

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2024 年 12 月 19 日 (19.12.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/255080 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01P 5/08 (2006.01) **G01F 22/02** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2023/128668
- (22) 国际申请日: 2023 年 10 月 31 日 (31.10.2023)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202310706533.0 2023年6月15日 (15.06.2023) CN
- (71) 申请人:东南大学(SOUTHEAST UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国江苏省南京市江宁区东南大学路2号, Jiangsu 211189 (CN)。
- (72) 发明人:王增梅(WANG, Zengmei); 中国江苏省南京市江宁区东南大学路2号, Jiangsu 211189 (CN)。张维敏(ZHANG, Weimin); 中国江苏省南京市江宁区东南大学路2号, Jiangsu 211189 (CN)。杨冬静(YANG, Dongjing); 中国江苏省南京市江宁区东南大学路2号, Jiangsu 211189 (CN)。梁适鸥(LIANG, Shiou); 中国江苏省南京市江宁区

东南大学路2号, Jiangsu 211189 (CN)。崔柯雯(CUI, Kewen); 中国江苏省南京市江宁区东南大学路2号, Jiangsu 211189 (CN)。冉千平(RAN, Qianping); 中国江苏省南京市江宁区东南大学路2号, Jiangsu 211189 (CN)。

- (74) 代理人: 南京瑞弘专利商标事务所(普通合伙)(NANJING RUIHONG PATENT & TRADEMARK AGENCY (ORDINARY PARTNERSHIP)); 中国江苏省南京市玄武区龙蟠路155号紫金联合立方3-411, Jiangsu 210000 (CN)。
- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD,

(54) Title: LIQUID LEAKAGE MONITORING DEVICE

(54) 发明名称: 一种液体泄漏监测装置

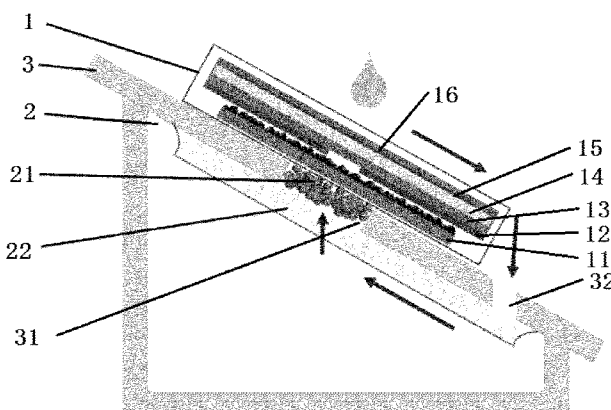


图 1

(57) Abstract: Disclosed in the present invention is a liquid leakage monitoring device, comprising a piezoelectric-piezoresistive dual-mode sensor, a temperature sensor, an ion concentration sensor, a moisture sensing structure, a support and a detection circuit, wherein the moisture sensing structure comprises a liquid-absorbing swelling material and a liquid-absorbing layer; the surface of the support is an inclined planar surface, which is provided with a first hollow-out and a second hollow-out; the liquid-absorbing swelling material is arranged in the first hollow-out, the piezoelectric-piezoresistive dual-mode sensor is arranged above the first hollow-out, and the liquid-absorbing layer is arranged below the first hollow-out and the second hollow-out; and the detection circuit is configured to calculate a liquid dropping frequency based on a piezoelectric signal from the piezoelectric-piezoresistive dual-mode sensor, and to calculate a liquid leakage amount after compensation by a temperature signal from the temperature sensor and a concentration signal from the ion concentration sensor based on the piezoresistive signal from the piezoelectric-piezoresistive dual-mode sensor. The present invention can accurately detect the liquid dropping frequency and the liquid leakage amount.



SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚
(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE,
BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR,
HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO,
PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN,
TD, TG)。

根据细则4.17的声明:

- 发明人资格(细则4.17(iv))

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 本发明公开了一种液体泄漏监测装置, 包括压电压阻双模式传感器、温度传感器、离子浓度传感器、水分感知结构、支架和检测电路, 水分感知结构包括吸液膨胀材料和吸液层, 支架表面为倾斜放置的平面, 平面上设有第一镂空和第二镂空, 吸液膨胀材料填充于所述第一镂空内, 压电压阻双模式传感器设置在第一镂空上方, 吸液层设置在所述第一镂空和所述第二镂空下方, 检测电路用于根据压电压阻双模式传感器的压电信号运算得到液体滴落频率, 以及根据压电压阻双模式传感器的压阻信号计算得到经温度传感器的温度信号和离子浓度传感器的浓度信号补偿后的液体泄漏量。本发明可以准确的检测液体滴落频率和泄漏量。

一种液体泄漏监测装置

技术领域

本发明涉及监测装置，尤其涉及一种液体泄漏监测装置。

背景技术

海底隧道是便捷的日常出行、促进地区经济发展必不可少的重要交通运输工程。然而，服役于恶劣环境中的海底隧道，面对高水压、洋流冲击以及海洋环境腐蚀，渗水问题成为海底隧道工程建设中不可忽视的重要安全隐患。对于地下换热站、地铁隧道、给排水管道工程等基础建设，渗水病害也同样给建筑结构耐久性带来了挑战。渗水病害的发生往往伴随着建筑材料的形变和裂缝，这源于工程建设上的工艺漏洞或是长期服役中的外来损伤，同时渗水问题会进一步加速建筑劣化、降低使用年限，严重时将会导致危害极大的灾害，包括塌方、涌水，从而严重危及民众的人身及各方的财产安全。

