

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103175783 A

(43) 申请公布日 2013.06.26

(21) 申请号 201110431356.7

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2011.12.21

G01N 21/17(2006.01)

(71) 申请人 中国航空工业集团公司沈阳发动机
设计研究所

地址 110015 辽宁省沈阳市沈河区万莲路 1
号

申请人 华中科技大学

(72) 发明人 周建军 叶林 王德友 葛俊峰
蔚夺魁 江先军 陆海鹰 邹建红
张兴 吴小军

(74) 专利代理机构 沈阳晨创科技专利代理有限
责任公司 21001

代理人 任玉龙

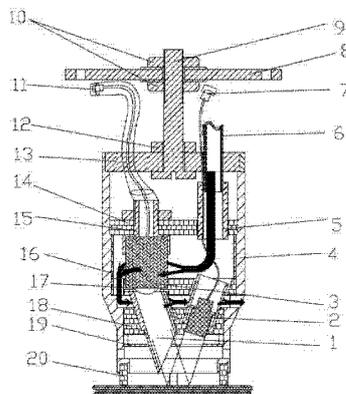
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

一种表面发射率测试仪

(57) 摘要

一种表面发射率测试仪,由探测器、电路部分、计算机和电源构成,探测器将反映表面发射率的红外热敏电阻电压信号送到电路部分,电路部分将调理后的信号送到计算机进行处理,电源为电路部分供电,探测器包括外罩、红外发射源、聚光筒和红外热敏电阻,红外发射源和红外热敏电阻分别固定在外罩内,红外热敏电阻下端面与聚光筒连接,红外发射源出射光路与聚光筒中轴线关于外罩中轴线对称,红外热敏电阻信号引出线和红外发射源控制线分别穿过外罩顶盖连接电路部分。本发明优点:可以对热敏电阻的非线性特性进行温度补偿,消除电路部分漂移带来的误差,提高测试精度。能很方便使用于不同物体表面进行发射率在线实时动态测试。



1. 一种表面发射率测试仪,由探测器、电路部分、计算机和电源构成,探测器将反映表面发射率的红外热敏电阻电压信号送到电路部分,电路部分将调理后的信号送到计算机进行处理,电源为电路部分供电,其特征在于:

探测器包括外罩、红外发射源、聚光筒和红外热敏电阻,红外发射源和红外热敏电阻分别固定在外罩内,红外热敏电阻下端与聚光筒连接,红外发射源出射光路与聚光筒中轴线关于外罩中轴线对称,红外热敏电阻信号引出线和红外发射源控制线分别穿过外罩顶盖连接电路部分;

所述电路部分包括驱动单元、信号调理单元以及数据采集单元;驱动单元由方波发生器、方波选通电路和开关电路构成,方波发生器产生的方波经过方波选通电路控制开关电路导通或关闭,开关电路输出通过红外发射源控制线连接红外发射源;

所述信号调理单元由稳压电源、电阻/电压变换电路、第一低通滤波电路、高通滤波放大电路、整流滤波电路、第二低通滤波电路、零点迁移电路、反相器、2选1模拟开关构成;稳压电源为电阻/电压变换电路提供参考电压,电阻/电压变换电路、第一低通滤波电路、高通滤波放大电路、整流滤波电路、第二低通滤波电路、零点迁移电路和2选1模拟开关的第一输入端依次串联,第一低通滤波电路的输出经过反相器送到2选1模拟开关的第二输入端,2选1模拟开关输出端连接数据采集单元;

所述数据采集单元由电压采集模块、控制模块、通信模块和处理器构成;电压采集模块采集信号调理单元2选1模拟开关输出的电压并送到处理器,处理器根据计算机的命令对电压采集模块送来的电压进行分类存储,并通过通信模块传输给计算机;处理器并根据计算机的命令控制控制模块的输出信号;控制模块控制方波选通电路的选通和2选1模拟开关的切换。

2. 按照权利要求1所述的表面发射率测试仪,其特征在于:所述探测器中,所述红外发射源上下两端和聚光筒上下两端分别通过第一固定板和第二固定板固定在外罩内;所述红外热敏电阻下端固定在第一固定板上,红外热敏电阻上端通过安装座固定在第三固定板上,第三固定板固定于外罩内;所述红外发射源出射光路与聚光筒中轴线的夹角为小于或等于 45° ;所述第一固定板和第三固定板之间装有隔热套;所述外罩内,在红外发射源和聚光筒下端固定有反射板,反射板上开有允许出射和反射光路通过的椭圆形孔;所述外罩下端设置沿圆周均匀分布的支撑垫,支撑垫采用隔热材料制作。

3. 按照权利要求1或2所述的表面发射率测试仪,其特征在于:所述探测器中,所述第三固定板上装有直通适配器,连接通气管道;所述第一固定板上红外热敏电阻外侧开有通孔;所述外罩上靠近红外发射源的外侧开有通孔。

