



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108957146 A

(43)申请公布日 2018.12.07

(21)申请号 201810871545.8

(22)申请日 2018.08.02

(71)申请人 卢小丽

地址 710043 陕西省西安市雁塔区咸宁中路19号58号楼2702室

(72)发明人 卢小丽 马良

(74)专利代理机构 西安智大知识产权代理事务所 61215

代理人 王晶

(51) Int. Cl.

G01R 29/08(2006.01)

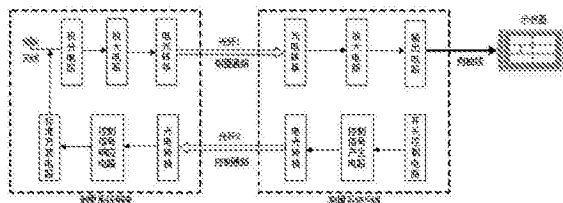
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

具有灵敏度系数自校准功能的脉冲电场探测器及使用方法

(57)摘要

具有灵敏度系数自校准功能的脉冲电场探测器及使用方法,包括探测器前端和探测器后端两部分;探测器前端包括前端天线、积分电路、放大电路、电光转换电路、电光转换电路、控制信号响应电路与标准方波产生电路;探测器后端包括光电转换电路、放大电路、输出电路、光电转换电路、开关控制电路、控制信号产生电路与电光转换电路;将探测器放置于标准脉冲场环境中,得到其灵敏度系数S₀,在实验室灵敏度系数阶段,记录标准方波从前端经电光—光电转换传输到后端的输出幅值U₀;在实际使用时,读取当前状态下的标准方波输出幅值U₁;当前试验状态下的系统灵敏度系数S₁=S₀×(U₀÷U₁),本发明提高脉冲电场测量的精确度。



1. 具有灵敏度系数自校准功能的脉冲电场探测器,其特征在于,包括探测器前端和探测器后端两部分;

所述的探测器前端包括前端天线、前端积分电路、前端放大电路、前端电光转换电路、前端光电转换电路、前端控制信号响应电路与前端标准方波电路;

探测器后端包括后端光电转换电路、后端放大电路、后端输出电路、后端开关控制电路、后端控制信号产生电路与后端电光转换电路;

前端天线:用于感应电磁脉冲电场信号,并将其转换为电信号;

前端积分电路:用于将所述电信号进行积分,其输出波形与电磁脉冲电场信号波形特征一致;

前端放大电路:对积分电路输出的信号进行放大,同时为前端电光转换电路提供足够的驱动能力;

前端电光转换电路:将放大电路输出的信号转换为光信号,利用光纤将信号远距离传输至探测器后端;

后端光电转换电路:将探测器前端传输过来的光信号转换为电信号;

后端放大电路:将后端光电转换电路输出的电信号进行放大,为后续输出提供一定的驱动能力;

后端输出电路:将后端放大电路的输出信号进行阻抗匹配,变为50欧姆同轴线输出,以便在示波器记录设备上波形显示和采集;

后端开关控制电路:提供开关控制信号,开关打开代表产生标准方波震荡电路,开关关闭代表关闭标准方波震荡电路;

后端控制信号产生电路:响应开关控制电路电路,开关打开和关闭状态下生成对应的控制信号;

后端电光转换电路:控制信号经电光转换,光纤传输至探测器前端;

前端光电转换电路:将探测器后端传输过来光控制信号转换为电信号;

前端控制信号响应电路:响应控制信号,产生能够打开和关闭标准幅值震荡方波电路的驱动信号,以及控制该信号是否加载到天线端口;

前端标准方波电路:将标准幅值震荡方波加载到天线端口,模拟天线感应到的电磁脉冲电场信号,该信号经过整个测量通路回传至探测器后端,读取探测器后端输出的方波幅值变化率,实现对探测器灵敏度系数的自校准。

2. 根据权利要求1所述的具有灵敏度系数自校准功能的脉冲电场探测器,其特征在于,所述的前端电光转换电路与后端光电转换电路之间通过光纤1作为测量通路,光纤1将探测器前端的探测信号传输至探测器后端。

3. 根据权利要求1所述的具有灵敏度系数自校准功能的脉冲电场探测器,其特征在于,所述的后端电光转换电路与前端光电转换电路之间通过光纤2作为控制通路,用于探测器后端能够控制探测器前端天线是否加载一个标准幅值方波,通过读取探测器后端的标准方波输出幅值,实现探测器因光功率变化导致的测量误差。