目前在漏水监测报警领域，管网检漏系统大多通过传感器感知泄露的振动或声音信号对供水管网进行监测，但因振动信号微弱，且外界干扰大，这类检漏系统的精准仪器造价较为昂贵；还有一些采用压力传感器实现漏水检测，这类技术将遇水膨胀的材料与压力传感器贴合在一起，当液体泄漏时压力传感器感受到压力变化，从而实现对液体泄漏的监测和报警，例如，CN214063051U 公开的一种隧道渗漏超前监测预警装置，其安装方便，耐久性好，不过其只能实现少量缓慢渗水的检测，无法实现高频漏水的快速响应检测；CN114596694A 公开了一种用于感知隧道渗水的双模式压力传感监测报警装置，其采用了双模式压力传感，可以同时感知动态和静态两种情况的力学信息，实现少量缓慢渗水的检测和高频漏水的快速响应，但是该技术还无法准确的检测出液体渗漏初期超低频的滴落频率以及具体的泄漏量，同时通过电路设计提高感知精度。

发明内容

发明目的：本发明针对现有技术存在的问题，提供一种可以检测液体渗漏初期超低频的滴落频率以及具体的泄漏量的液体泄漏监测装置。

技术方案：本发明所述的液体泄漏监测装置包括压电压阻双模式传感器、温度传感器、离子浓度传感器、水分感知结构、支架和检测电路，所述水分感知结构包括吸液膨胀材料和吸液层，所述支架表面为倾斜放置的平面，平面上设有第一镂空和第二镂空，所述吸液膨胀材料填充于所述第一镂空内，所述压电压阻双模式传感器设置在所述第一镂空上方，所述吸液层设置在所述第一镂空和所述第二镂空下方，所述检测电路分别与压电压阻双模式传感器、温度传感器、离子浓度传感器连接，用于根据压电压阻双模式传感器的压电信号运算得到液体滴落频率，以及根据压电压阻双模式传感器的压阻信号计算得到经温度传感器的温度信号和离子浓度传感器的浓度信号补偿后的液体泄漏量。

进一步的，所述检测电路包括：

滤波放大模块，与所述压电压阻双模式传感器的压电信号输出端连接，用于将压电信号进行滤波和放大；

第一AD转换模块，用于将滤波放大模块输出的信号进行模数转换；

稳压模块，用于将第一AD转换模块输出的信号进行稳压，得到数字压电信号；

电阻电压转换模块，与所述压电压阻双模式传感器的压阻信号输出端连接，用于将电流形式的压阻信号转换为电压形式的压阻信号；

第二AD转换模块，用于电压形式的压阻信号进行模数转换，得到数字压阻信号；

微处理器，用于基于数字压电信号按照预设第一算法运算得到液体滴落频率，还用于基于数字压阻信号、温度信号和浓度信号按照预设第二算法运算得到液体泄漏量；

传输模块，用于将所述液体滴落频率和所述液体泄漏量传输出去；

电源模块，用于为各模块供电。

进一步的，所述电阻电压转换模块具体为由四个电阻构成的惠斯通电桥电路。

进一步的，所述第一算法通过获取数字压电信号的两个脉冲之间的间隔时间，获取液体滴落频率。

进一步的，所述第二算法具体为按照多次测量得到的数字压阻信号、温度信号、浓度信号以及对应的液体泄漏量，拟合得到的计算公式。

进一步的，所述压电压阻双模式传感器包括压阻传感层、压阻电极、第一压电基底、压电薄膜、压电电极、第二压电基底、压阻信号输出端和压电信号输出端，所述压阻传感层、压阻电极、第一压电基底、压电薄膜、压电电极、第二压电基底依次叠加，所述压阻信号输出端连接所述压阻电极，所述压电信号输出端连接所述压电电极。

进一步的，所述支架为高分子聚合物材料形成的支架。所述第二镂空位于所述第一镂空的下坡。所述压电压阻双模式传感器和所述吸液层通过胶带固定在所述支架上。

进一步的，所述吸液膨胀材料为微小颗粒状的高吸水树脂。

有益效果：本发明与现有技术相比，其显著优点是：1、该装置是一种相对成本较低的监测隧道渗水的方案。2、本发明充分利用了双模式压力传感器的优势，设计了基于斜坡约束的水分双路径流向结构，压电部分可以对下落的水滴做出脉冲响应，从而分辨水滴渗漏的频率，而压阻部分可以借助吸水材料吸水膨胀的特性，感知不同的泄漏量，两者结合能够为监测分析复杂的渗水场景提供丰富的信息。3、本发明配合专门设计的检测电路，根据压电信号运算得到超低频液体滴落频率，还引入温度传感器和渗水离子浓度将环境信号和压阻信号同时处理，考虑了环境和液体离子浓度对泄漏量的影响，实现了具有环境补偿功能的液体泄漏量检测，检测的液体泄漏量结果更精确。本发明可及时对海底隧道等建筑的渗水病害进行检测，帮助分析判断渗水问题的实际情况。