4. 按照权利要求1或2所述的表面发射率测试仪,其特征在于:所述电路部分装于金属机箱内,金属机箱接地;所述探测器中,红外热敏电阻的信号引出线为屏蔽线,屏蔽线的屏蔽层一端和红外热敏电阻的外壳相连,屏蔽层另一端与金属机箱相连,形成封闭的屏蔽套。

一种表面发射率测试仪

[0001]

技术领域

[0002] 本发明属于光学测试仪器,具体涉及一种表面发射率测试仪,应用于非接触式测温、太阳能应用以及飞机结构设计等领域。

背景技术

[0003] 许多工业领域,需要知道物体表面发射率这一参数,而表面发射率受很多因素的影响,因此需要对其进行现场实时动态测试,从而能更准确研究物体表面热辐射特性。例如,在非接触式测温领域,在线精确测量得到待测物体表面发射率可以使测量的温度更准确;在太阳能应用领域,测量发射率有利于找到高吸收率的材料;在飞机结构设计中,需要考虑发动机对周边飞机结构的热辐射影响。

[0004] 现有的发射率测试方法包括量热法、辐射能量法、多波长测量法、反射率法。其中量热法必须要求将待测物体制成可测量的小样件,并需要测试待测点的表面温度值,不适用于现场在线测试;辐射能量法不适用于低温或常温测试,并且模拟黑体制作很难,因此适用性也较差;多波长测量法目前理论还不成熟,没有可以适应所有材料的算法。反射率法用于测试不透明的物体,将已知强度的辐射能量投射到被测面上,根据能量守恒定律和基尔霍夫定律,通过反射计求得辐射能量,得到样品的反射率后即得到发射率。

[0005] 现有基于反射率法的表面发射率测试仪,包括探测器和电路部分;探测器由红外热敏电阻和红外光源组成,属于台式仪器,不适用于现场安装,不能满足现场实时动态测试;电路部分由驱动单元、信号调理单元和单片机单元组成,其中信号调理单元主要采用相敏检波电路,因此检测的信号引入了相位误差,另外电路部分只采集反射回来的表征辐射能量大小的电压信号 V ;单片机单元根据如下的公式计算表面发射率 ϵ : $\epsilon = 1 - V * K$,其中K为常数,可以通过测量已知表面发射率的标准样件得到,没有消除热敏电阻的非线性误差,因此测试结果会随热敏电阻的工作温度不同而漂移。

发明内容

[0006] 本发明的目的是为了解决现有表面发射率测试仪体积大、不便于现场安装、耐振动性差、红外热敏电阻非线性和测试仪零点漂移造成测试不准确等问题,特提供了一种表面发射率测试仪。

[0007] 一种表面发射率测试仪,由探测器、电路部分、计算机和电源构成,探测器将反映表面发射率的红外热敏电阻电压信号送到电路部分,电路部分将调理后的信号送到计算机进行处理,电源为电路部分供电,其特征在于:

探测器包括外罩、红外发射源、聚光筒和红外热敏电阻,红外发射源和红外热敏电阻分别固定在外罩内,红外热敏电阻下端与聚光筒连接,红外发射源出射光路与聚光筒中轴线关于外罩中轴线对称,红外热敏电阻信号引出线和红外发射源控制线分别穿过外罩顶盖

连接电路部分；

所述电路部分包括驱动单元、信号调理单元以及数据采集单元；驱动单元由方波发生器、方波选通电路和开关电路构成，方波发生器产生的方波经过方波选通电路控制开关电路导通或关闭，开关电路输出通过红外发射源控制线连接红外发射源；

所述信号调理单元由稳压电源、电阻 / 电压变换电路、第一低通滤波电路、高通滤波放大电路、整流滤波电路、第二低通滤波电路、零点迁移电路、反相器、2 选 1 模拟开关构成；稳压电源为电阻 / 电压变换电路提供参考电压，电阻 / 电压变换电路、第一低通滤波电路、高通滤波放大电路、整流滤波电路、第二低通滤波电路、零点迁移电路和 2 选 1 模拟开关的第一输入端依次串联，第一低通滤波电路的输出经过反相器送到 2 选 1 模拟开关的第二输入端，2 选 1 模拟开关输出端连接数据采集单元；

所述数据采集单元由电压采集模块、控制模块、通信模块和处理器构成；电压采集模块采集信号调理单元 2 选 1 模拟开关输出的电压并送到处理器，处理器根据计算机的命令对电压采集模块送来的电压进行分类存储，并通过通信模块传输给计算机；处理器并根据计算机的命令控制控制模块的输出信号；控制模块控制方波选通电路的选通和 2 选 1 模拟开关的切换；

