), 溶解氧信号光端子(5 芯, 光纤芯径为 400  $\mu\text{m}$ ), 叶绿素 a 探头端子(7 芯, 光纤芯径为 400  $\mu\text{m}$ , 2 芯为光源, 5 芯为叶绿素 a 信号光, 中心为光源, 外围为信号光), 溶解氧探头端子(7 芯, 光纤芯径为 400  $\mu\text{m}$ , 2 芯为光源, 5 芯为叶绿素 a 信号光, 中心为光源, 外围为信号光);

[0119] (6) 蓝藻和浊度检测光纤组件中, 蓝藻信号光端子(4 芯, 光纤芯径为 400  $\mu\text{m}$ ), 参考光端子(1 芯, 光纤芯径为 100  $\mu\text{m}$ ), 光源光端子(4 芯, 光纤芯径为 1 芯 100  $\mu\text{m}$  和 3 芯 400  $\mu\text{m}$ ), 浊度信号光端子(4 芯, 光纤芯径为 400  $\mu\text{m}$ ), 蓝藻探头端子(7 芯, 光纤芯径为 400  $\mu\text{m}$ , 1 芯为光源, 6 芯为蓝藻信号光, 中心为光源, 外围为信号光), 浊度探头端子(6 芯, 光纤芯径为 400  $\mu\text{m}$ , 2 芯为光源, 4 芯为浊度信号光, 两束光纤成 90 度结构)。

[0120] 实施例 2:

[0121] 本发明所述传感器系统包括 5 个检测探头, 分别为 COD 和石油类检测探头、叶绿素 a 检测探头、蓝藻检测探头、浊度检测探头和溶解氧检测探头。其中 COD 和石油类检测探头结构由信号光纤、光源光纤、检测探头光纤端子、检测流通池、反射镜等部件组成; 叶绿素 a 和蓝藻探头结构相同, 由信号光纤、光源光纤、检测探头光纤端子组成; 浊度探头结构由信号光纤、光源光纤、检测探头光纤端子(发射光纤和接收光纤成 90 度角); 溶解氧探头由信号光纤、光源光纤、检测探头光纤端子、适配器、氧敏感膜等组成。其中共有 3 组光纤组件, 本发明根据应用要求进行特殊结构设计后, 由南京艺坤特纤公司加工提供, 流通池和适配器根据光纤探头的结构尺寸设计和加工, 所有探头可直接进入水体进行相应参数的检测。

[0122] 实施例 3:

[0123] 如图 3 所示, 本发明所述 6 个传感器的标定方法是采用相对应的标准检测仪进行标定。各参数标定方法如下:

[0124] (1) COD 标定方法具体步骤为:

[0125] 1) 用烧杯准备 10 个不同化学需氧量浓度的水样作为待测样本, 体积为 100mL;

[0126] 2) 采用标准化学需氧量测定方法和仪器分别测定该 10 个样本(单位: mg/L);

[0127] 3) 将本专利所述传感器探头插入分别插入 10 个样本中, 接通电源进行测试, 得到 10 个不同化学需氧量浓度的电压值(单位: mV);

[0128] 4) 以标准化学需氧量测到的 10 个化学需氧量值为横坐标, 以本专利所述传感器测到对应的 10 个样本的电压值为纵坐标, 绘制标准曲线, 得到传感器的线性关系曲线, 从而标定传感器;

[0129] 5) 用标定的传感器测定未知待测水体的化学需氧量浓度。

[0130] (2) 溶解氧标定方法具体步骤为:

[0131] 1) 用烧杯准备 500mL 体积量的纯净水;

[0132] 2) 初始化标准溶解氧仪, 将探头插入纯净水中检测初始溶解氧值(单位: mg/L);

[0133] 3) 将本专利所述传感器探头插入同一纯净水中,接通电源进行测试,得到荧光强度信号的电压值(单位:mV);

[0134] 4) 往纯净水中缓慢通入氮气,降低水体中溶解氧的浓度,用标准溶氧仪和本专利所述传感器分别同时测定 3 个浓度条件下的溶解氧值和电压值;

[0135] 5) 往纯净水中缓慢通入氧气,提高水体中溶解氧的浓度,用标准溶氧仪和本专利所述传感器分别同时测定 3 个浓度条件下的溶解氧值和电压值;

[0136] 6) 以标准溶解氧仪测到 7 个溶解氧值为横坐标,以本专利所述传感器测到对应的 7 个电压值为纵坐标,绘制标准曲线,得到传感器的线性关系曲线,从而标定传感器;