附图说明

图 1 为本发明提供的液体泄漏监测装置中液体泄漏监测装置结构示意图；

图 2 为检测电路的具体电路示意图；

图 3 为本发明压电压阻双模式传感器对于不同泄漏量的压阻响应及相应特征；

图 4 为本发明压电压阻双模式传感器对不同滴落频率的压阻响应；

图 5 为本发明压电压阻双模式传感器对不同滴落频率的压电响应；

图 6 为对比例结构及其对于不同泄漏量和滴落速度的响应；

图 7 为在不同室温下本发明压电压阻双模式传感器对每次 0.5mL 滴落的相对电流变化曲线对比图；

图 8 为本发明压电压阻双模式传感器对每次 0.3mL 渗漏海水的相对电流变化曲线；

图 9 为本发明检测电路的超低频滴水频率检测电路部分的示意图；

图 10 为本发明检测电路的环境补偿渗水量检测电路部分的示意图。

具体实施方式

下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例，都属于本发明保护的范围。

本实施例提供了一种液体泄漏监测装置，如图 1 和图 2 所示，包括压电压阻双模式传感器 1、水分感知结构 2、支架 3、检测电路、温度传感器、离子浓度传感器。水分感知结构 2 包括吸液膨胀材料 21 和吸液层 22。支架 3 表面为倾斜放置的平面，平面上设有第一镂空 31 和第二镂空 32，第二镂空 32 位于第一镂空 31 的下坡。吸液膨胀材料 21 填充于第一镂空 31 内，压电压阻双模式传感器 1 设置在第一镂空 31 上方，吸液层 22 设置在第一镂空 31 和第二镂空 32 下方，检测电路分别与压电压阻双模式传感器、温度传感器、离子浓度传感器连接，检测电路与压电压阻双模式传感器、温度传感器、离子浓度传感器可集成在一块板上，也可分离安装，具体用于根据压电压阻双模式传感器的压电信号运算得到液体滴落频率，以及根据压电压阻双模式传感器的压阻信号计算得到经温度传感器的温度信号和离子浓度传感器的浓度信号补偿后的液体泄漏量。

如图 1 所示，压电压阻双模式传感器 1 包括压阻传感层 11、压阻电极 12、第一压电基底 13、压电薄膜 14、压电电极 15、第二压电基底 16、压阻信号输出端和压电信号输出端，压阻传感层 11、压阻电极 12、第一压电基底 13、压电薄膜 14、压电电极 15、第二压电基底 16 依次叠加，压阻信号输出端连接压阻电极，压电信号输出端连接压电电极。压阻传感层 11 选用的微结构模板是商用砂纸，但不限于此，可以是尼龙网、织物等具有微结构且成本较低的商业制品，压阻导电材料为喷涂法制备的碳纳米管薄膜或

其他具有优异导电性的纳米材料。压阻电极 12 材料为真空镀膜仪溅射的 Pt、Au、Ag 等金属颗粒的纳米级厚度,为中间有 2 mm 间隔的两端平面电极。第一压电基底 13 和第二压电基底 16 具体为 PDMS 基底。压电薄膜 14 选择 PVDF 和/或 P(DVF-TrFE)或其他其它可以制成柔性压电薄膜的材料,选择的制备工艺是旋涂法,薄膜厚度为 5~10 μ m。压电电极 15 为溅镀金属的叉指电极。

压电压阻双模式传感器 1 的制备方法包括以下步骤:

(1) 将 PDMS 和固化剂按 10: 1 的重量比机械搅拌均匀,静置除气泡后,使用匀胶机在商业砂纸上旋涂一层薄膜,高温固化后获得有砂纸表面形貌的 PDMS 柔性基底,即第一压电基底 13。将合适量的碳纳米管分散液喷涂于所需尺寸的第一压电基底 13 表面,获得复合 MWCNTs/PDMS 压阻传感层 11。

(2) 将 P(VDF-TrFE)粉末溶于溶剂中,通过匀胶机旋涂出厚度可控的压电薄膜 14。用刮涂刀在玻璃片上制备一层 500 μ m 厚的未固化 PDMS 薄膜,将压电薄膜 14 置于其上,80 $^{\circ}$ C 加热板上 1 h 后固化后,小心揭下剪裁好并镀完压电电极 15 后,刮涂一层 250 μ m 厚 PDMS,形成第二压电基底 16,将有第二压电基底 16 的压电薄膜 14 反转置于 PDMS 的第一压电基底 13 上,固化后完成封装。

(3) 在压阻传感层 11 和第一压电基底 13 接触面沉积一层有间断的电极材料,即压阻电极 12,并在两侧以导线引出,后进行封装,得到压阻压电双模式压力传感器 1。

吸液膨胀材料 21 为微小颗粒状的高吸水树脂,具有较优的吸水膨胀倍率,吸液层 22 具体为吸水薄棉,可以实现第二镂空处水的吸收,再被吸液膨胀材料 21 吸收,吸液膨胀材料 21 膨胀后,挤压压阻压电双模式压力传感器 1 产生信号。压阻压电双模式压力传感器 1 和吸液层 22 分别使用普通透明胶带和医用 PU 膜胶带进行固定,可以实现传感器以及吸液膨胀材料 21 同吸水薄棉的替换,达成装置重复使用的目的。