所述计算机通过通信模块向处理器发出命令，并根据下述公式计算表面发射率：

式中，为红外热敏电阻所接收的表征调制辐射信号大小的电压，是测试仪的零点电压，是表征红外热敏电阻工作温度点的电压，C 为常数，通过测量已知发射率的标准样板求得；

计算机发送给处理器的命令有三种：命令 A. 控制方波选通电路选通且 2 选 1 模拟开关切换到第一输入端，使得数据采集单元能采集到红外热敏电阻所接收的表征调制辐射信号大小的电压 V_1 ；命令 B. 控制方波选通电路关闭且 2 选 1 模拟开关选择第一输入端，使得数据采集单元能采集到测试仪的零点电压 $V_1(0)$ ；命令 C. 控制 2 选 1 模拟开关切换到第二输入端，使得数据采集单元能采集到表征红外热敏电阻工作温度点的电压 V_2 。

[0008] 所述探测器中，所述红外发射源上下两端和聚光筒上下两端分别通过第一固定板和第二固定板固定在外罩内；所述红外热敏电阻下端固定在第一固定板上，红外热敏电阻上端通过安装座固定在第三固定板上，第三固定板固定于外罩内；所述红外发射源出射光路与聚光筒中轴线的夹角为小于或等于 45° ；所述第一固定板和第三固定板之间装有隔热套；所述外罩内，在红外发射源和聚光筒下端固定有反射板，反射板上开有允许出射和反射光路通过的椭圆形孔；所述外罩下端面设置有沿圆周均匀分布的支撑垫，支撑垫采用隔热材料制作。

[0009] 所述探测器中，所述第三固定板上装有直通适配器，连接通气管道；所述第一固定板上红外热敏电阻外侧开有通孔；所述外罩上靠近红外发射源的外侧开有通孔。

[0010] 所述电路部分装于金属机箱内，金属机箱接地；所述探测器中，红外热敏电阻的信号引出线为屏蔽线，屏蔽线的屏蔽层一端和红外热敏电阻的外壳相连，屏蔽层另一端与金属机箱相连，形成封闭的屏蔽套。

[0011] 本发明的工作过程如下：计算机对数据采集单元每秒发一次命令，数据采集单元每秒向计算机送一组数据；开始用 30 秒向数据采集单元交替发送命令 B 和命令 C，然后接下来的测试时间 T 内向数据采集单元交替发送命令 A 和命令 C，时间 T 后再回到开始 30 秒向数据采集单元发送命令 B 和命令 C，以此循环进行测试；测试仪的工作过程中，前 30 秒测

试测试仪的零点电压 $V1(0)$ ，为了避开 2 选 1 模拟开关切换时的尖峰误差，只取 20 秒后的 10 秒钟的数据进行平均作为随后测试计算中测试仪的零点电压；随后的时间 T 内，测试仪每秒更新一组红外热敏电阻所接收的表征调制辐射信号大小的电压 $V1$ 和表征红外热敏电阻工作温度点的电压 $V2$ ，计算机再最近一次测试的测试仪零点带入该测试仪的表面发射率公式进行实时求解表面发射率；测试仪的零点电压表征测试仪的电路部分漂移，通常比较稳定，可以将测试时间 T 取大于 10 分钟。

[0012] 本发明将红外发射源和红外热敏电阻安装在探测器内部，探测器整体尺寸小，底部直径仅 46mm，可以适应较窄的测试表面，所有零件均采用耐高温且强度高的环氧树脂胶粘接装配，使探测器具备较强的抗振动性能。

[0013] 探测器底端通过热绝缘性好的支撑垫支撑在待测表面，减少待测表面对探测器的传导热，并且反射板经过抛光镀金处理，减少待测表面对探测器的辐射传热，探测器具备良好的隔热性能。

[0014] 探测器中，第三固定板上装有直通适配器，连接通气管道，第一固定板上红外热敏电阻外侧开有通孔，外罩上靠近红外发射源的外侧开有通孔，上述措施构成冷却通道，可以通过外接一定压力的冷气降低探测器内部红外热敏电阻和红外发射源的温度，并且冷却通道内第一固定板和第三固定板之间装有隔热套，提高冷却效率，从而保证探测器可以在线长时间测试高温物体表面发射率。

[0015] 本发明优点：

本发明的探测器和电子电路都采用良好的屏蔽处理，具有较强的电磁兼容性。本发明不仅实时测试到红外热敏电阻所接收的表征调制辐射信号大小的电压 $V1$ ，还实时采集表征红外热敏电阻工作温度点的电压 $V2$ 以及测试仪零点电压 $V1(0)$ ，可以对热敏电阻的非线性特性进行温度补偿，消除电路部分漂移带来的误差，提高测试精度。能很方便使用于不同物体表面进行发射率在线实时动态测试。

[0016]