4. 根据权利要求1所述的具有灵敏度系数自校准功能的脉冲电场探测器,其特征在于,所述的探测器前端放置在电场环境中,用于脉冲电场的信号采集。

5. 根据权利要求1所述的具有灵敏度系数自校准功能的脉冲电场探测器,其特征在于,

所述的探测器后端放置在测量屏蔽间,用于负责信号的显示和采集。

6.基于权利要求1所述系统的使用方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一:

将探测器放置于标准脉冲场环境中,通过测量待测电场与输出电压幅值之间的关系,得到其灵敏度系数 S_0 ,

测量待测电场用 E 表示,输出电压幅值用 U 表示,则灵敏度 $S_0 = E \div U$;

步骤二

在实验室灵敏度系数阶段,记录标准方波从前端经电光——光电转换传输到后端的输出幅值 U_0 ;

步骤三:

在实际使用时,在试验现场完成探测器的光纤、线缆连接后,首先读取当前状态下的标准方波输出幅值 U_1 ;

步骤四:

当前试验状态下的系统灵敏度系数 $S_1 = S_0 \times (U_0 \div U_1)$,进一步的进行修正当前探测器灵敏度系数。

具有灵敏度系数自校准功能的脉冲电场探测器及使用方法

技术领域

[0001] 本发明涉及脉冲电场测量技术领域,特别涉及具有灵敏度系数自校准功能的脉冲电场探测器及使用方法。

背景技术

[0002] 电磁脉冲作为一种瞬变电磁现象,具有瞬时能量高、宽频谱、高场强等特点。电磁脉冲可以通过孔缝、线缆等多种途径对电子设备造成干扰或失效,因此对脉冲电场信号的测量就显得尤为重要。

[0003] (1) 脉冲电场探测器的分类:

[0004] 脉冲电场测量探测器可以分为无源探测器和有源探测器。

[0005] 脉冲电场无源探测器不需要内置电源,天线结构有单极柱状天线、渐近圆锥天线、平行板天线等,天线与记录设备(数字示波器等)之间需要通过电缆连接,如montena公司生产的D-Dot型系列脉冲电场探测器使用的是渐近圆锥天线。当使用无源探测器时,天线和电缆往往同时暴露于脉冲电场环境中,连接电缆的存在会对其附近场环境造成较大改变,从而引入较大的测量不确定度。另外,对于无源探测器,当测量位置距离屏蔽测试间较远时,需要连接较长的电缆,不利于高频信号的传输,也容易引入电磁干扰至测量系统。再者,无源探测器多属于微分测量,即探测器输出波形为脉冲电场波形的微分波形,需要另外配置积分器或通过数值积分的方法获取脉冲电场原始波形,增加了测量的难度。

[0006] 为了克服无源探测器的上述不足,脉冲电场有源测量方式越来越成为优先选择。从公开技术和本发明人的工作经历可知,有源脉冲电场探测器内部集成电池作为电源,且基本采用原始波形测量的方式,即探测器输出为脉冲电场原始波形,不再需要额外配置积分器或采用数值方法对测量数据进行处理。另外,为了减小连接电缆对场环境的干扰,有源脉冲电场探测器采用光纤进行测量信号的远距离传输,有利于保持测量信号的高频特征,也可消除电磁干扰的引入。

[0007] 典型的有源脉冲电场探测器采用模拟电路的方式实现,主要由前端和后端两部分组成。探测器前端放置在脉冲电场环境中,用于脉冲电场信号的采集;探测器后端放置在屏蔽间等测试间,并与数字示波器通过电缆连接,用于测量信号的记录和显示;前端与后端通过一根光纤相连,如图6所示。

[0008] 有源脉冲电场探测器前端包括前端电池、前端天线、前端积分电路、前端放大电路、前端电光转换电路等模块;后端包括后端电池、后端光电转换电路、后端放大电路、后端输出电路等模块。上述各模块连接关系如图7所示,为了图示的简洁,图中没有画出前端和后端电池模块,电池负责为各模块供电。

[0009] 有源脉冲电场探测器是模拟信号处理电路,其输出电压幅度与脉冲电场强度成正比,输出波形为脉冲电场波形。前端天线用于感应脉冲电场,并与积分电路一起构成积分器,积分器输出波形为脉冲电场原始波形;前端放大电路对积分电路输出信号进行放大,同时为后续电光转换电路提供足够的驱动能力;前端电光转换电路将放大电路输出电压转换