支架 3 为高分子聚合物材料形成的支架,支架 3 在实验中以瓶口为斜面的容器作为底座固定,使用中或可根据排布位置保持倾斜角度直接与建筑物固定。吸液膨胀材料 21 置于第一镂空 31,此空间将给予吸水材料膨胀一定限制,从而尽可能使形变转换为压阻压电双模式压力传感器 1 可以做出响应的压强。支架 3 表面为倾斜放置,当水滴落到该斜面,震动可以被灵敏的压阻压电双模式压力传感器 1 的压电薄膜 14 感知,输出电压信号,水滴继续下滑至第二镂空,被吸液层 22 吸收,运输水分至吸液膨胀材料 21 所在位置,吸液膨胀材料 21 膨胀,由于第一镂空 31 的位置限定,将会有效地给予上方的压阻压电双模式压力传感器 1 的压阻传感层 11 以压力,根据不同受压情形出现不同压阻响应。

如图 2 所示,检测电路包括滤波放大模块、第一 AD 转换模块、稳压模块、电阻电压转换模块、第二 AD 转换模块、微处理器、传输模块和电源模块,其中,滤波放大模

块、第一 AD 转换模块、稳压模块、微处理器形成了超低频滴水频率检测电路部分（图 8），电阻电压转换模块、第二 AD 转换模块、微处理器、温度传感器和离子浓度传感器构成的环境补偿模块形成了环境补偿渗水量检测电路部分（图 9）。滤波放大模块与压电阻双模式传感器的压电信号输出端连接，用于将压电信号进行滤波和放大，具体为由运算放大器和电容组成的低通放大滤波电路，可滤除输入信号中的杂波和噪声，将信号放大 100 倍左右，使得输出信号更加准确和稳定。第一 AD 转换模块用于将滤波放大模块输出的信号进行模数转换，具体为迟滞比较电路，可避免由于输入电压在阈值附近的微小波动而导致输出信号频繁切换，转化为数字脉冲信号。稳压模块具体为电压跟随器，用于将第一 AD 转换模块输出的信号进行稳压，得到数字压电信号，输入到微处理器。电阻电压转换模块与压电阻双模式传感器的压阻信号输出端连接，具体为由四个电阻构成的惠斯通电桥电路，分别为 3 个标准电阻和一个可变电阻，用于将电流形式的压阻信号转换为电压形式的压阻信号。第二 AD 转换模块为 HX711，用于电压形式的压阻信号进行模数转换，得到数字压阻信号。微处理器由 STM32 最小电路组成，用于基于数字压电信号按照预设第一算法运算得到液体滴落频率，还用于基于数字压阻信号、温度信号和浓度信号按照预设第二算法运算得到液体泄漏量。传输模块用于将液体滴落频率和液体泄漏量传输出去，可以为无线传输模块也可以为有线传输模块，优选方式为无线传输模块，无线传输时可采用蓝牙无线收发器，可将信号传输到移动终端显示，还可以将泄漏量值与时间的关系进行记录和绘制成图表。电源模块由变压器、稳压器滤、桥式整流电路组成，将 220V 交流电源转化成 5V 直流电源，为各模块供电。

微处理器中第一算法通过获取数字压电信号的两个脉冲之间的间隔时间，获取液体滴落频率。第二算法具体为按照多次测量得到的数字压阻信号、温度信号、浓度信号以及对应的液体泄漏量，拟合得到的计算公式。

下面对本发明进行实验验证。

为了验证本发明的效果，设置了对比例，具体为：支架平面并没有倾斜固定，平面上方为吸水薄棉和有孔 PU 膜作为限制体积结构和渗水通道，下方为双模式压力传感器。

由图 3 可见，滴水量越大，到达稳定平台期时花费的时间越长且压阻响应强度越大，可以基本分辨泄漏量的大小。爱心的位置代表了开始滴水的时间，到出现响应的这段延迟时间有十几秒，是因为水被吸液层吸收并运输到吸液膨胀材料附近并使其膨胀到器件最低检测阈值花费了时间。图 4 则说明器件可以分辨滴水频率的快慢，频率越快吸液膨胀材料膨胀的速度越快，所用时间越少，响应曲线越快达到平台期，但具体频率比较难以分辨。图 5 显示了压电部分可以分辨出不同滴水频率的变化，并随着频率的提高，电压响应随之变大，从而提供了额外的信息，帮助分析具体泄漏场景。

若采用对比例中的组装方式，虽然如图 6 所示，压阻部分仍能够大致分辨泄漏量和

泄漏频率，但压电部分因而无法提供精确的滴水频率信息。

温度会影响到吸液膨胀材料（SAP）的吸水速率，SAP的吸水性能会因温度降低而下降，故探究了夏季(~30°C)和冬季较冷时(~10°C)两种情形时的响应，如图 7 所示，温度较高时器件的响应会随着每一次滴水出现一个台阶，但变化会逐渐变小，这可能是由于已经吸水的吸水树脂会阻碍未吸水的树脂继续吸收水分，也可能是压阻部分可以受到的压强也趋近饱和。但是，较低温度时器件在 6 次滴水后就已经几乎不做出响应，说明器件可以在温度低时工作但性能会有所降低。图 8 也说明了类似的情况，因为海水富含 Ca^{2+} ， Mg^{2+} 等会阻碍 SAP 吸水的离子，SAP 的吸收速率和膨胀倍率大大降低。第一次滴海水时上升最明显，到第五次几乎没有变化。可见，虽然性能会受影响，但器件在也可作用于海水环境下的建筑泄漏报警。