附图说明

[0017] 图 1 为本发明的示意框图；

图 2 为本发明的探测器结构示意图；

图 3 为电阻 / 电压变换电路的输出波形示意图；

图 4 为第一级低通滤波电路的输出波形示意图；

图 5 为高通滤波放大电路的输出波形示意图；

图 6 为整流滤波电路的输出波形示意图；

图 7 为零点迁移电路的输出波形示意图；

图 8 为反相器的输出波形示意图；

图 9 为控制模块控制 2 选 1 模拟开关的控制信号示意图；

图 10 为 2 选 1 模拟开关的输出波形示意图；

图 2 中，聚光筒 1，红外发射源 2，红外热敏电阻 3，外罩 4，直通适配器 5，连接通气管道 6，红外发射源控制线 7，过渡圆盘 8，螺杆 9，调整螺母 10，信号引出线 11，锁紧螺母 12，外罩顶盖 13，第三固定板 14，安装座 15，隔热套 16，第一固定板 17，第二固定板 18，反射板 19，支

撑垫 20。

具体实施方式

实施例

[0018] 现结合图 1、图 2 说明本发明的具体实施方案。

[0019] 如图 1 所示,本发明由探测器、电路部分、计算机和电源构成,探测器将反映表面发射率的红外热敏电阻电压信号送到电路部分,电路部分将调理后的信号送到计算机进行处理,电源为电路部分供电。

[0020] 所述电路部分包括驱动单元、信号调理单元以及数据采集单元;

驱动单元由方波发生器、方波选通电路和开关电路构成;

信号调理单元由稳压电源、电阻 / 电压变换电路、第一低通滤波电路、高通滤波放大电路、整流滤波电路、第二低通滤波电路、零点迁移电路、反相器、2 选 1 模拟开关构成;

数据采集单元由电压采集模块、控制模块、通信模块和处理器构成;

电路部分装于金属机箱内,金属机箱接地。

[0021] 图 2 所示为探测器结构,探测器包括外罩 4、红外发射源 2、聚光筒 1、红外热敏电阻 3,红外发射源 2 和红外热敏电阻 3 分别固定在外罩 4 内,红外热敏电阻 3 下端面与聚光筒 1 连接,红外发射源 2 出射光路与聚光筒 1 中轴线关于外罩 4 中轴线对称,红外热敏电阻 3 信号引出线 11 和红外发射源控制线 7 分别穿过外罩顶盖 13 连接所述电路部分;信号引出线 11 使用屏蔽线,其屏蔽层一端通过安装座 15 和红外热敏电阻的外壳实现电连接,屏蔽层另一端与金属机箱相连,形成封闭的电磁屏蔽套。

[0022] 红外发射源 2 上下两端和聚光筒 1 上下两端分别通过第一固定板 17 和第二固定板 18 固定在外罩 4 内;所述红外热敏电阻 3 下端固定在第一固定板 17 上,红外热敏电阻 3 上端通过安装座 15 固定在第三固定板 14 上,第三固定板 14 固定于外罩 4 内;红外发射源 2 出射光路与聚光筒 1 中轴线的夹角为 36° ;

第一固定板 17 和第三固定板 14 之间装有隔热套 16;

外罩 4 内,在红外发射源 2 和聚光筒 1 下端面固定有反射板 19,反射板 19 上开有允许出射和反射光路通过的椭圆形孔;

外罩 4 下端面设置有沿圆周均匀分布的 4 个支撑垫 20,支撑垫 20 采用隔热材料石棉板制作;

所述第三固定板 14 上装有直通适配器 5,连接通气管道 6;所述第一固定板 17 上红外热敏电阻 3 外侧开有通孔;所述外罩 4 上靠近红外发射源 2 的外侧开有通孔;图 2 中黑色箭头代表的是冷却通道冷气流,冷却了红外发射源 2 和红外热敏电阻 3 两个核心部件;

探测器可以固定在工业现场待测物表面,探测器的顶部用螺杆 9 向外穿过外罩顶盖 13 通过锁紧螺母 12 固定,再使用两个调整螺母 10 将安装过渡圆盘 8 固定在螺杆 9 上;

其中红外发射源 2 是四川火狐电子有限公司提供的,型号为 MIRL17-900;红外热敏电阻 3 是上海技术物理研究所提供的,型号为 RM-2221。

[0023] 聚光筒 1 内表面进行抛光并镀金处理,增加内表面反射率,以增强反射回来的有效辐射能量强度,提高测试精度;隔热套 16 采用电工胶木,可以提高冷却效率;支撑垫 20