为光信号,利用光纤远距离传输至探测器后端。后端光电转换电路将探测器前端传输过来的光信号转换为电信号;后端放大电路将光电转换电路输出的微弱电信号进行放大,为后续输出提供一定的驱动能力;后端输出电路为阻抗匹配电路,最后通过50 Ω 同轴电缆输出,并在示波器上进行记录和显示。

[0010] (2) 有源脉冲电场探测器存在的问题:

[0011] 有源脉冲电场探测器使用半导体激光器作为光源,属于温度敏感元件。半导体激光器发光效率(单位电流驱动产生的光功率)受外界温度变化影响较大,具体表现为随温度升高,激光器发光效率降低。此外,探测器连接光纤的更换、光纤接口连接的松紧程度等因素,也会使得探测器光通路中光功率衰减量不同。这些因素对基于模拟信号测量的有源脉冲电场探测器灵敏度系数影响较大。

[0012] 脉冲电场探测器在使用前需要在实验室进行标定,确定其灵敏度系数(电场幅度与探测器输出电压的比值)。探测器灵敏度与其使用的半导体激光器发光效率成反比,与其光通路中光功率衰减量成正比。当实际使用环境温度与实验室标定环境温度差别较大,或者实际使用的光通路与标定光通路差异较大时,探测器的灵敏度系数将发生较大变化,从而引起测量误差。

[0013] 为了减小探测器测量误差,通常的方法是在实验现场对探测器进行重新标定,但这种方法需要配套标定设备,同时也费时费力。

[0014] 为了减小探测器标定灵敏度系数的变化,公开技术方案是采用自动光功率控制电路或者自动温度控制电路来保持输出光功率的恒定。自动光功率控制只能保持激光器输出光功率的恒定,而不能保证发光效率(单位电流驱动产生的光功率)的恒定,自动温度控制电路可以保持激光器发光效率的恒定,但激光制冷电路需要较高的电源功率,这在依靠电池供电的脉冲电场探测器中是很难满足的。再者,上述方法也无法解决光通路差异导致的光功率变化问题。因此,公开技术方案无法解决半导体激光器发光效率和光通路中光功率衰减差异引起的探测器灵敏度变化问题。

发明内容

[0015] 为了克服上述现有技术的不足,本发明的目的在于提供具有灵敏度系数自校准功能的脉冲电场探测器及使用方法,为避免脉冲电场探头感应到的信号在传输过程中受到干扰,将电信号经电光—光电转换,采用光纤传输的方式,将信号传输至远端屏蔽室,实现信号的测量与记录。

[0016] 为了实现上述目的,本发明采用的技术方案是:

[0017] 具有灵敏度系数自校准功能的脉冲电场探测器,包括探测器前端和探测器后端两部分;

[0018] 所述的探测器前端包括前端天线、前端积分电路、前端放大电路、前端电光转换电路、前端电光转换电路、前端控制信号响应电路与前端标准方波产生电路;

[0019] 探测器后端包括后端光电转换电路、后端放大电路、后端输出电路、后端开关控制电路、后端控制信号产生电路与后端电光转换电路;

[0020] 前端天线:用于感应电磁脉冲电场信号,并将其转换为电信号;

[0021] 前端积分电路:用于将所述电信号进行积分,其输出波形与脉冲电场信号波形特

征一致,避免天线感应的脉冲信号波形变为微分信号;

[0022] 前端放大电路:对积分电路输出的信号波形进行放大,同时为后端电光转换电路提供足够的驱动能力;

[0023] 前端电光转换电路:将放大电路输出的信号转换为光信号,利用光纤传输将信号远距离传输至探测器后端;

[0024] 后端光电转换电路:将探测器前端传输过来的光信号转换为电信号;

[0025] 后端放大电路:将后端光电转换电路输出的微弱电信号进行放大,为后续输出提供一定的驱动能力;

[0026] 后端输出电路:将后端放大电路的输出信号进行阻抗匹配,变为50欧姆同轴线输出,以便在示波器记录设备上波形显示和采集。

[0027] 后端开关控制电路:提供开关控制信号,开关打开代表产生标准方波震荡电路,开关关闭代表关闭标准方波震荡电路;

[0028] 后端控制信号产生电路:响应开关控制电路电路,开关打开和关闭状态下生成对应的控制信号;