权 利 要 求 书

1、一种液体泄漏监测装置，其特征在于：包括压电压阻双模式传感器、温度传感器、离子浓度传感器、水分感知结构、支架和检测电路，所述水分感知结构包括吸液膨胀材料和吸液层，所述支架表面为倾斜放置的平面，平面上设有第一镂空和第二镂空，所述吸液膨胀材料填充于所述第一镂空内，所述压电压阻双模式传感器设置在所述第一镂空上方，所述吸液层设置在所述第一镂空和所述第二镂空下方，所述检测电路分别与压电压阻双模式传感器、温度传感器、离子浓度传感器连接，用于根据压电压阻双模式传感器的压电信号运算得到液体滴落频率，以及根据压电压阻双模式传感器的压阻信号计算得到经温度传感器的温度信号和离子浓度传感器的浓度信号补偿后的液体泄漏量。

2、根据权利要求1所述的液体泄漏监测装置，其特征在于：所述检测电路包括：
滤波放大模块，与所述压电压阻双模式传感器的压电信号输出端连接，用于将压电信号进行滤波和放大；

第一AD转换模块，用于将滤波放大模块输出的信号进行模数转换；

稳压模块，用于将第一AD转换模块输出的信号进行稳压，得到数字压电信号；

电阻电压转换模块，与所述压电压阻双模式传感器的压阻信号输出端连接，用于将电流形式的压阻信号转换为电压形式的压阻信号；

第二AD转换模块，用于电压形式的压阻信号进行模数转换，得到数字压阻信号；

微处理器，用于基于数字压电信号按照预设第一算法运算得到液体滴落频率，还用于基于数字压阻信号、温度信号和浓度信号按照预设第二算法运算得到液体泄漏量；

传输模块，用于将所述液体滴落频率和所述液体泄漏量传输出去；

电源模块，用于为各模块供电。

3、根据权利要求1所述的液体泄漏监测装置，其特征在于：所述电阻电压转换模块具体为由四个电阻构成的惠斯通电桥电路。

4、根据权利要求1所述的液体泄漏监测装置，其特征在于：所述第一算法通过获取数字压电信号的两个脉冲之间的间隔时间，获取液体滴落频率。

5、根据权利要求1所述的液体泄漏监测装置，其特征在于：所述第二算法具体为按照多次测量得到的数字压阻信号、温度信号、浓度信号以及对应的液体泄漏量，拟合得到的计算公式。

6、根据权利要求1所述的液体泄漏监测装置，其特征在于：所述压电压阻双模式传感器包括压阻传感层、压阻电极、第一压电基底、压电薄膜、压电电极、第二压电基底、压阻信号输出端和压电信号输出端，所述压阻传感层、压阻电极、第一压电基底、压电薄膜、压电电极、第二压电基底依次叠加，所述压阻信号输出端连接所述压阻电极，所述压电信号输出端连接所述压电电极。