采用石棉块制作；反射板 19 经过抛光镀金处理。

[0024] 以下结合图 3 进行说明电路部分的工作原理,本发明的实施例中, SHAPE *MERGEFORMAT 方波发生器产生 1Hz 的方波信号通过受控制模块控制的方波选通电路去控制开关电路,从而调制红外发射源 2,方波选通电路使用了一个与门实现。当红外发射源 2 被调制工作时,红外热敏电阻 3 会接收到红外发射源发出的调制红外能量而产生相应的电阻变化,在稳压电源的参考下,由电阻/电压变换电路将该交流电阻变化转化为如图 3 中的电压 $U_1(t)$,图 3 中纵轴 $U_1(t)$ 代表电压,横轴 t 代表时间;该信号经过低通滤波器后将高频噪声信号滤掉得到如图 4 所示电压 $U_2(t)$,图 4 中纵轴 $U_2(t)$ 代表电压,横轴 t 代表时间;然后使用两个通道分别提取其交流电压和直流电压;其中交流电压经过高通滤波放大电路后的输出电压 $U_3(t)$ 如图 5 所示,图 5 中纵轴 $U_3(t)$ 代表电压,横轴 t 代表时间;再经整流滤波电路后输出电压 $U_4(t)$ 如图 6 所示,图 6 中纵轴 $U_4(t)$ 代表电压,横轴 t 代表时间;再经过低通滤波电路和零点迁移电路后输出电压 $U_5(t)$ 如图 7 所示,图 7 中纵轴 $U_5(t)$ 代表电压,横轴 t 代表时间;最后送到 2 选 1 模拟开关第一输入端,该电压满足数据采集单元中电压采集模块要求的采集范围;而直流电压经反相器后输出电压 $U_6(t)$ 如图 8 所示,图 8 中纵轴 $U_6(t)$ 代表电压,横轴 t 代表时间,该电压满足数据采集单元中电压采集模块要求的采集范围;反相器输出送给 2 选 1 模拟开关第二输入端,这里利用 2 选 1 模拟开关,使得只占用电压采集模块的一个电压采集通道便可在宏观上实现同时采集两路电压信号,节约了成本;控制模块控制 2 选 1 模拟开关的电压信号 $U_7(t)$ 如图 9 所示,图 9 中纵轴 $U_7(t)$ 代表电压,横轴 t 代表时间;相应地 2 选 1 模拟开关在该控制信号下输出电压信号 $U_8(t)$ 如图 10 所示,图 10 中纵轴 $U_8(t)$ 代表电压,横轴 t 代表时间;如上数据采集单元便可采集到红外热敏电阻所接收的表征调制辐射信号大小的电压 V_1 、表征红外热敏电阻工作温度点的电压 V_2 以及测试仪的零点电压 $V_1(0)$ 并将它们传输给计算机进行处理;

计算机按以下方法计算表面发射率,首先假定探测器工作环境温度恒定,原测试仪的计算公式为 $\varepsilon = 1 - [V_1 - V_1(0)] * K$,其中 K 为常数,可以通过该工作环境温度下测试已知发射率的标准样板反推得到;为了能消除热敏电阻非线性带来的误差,还需要带入表征红外热敏电阻工作温度点的电压 V_2 进行补偿,已知热敏电阻的温度特性为 $R(t) = R(25) * 0.964^{t-25}$, $R(25)$ 为 25 度环境温度下热敏电阻的电阻值,经过推导容易得到该表面发射率测试仪的计算公式为 $\varepsilon = 1 - [V_1 - V_1(0)] / V_2 * C$,式中 C 为常数;计算机能正确得到三个电压后,先测试已知表面发射率的标准样件,将得到的三组电压和标准样件的表面发射率数值带入下式中, $\varepsilon = 1 - [V_1 - V_1(0)] / V_2 * C$,通过等式变换求得常数 C ;将标定得到的常数 C 写入计算公式,测试仪便可实现表面发射率现场实时动态测试。