[0029] 后端电光转换电路:控制信号经电光转换,光纤传输至探测器前端;

[0030] 前端光电转换电路:将探测器后端传输过来光控制信号转换为电信号;

[0031] 前端控制信号响应电路:响应控制信号,产生能够打开和关闭标准幅值震荡方波电路的驱动信号,以及控制该信号是否加载到天线端口;

[0032] 前端标准方波电路:将标准幅值震荡方波加载到天线端口,模拟天线感应到的电磁脉冲电场信号,该信号经过整个测量通路回传至探测器后端,读取探测器后端输出的自校准方波幅值变化率,实现对探测器灵敏度系数的自校准。

[0033] 所述的前端电光转换电路与后端光电转换电路之间通过光纤1作为测量通路,光纤1将探测器前端的测量信号传输至探测器后端。

[0034] 所述的后端电光转换电路与前端光电转换电路之间通过光纤2作为控制通路,用于探测器后端能够控制探测器前端天线是否加载一个标准幅值方波,通过读取探测器后端的自校准方波输出幅值,实现对探测器因发光效率和光功率变化导致的测量误差的校准。

[0035] 所述的探测器前端放置在电场环境中,用于脉冲电场的信号采集;

[0036] 所述的探测器后端放置在测量屏蔽间,用于负责信号的接收和记录;所述的探测器前端与探测器后端通过光纤相连。

[0037] 具有灵敏度系数自校准功能的脉冲电场探测器的使用方法,

[0038] 步骤一:

[0039] 将探测器放置于标准脉冲场环境中,通过测量待测电场与输出电压幅值之间的关系,得到其灵敏度系数 S_0 ,

[0040] 测量待测电场用 E 表示,输出电压幅值用 U 表示,则灵敏度 $S_0 = E \div U$;

[0041] 步骤二

[0042] 在实验室灵敏度系数阶段,记录标准方波从前端经电光——光电转换传输到后端自校准方波的输出幅值 U_0 ;

[0043] 步骤三:

[0044] 在实际使用时,在试验现场完成探测器的光纤、线缆连接后,首先读取当前状态下

的自校准方波输出幅值 U_1 ;

[0045] 步骤四:

[0046] 当前试验状态下的系统灵敏度系数 $S_1 = S_0 \times (U_0 \div U_1)$,进一步的进行修正当前探测器灵敏度系数。

[0047] 本发明的有益效果:

[0048] 本发明通过加载标准方波信号,反映探测器由于环境温度和光通路的变化而造成的测试通路的变化情况,使得在使用脉冲电场探测器时,不再需要进行实验现场标定,且可以通过自校准功能快速实现探测器灵敏度系数的现场校准,提高脉冲电场测量的精确度。

附图说明:

[0049] 图1为本发明连接示意图。

[0050] 图2为本发明各模块连接关系示意图。

[0051] 图3为本发明控制通路后端电路原理图。

[0052] 图4为本发明控制通路前端电路原理图。

[0053] 图5为本发明自校准方波信号实例示意图。

[0054] 图6为公开技术有源脉冲电场探测器连接示意图。

[0055] 图7为公开技术有源脉冲电场探测器各模块连接关系示意图。

具体实施方式

[0056] 下面结合附图对本发明作进一步详细说明。

[0057] 从功能上分,包括测量通路和控制通路两部分;测量通路采用公开技术,如图6所示,实现脉冲电场的基本测量功能;本发明通过控制通路实现脉冲电场探测器灵敏度的自校准功能。

[0058] 从组成形式上分,所述的脉冲电场探测器仍分为前端和后端两部分,如图1所示。所述探测器前端和后端需用两根光纤连接,光纤1供测量通路使用,光纤2供控制通路使用。

[0059] 所述脉冲电场探测器增加自校准功能后,各模块连接关系如图2所示。所述脉冲电场探测器控制通路由开关电路、控制命令生成电路、电光转换和光转换模块、控制模块和标准方波电路组成。

[0060] 控制通路通过探测器后端发出相应的控制命令,附图3给出了控制通路探测器后端电路原理图;控制通路前端电路响应相关命令,执行自校准功能,附图4给出了控制通路探测器前端电路原理图,所述脉冲电场探测器控制通路各模块功能如下:

[0061] 后端开关电路:提供“开”、“关”动作信号,“开”代表打开前端标准方波电路,“关”代表关闭前端标准方波电路;