7、根据权利要求1所述的液体泄漏监测装置，其特征在于：所述支架为高分子聚

合物材料形成的支架。

8、根据权利要求 1 所述的液体泄漏监测装置，其特征在于：所述第二镂空位于所述第一镂空的下坡。

9、根据权利要求 1 所述的液体泄漏监测装置，其特征在于：所述压电压阻双模式传感器和所述吸液层通过胶带固定在所述支架上。

10、根据权利要求 1 所述的液体泄漏监测装置，其特征在于：所述吸液膨胀材料为微小颗粒状的高吸水树脂。

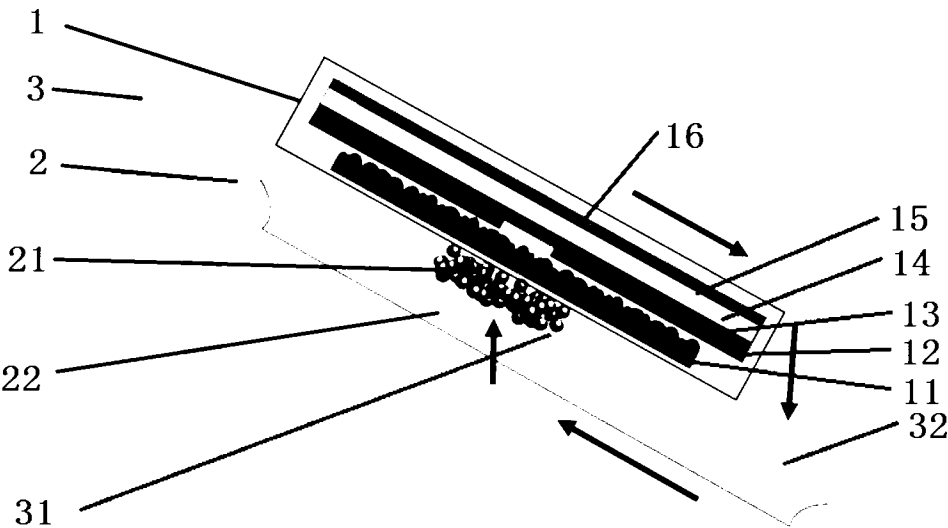


图 1

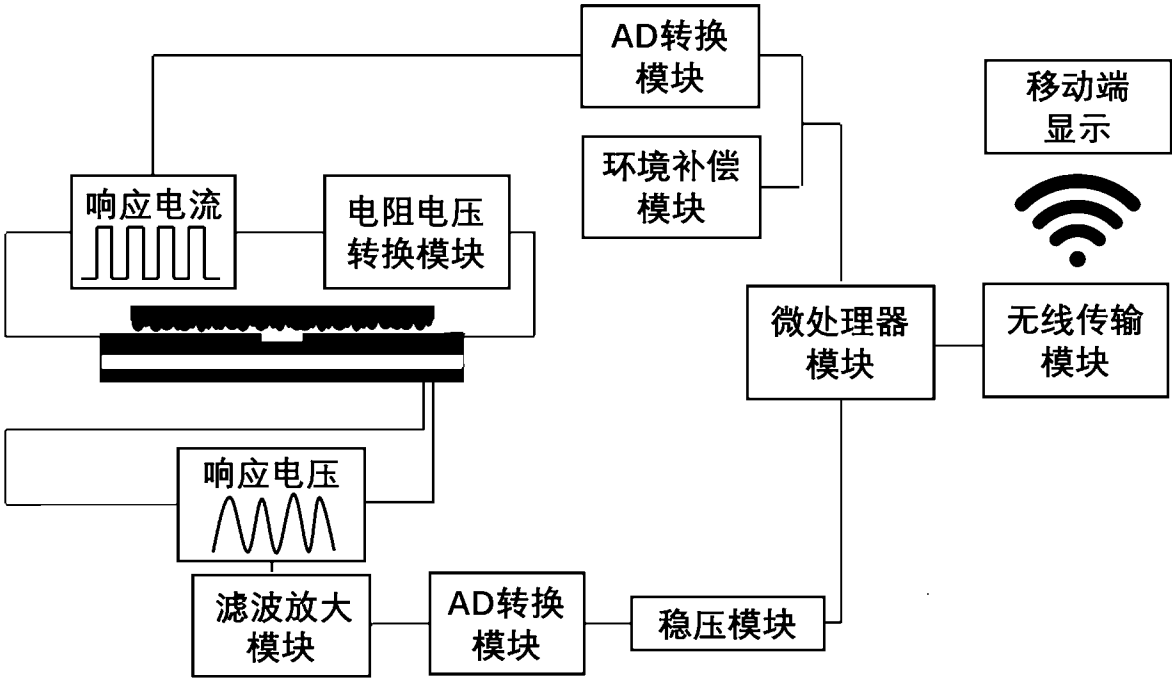


图 2

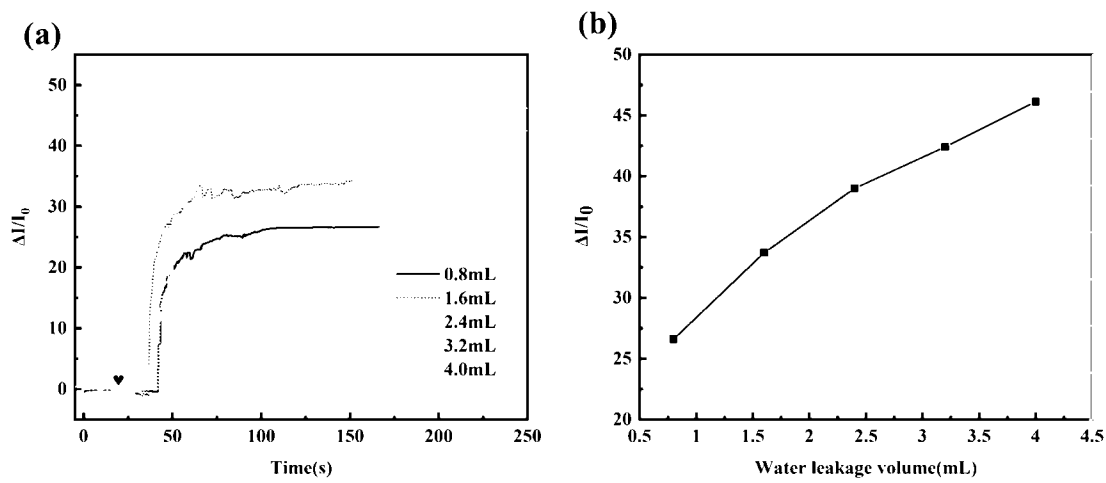


图 3

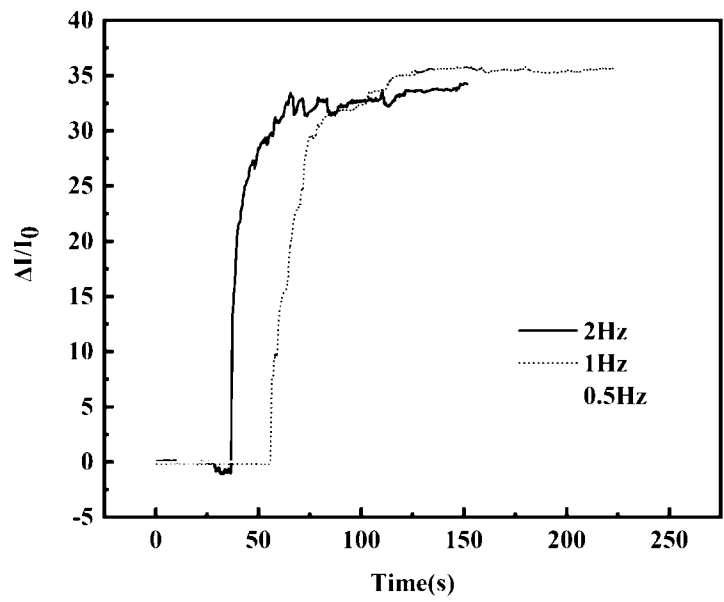


图 4

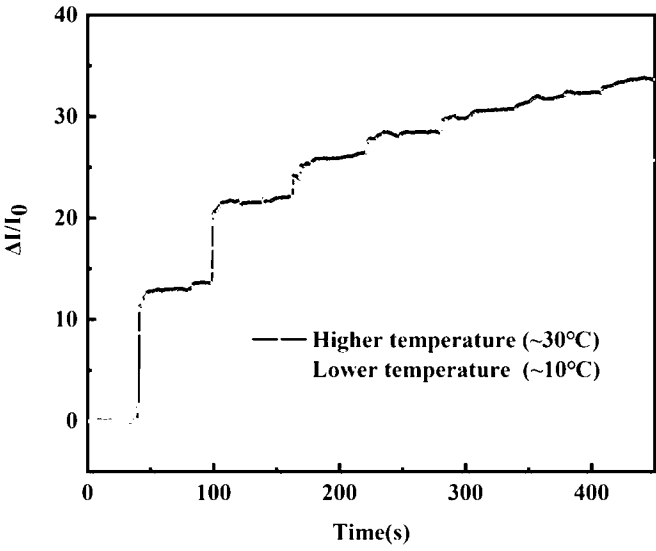


图 7

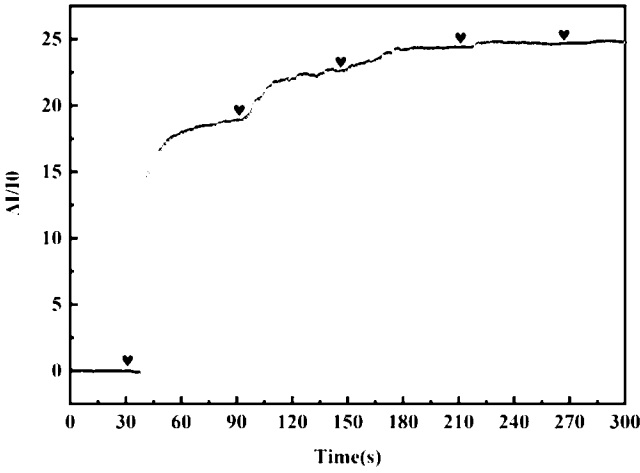


图 8

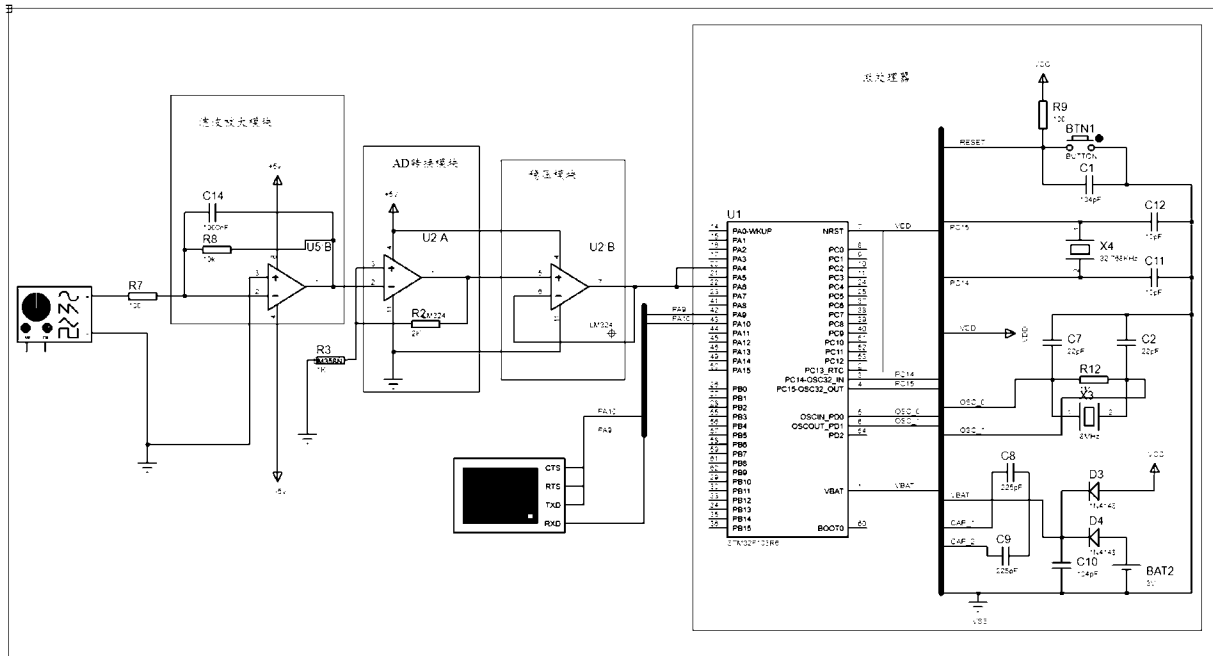


图 9

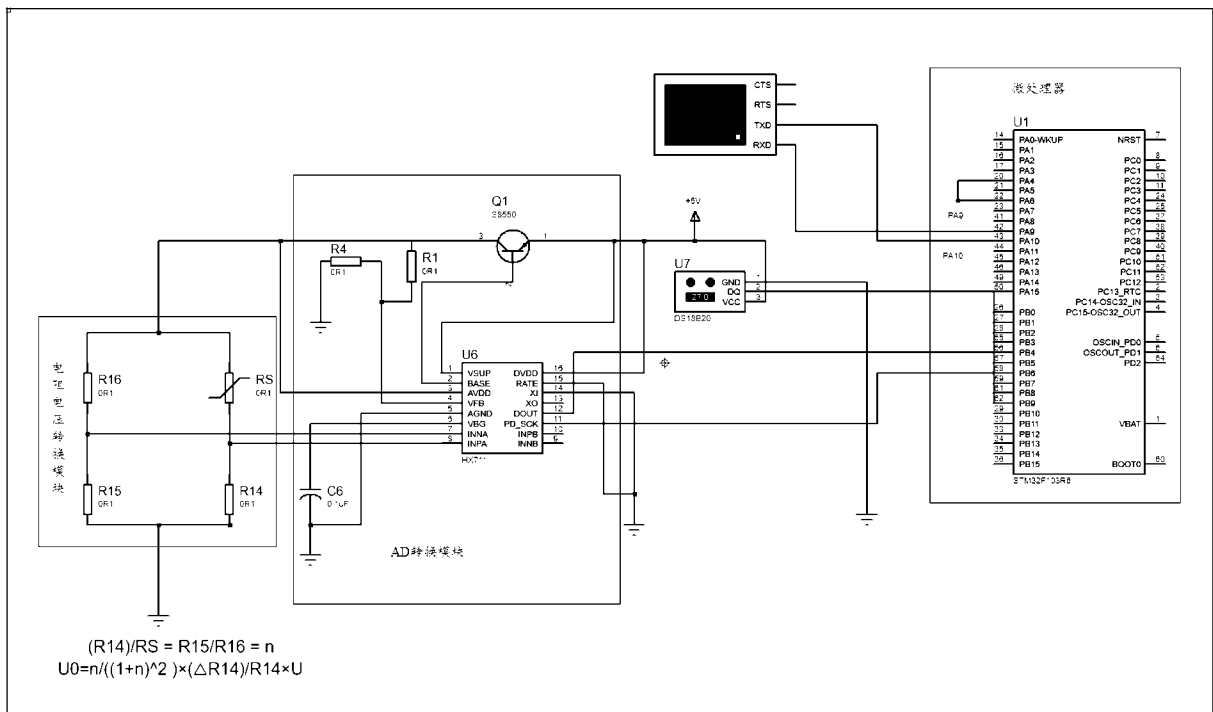


图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/128668

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01P5/08(2006.01)i; G01F22/02(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: G01P G01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNTXT; CNKI; VEN; WOTXT; EPTXT; USTXT; IEEE: 液, 水, 漏, 渗, 渗漏, 压电, 压阻, 传感器, 膨胀, 压力, 滴落频率, 泄漏量, liquid, water, leak+, piezoresistive, piezoelectric, sensor?, transducer?, swelling, expansion, pressure

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 116794345 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 22 September 2023 (2023-09-22) description, paragraphs [0002]-[0047], and figures 1-10	1-10