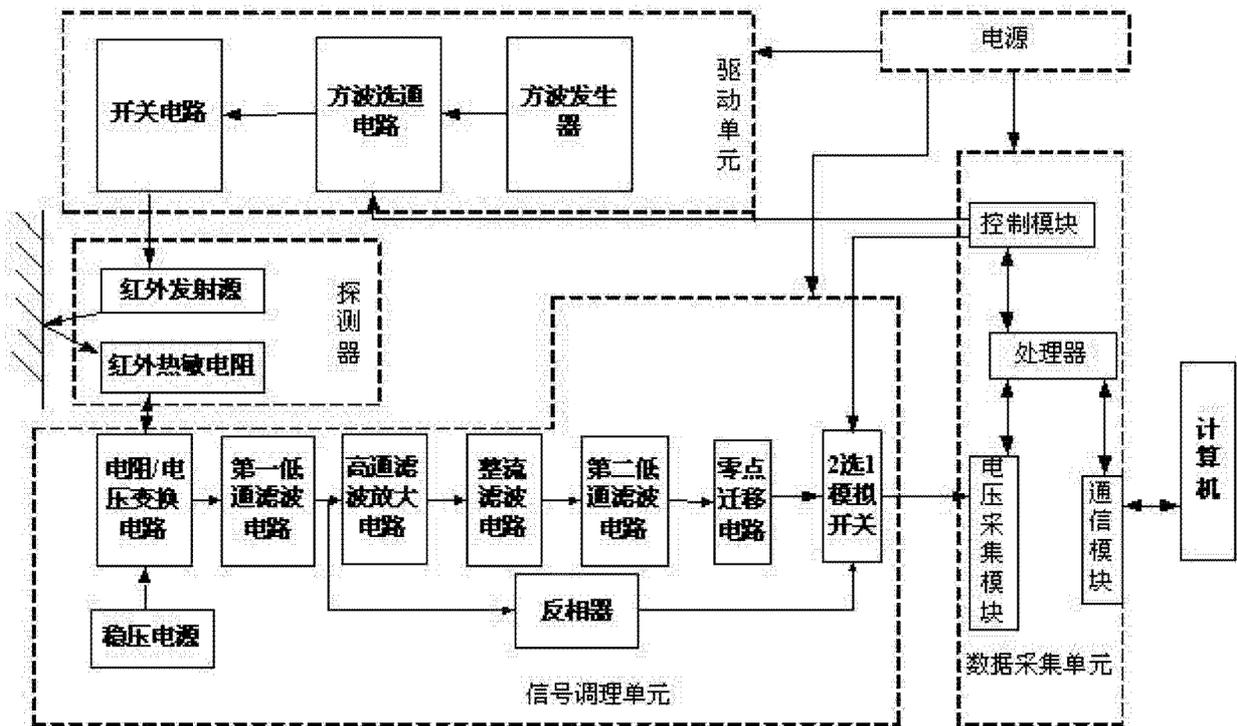


图 1

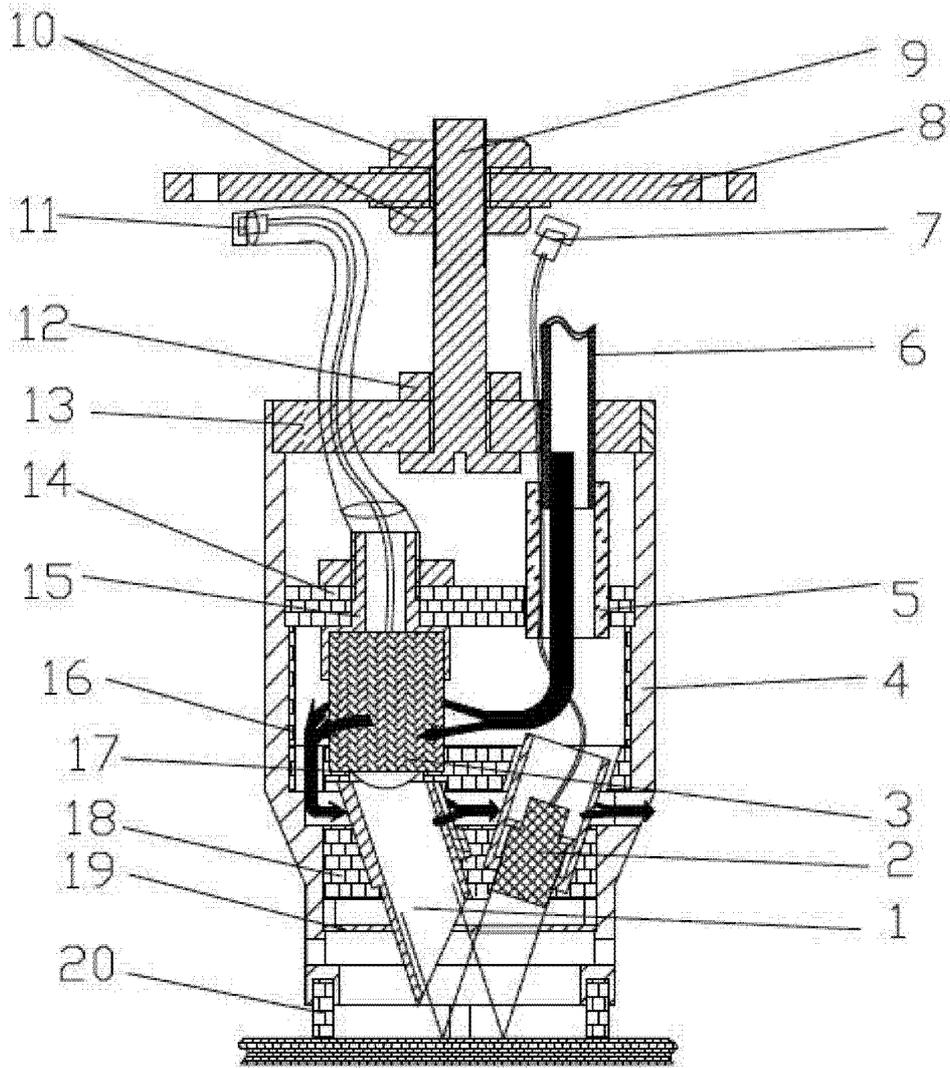


图 2

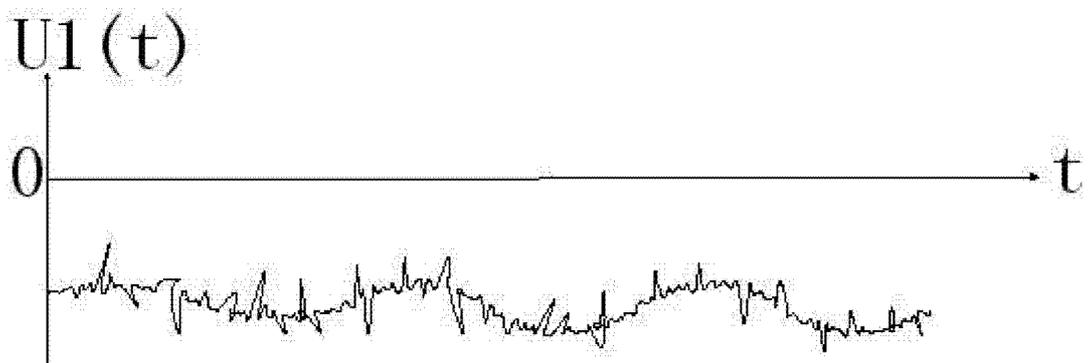


图 3