[0137] 7) 用标定的传感器测定未知待测水体的溶解氧浓度。

[0138] (3) 叶绿素 a、蓝藻、石油类及浊度的标定方法与 COD 标定方法相同。

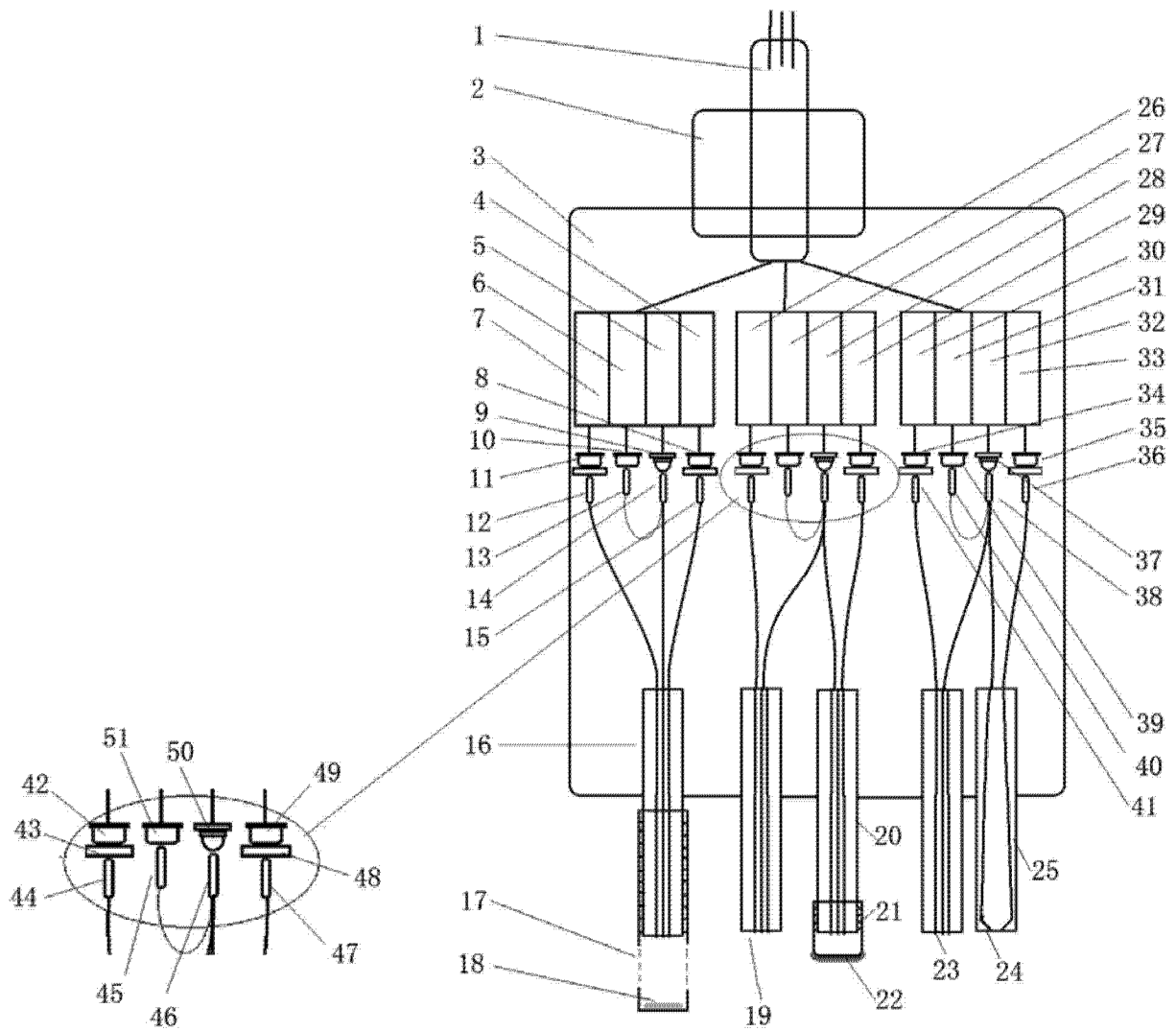