[0062] 控制命令生成电路:响应开关电路“开”、“关”动作信号,生成对应的控制命令编码(数字信号);

[0063] 电光转换电路:将控制信号经电光转换,使用光纤远距离传输至前端;

[0064] 光电转换电路:将后端传输过来的光控制信号转换为电信号;

[0065] 控制模块:响应控制信号,产生能够打开和关闭标准方波电路的驱动信号,用以控制标准方波信号是否加载到天线端口;

[0066] 标准方波电路:产生固定幅值的方波信号,将该信号加载到天线端口,模拟天线感应到的脉冲电场信号,经过整个测量通路回传至探测器后端,读取后端输出的自校准方波幅值变化情况,实现对探测器灵敏度系数的自校准。

[0067] 总之,通过加载标准方波信号,反映探测器由于环境温度和光通路的变化而造成的测试通路的变化情况,实现脉冲电场探测器的自校准。

[0068] 如图3所示:控制通路后端电路工作原理如下:

[0069] 该控制电路的核心部件为单片机,例如选用STC15F104W型单片机。“非自锁触点开关1”和“非自锁触点开关2”分别提供“开”、“关”前端标准方波电路开关信号。轻触“非自锁触点开关1”,单片机引脚5将检测到低电平后,通过对单片机编程设置,在引脚8输出低电平逻辑信号,持续时间为 t_1 ,三极管S8550将导通,导通时间长度为 t_1 ,驱动激光器,产生宽度为 t_1 的脉冲光信号。同理,当轻触“非自锁触点开关2”时,在引脚8输出低电平,持续时间 t_2 ,激光器产生宽度为 t_2 的脉冲光信号, t_2 不等于 t_1 。上述光信号通过光纤传输至探测器前端。

[0070] 如图4所示:控制通路前端电路工作原理如下:

[0071] 控制通路前端电路仍以单片机为核心。控制光信号由探测器后端传至前端控制电路的光电管,转换为控制电信号,幅度较低。控制信号经比较器后,转换为TTL电平的数字信号,并连接至单片机引脚5。

[0072] 通过对单片机编程设置,当单片机检测到引脚5高电平持续时间为 t_1 时,即执行开启标准方波的功能。具体过程如下:

[0073] (1)通过单片机程序设置,在单片机引脚1周期性输出高、低电平,模拟方波信号,信号周期在 $1\sim 10\mu\text{s}$ 范围内,通过适当的分压连接至继电器。

[0074] (2)在单片机引脚8输出高电平,引脚7输出低电平,则在附图中所示继电器线圈内形成一个从左至右的电流,驱动继电器开关闭合,将标准方波加载至探测器前端天线上。

[0075] 当单片机检测到引脚5高电平持续时间为 t_2 时,即执行关闭标准方波的功能。具体过程如下:

[0076] (1)单片机引脚1设置为低电平。

[0077] (2)在单片机引脚8输出低电平,引脚7输出高电平,则在附图4中所示继电器线圈内形成一个从右至左的电流,驱动继电器开关断开,切断连接至探测器前端天线的通路。

[0078] 附图5给出了采用不同光纤连接探测器前端和后端时,探测器后端输出的自校准方波信号。其中附图5(a)是采用第一组光纤(两根)连接时的方波信号,附图5(b)是采用第二组光纤(两根)连接时的自校准方波信号。

[0079] 采用第一组光纤(两根)连接时,探测器后端输出的自校准方波信号幅度(峰峰值)为 194mV ;采用第二组光纤(两根)连接时,探测器后端输出的自校准方波信号幅度(峰峰值)为 200mV 。自校准方波信号周期为 $8\mu\text{s}$

[0080] 假设实验室标定的探测器灵敏度系数 $S_0 = 200 (\text{V/m}) / \text{mV}$;标定状态下记录的自校准方波幅值 $U_0 = 194\text{mV}$;

[0081] 在脉冲电场测量过程中,记录的自校准方波幅值 $U_1 = 200\text{mV}$;

[0082] 则当前测量状态下,探测器的灵敏度系数:

[0083] $S_1 = S_0 \times (U_0 / U_1) = 200 \times (194 / 200) = 194 (\text{V/m}) / \text{mV}$