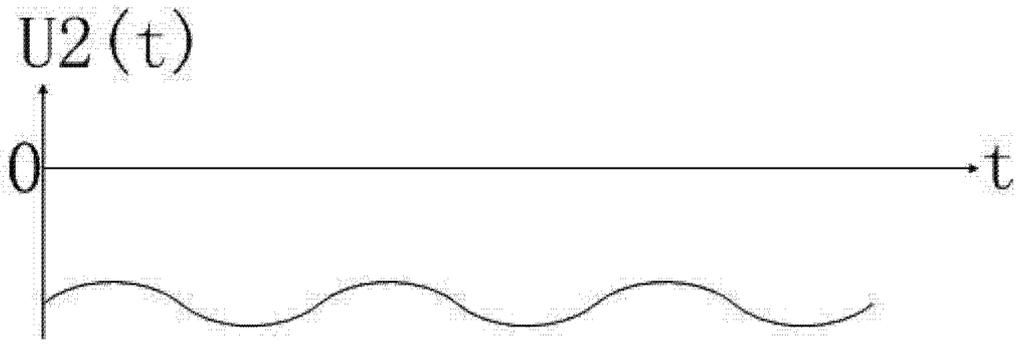


图 4

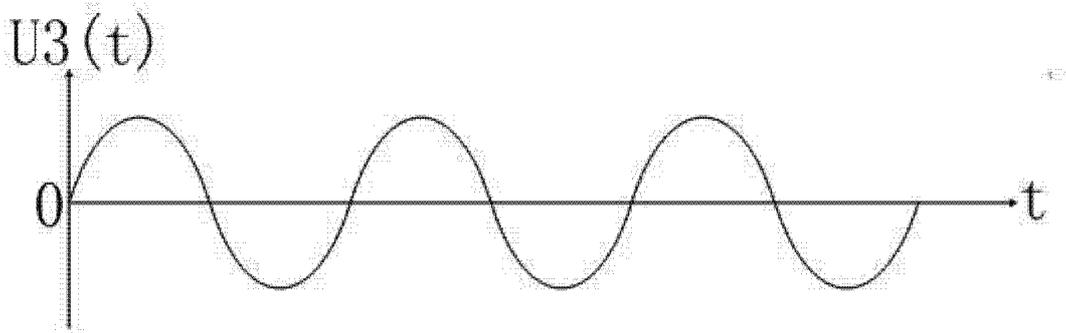


图 5

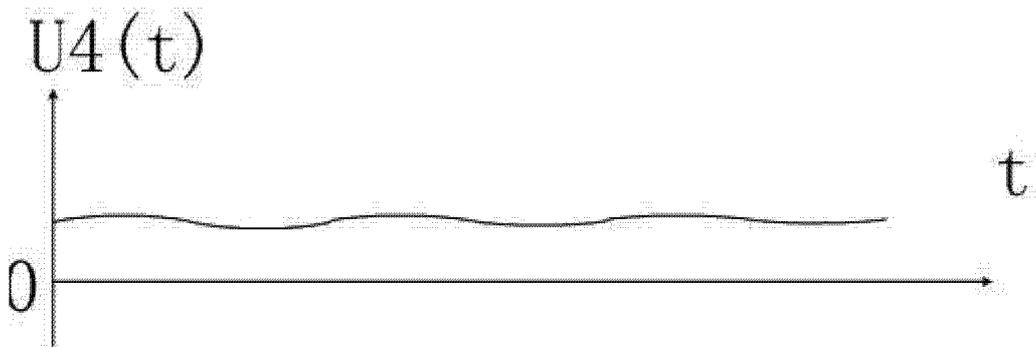


图 6

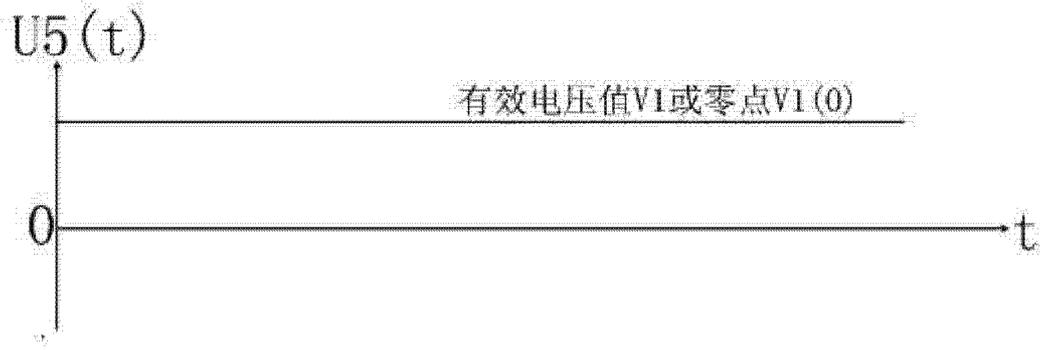