图 1



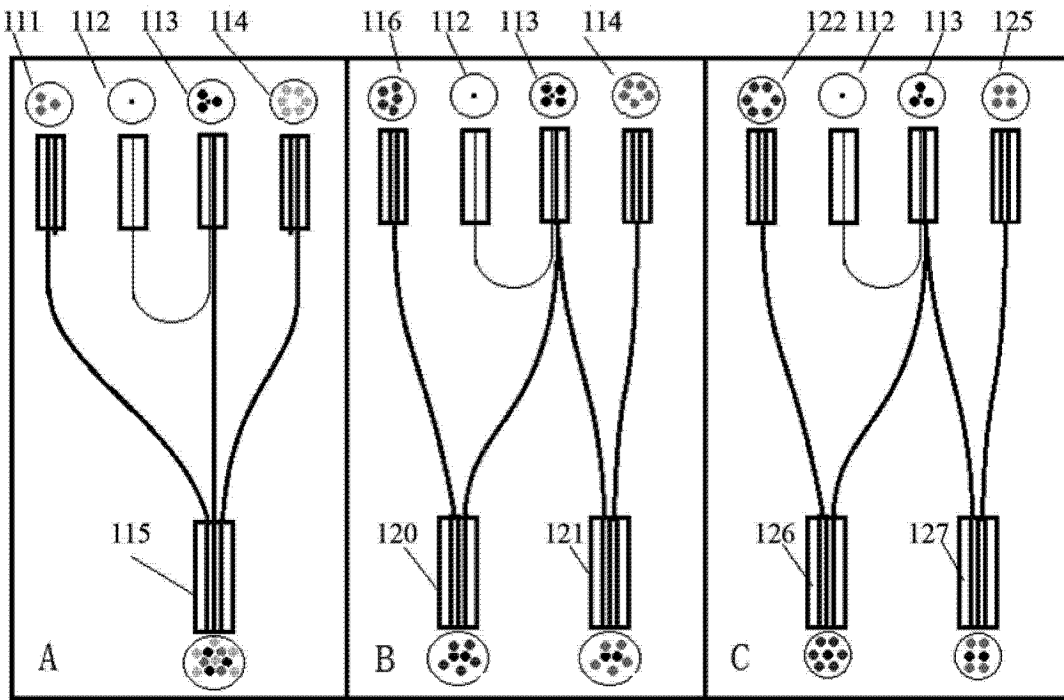


图 2

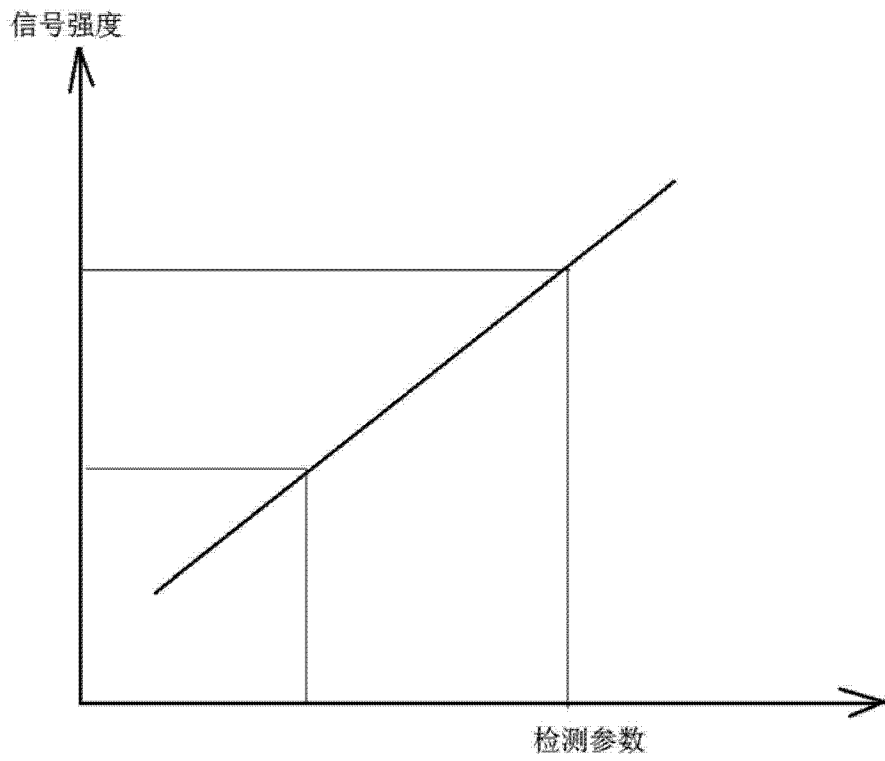


图 3