A	CN 114596694 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 07 June 2022 (2022-06-07) description, paragraphs [0002]-[0048], and figures 1-5	1-10
A	CN 214063051 U (CHENGDU METRO OPERATION CO., LTD.) 27 August 2021 (2021-08-27) entire document	1-10
A	CN 214639015 U (WEI DI) 09 November 2021 (2021-11-09) entire document	1-10
A	JP 2015152313 A (NEC CORP.) 24 August 2015 (2015-08-24) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“D” document cited by the applicant in the international application

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 November 2023

Date of mailing of the international search report

05 December 2023

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/128668

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	116794345	A	22 September 2023	None	
CN	114596694	A	07 June 2022	None	
CN	214063051	U	27 August 2021	None	
CN	214639015	U	09 November 2021	None	
JP	2015152313	A	24 August 2015	JP 6413252 B2	31 October 2018

A. 主题的分类 G01P5/08(2006.01)i; G01F22/02(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) IPC: G01P G01F 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNABS;CNTXT;CNKI;VEN;WOTXT;EPTXT;USTXT;IEEE:液, 水, 漏, 渗, 渗漏, 压电, 压阻, 传感器, 膨胀, 压力, 滴落频率, 泄漏量, liquid, water, leak+, piezoresistive, piezoelectric, sensor?, transducer?, swelling, expansion, pressure		
C. 相关文件		
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 116794345 A (东南大学) 2023年9月22日 (2023 - 09 - 22) 说明书第[0002]-[0047]段, 附图1-10	1-10
A	CN 114596694 A (东南大学) 2022年6月7日 (2022 - 06 - 07) 说明书第[0002]-[0048]段, 附图1-5	1-10
A	CN 214063051 U (成都地铁运营有限公司) 2021年8月27日 (2021 - 08 - 27) 全文	1-10
A	CN 214639015 U (韦堤) 2021年11月9日 (2021 - 11 - 09) 全文	1-10
A	JP 2015152313 A (NEC CORP) 2015年8月24日 (2015 - 08 - 24) 全文	1-10
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
★ 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 2023年11月24日	国际检索报告邮寄日期 2023年12月5日	
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	授权官员 黄传霞 电话号码 (+86) 0512-88997015	

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2023/128668

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	116794345	A	2023年9月22日	无	
CN	114596694	A	2022年6月7日	无	
CN	214063051	U	2021年8月27日	无	
CN	214639015	U	2021年11月9日	无	
JP	2015152313	A	2015年8月24日	JP 6413252 B2	2018年10月31日