图 7

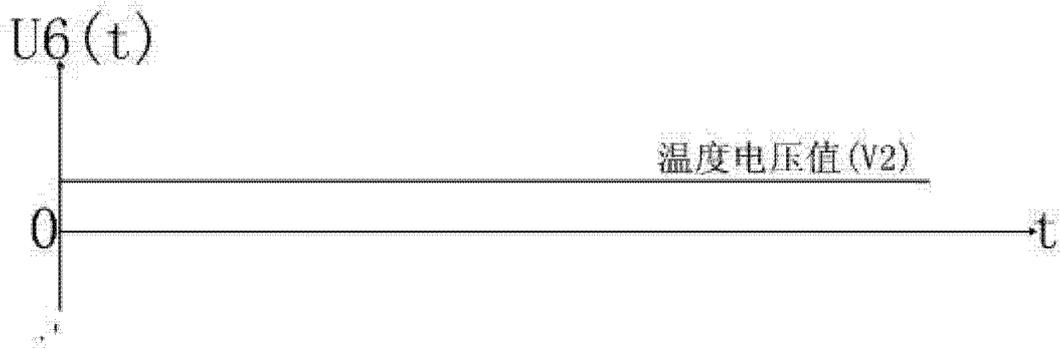


图 8

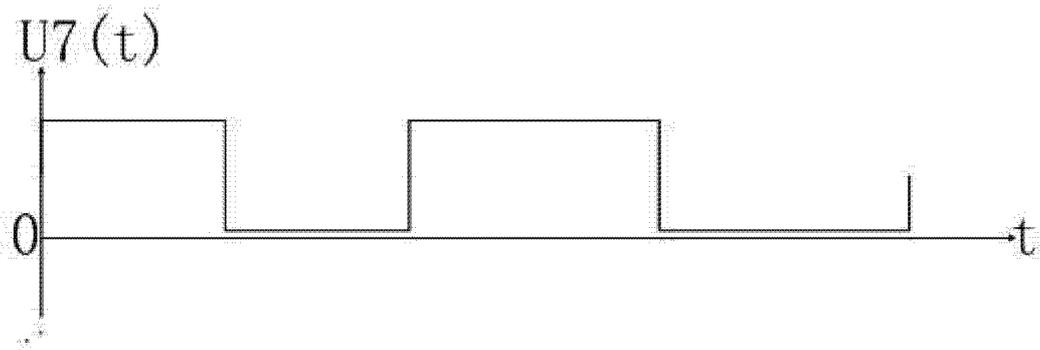


图 9

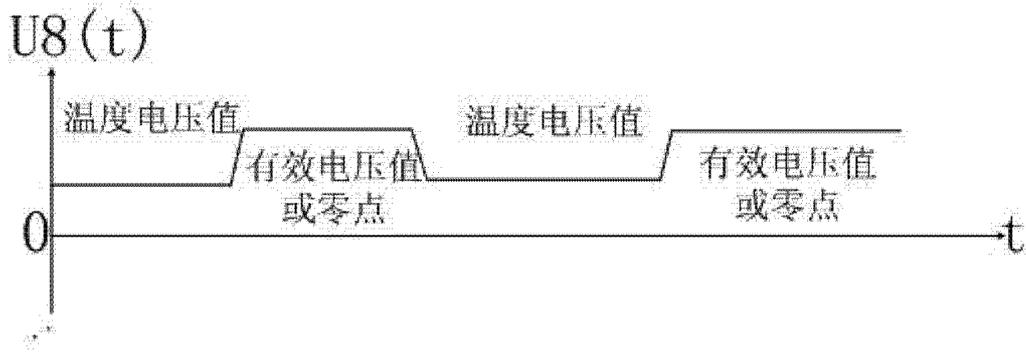


图 10