[0084] 假设当前试验中,探测器测量某脉冲电场的输出幅度 $U_t = 100\text{mV}$,则待测电场的强

度 $E_t = U_t \times S_1 = 100 \times 194 = 19.4 \text{ kV/m}$ 。

[0085] 可以看出,由于环境温度或光通路的差异,使得标定和测量过程中探测器灵敏度不同,通过记录自校准方波的幅度变化,实现对探测器灵敏度系数的校准。

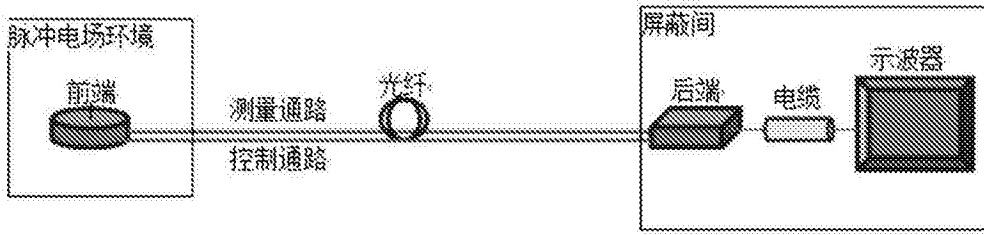


图1

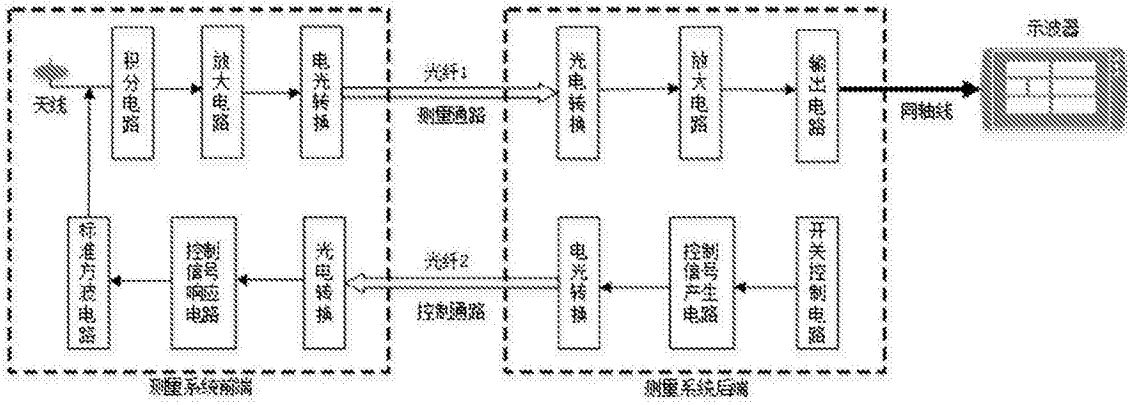


图2

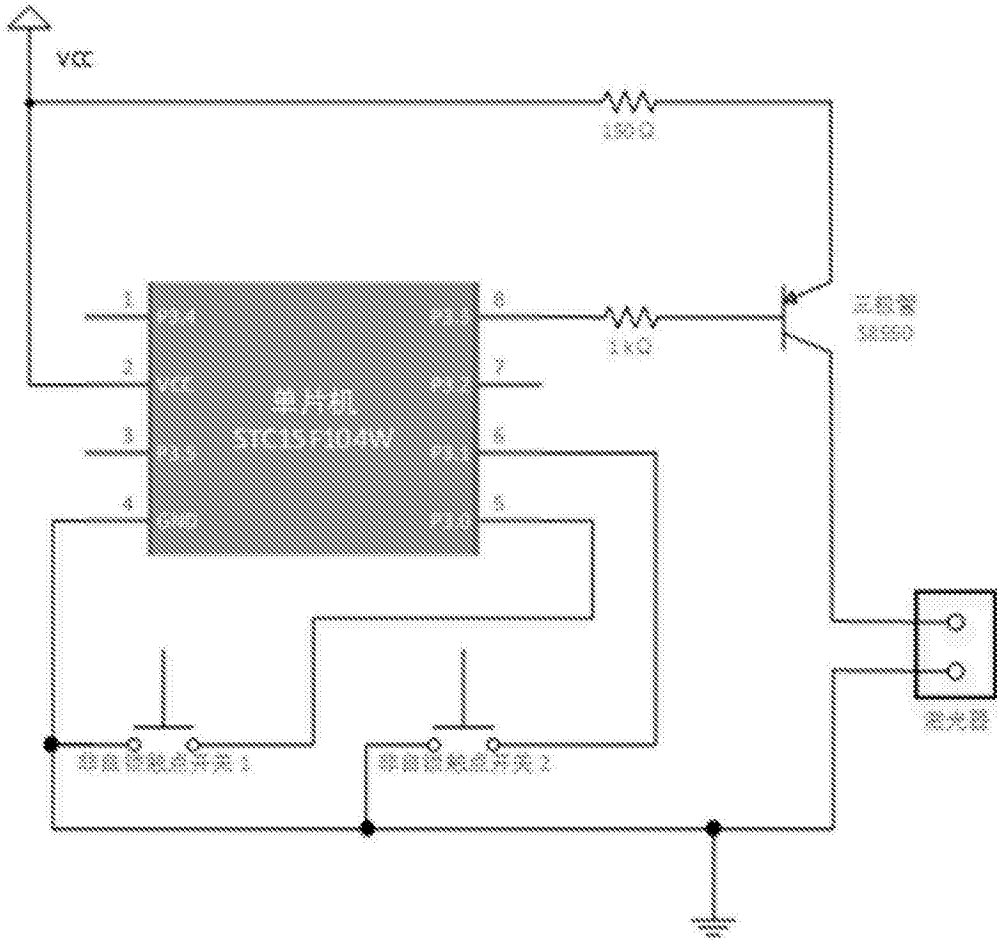


图3

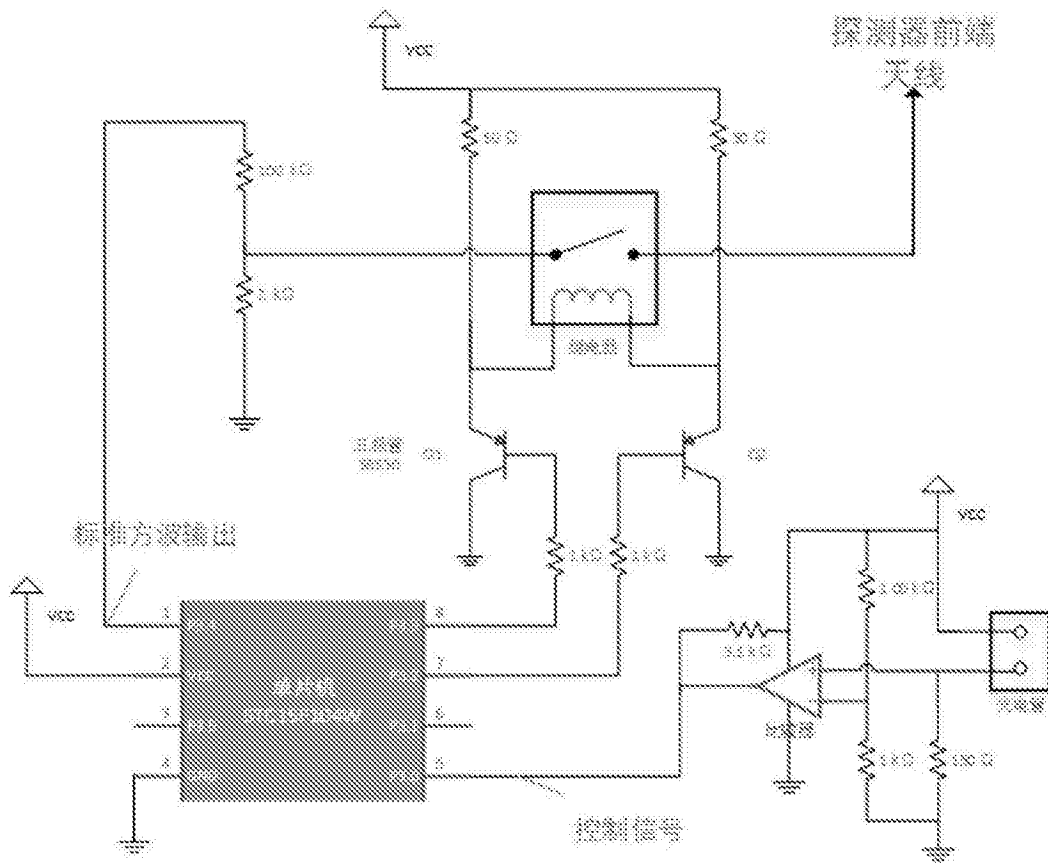
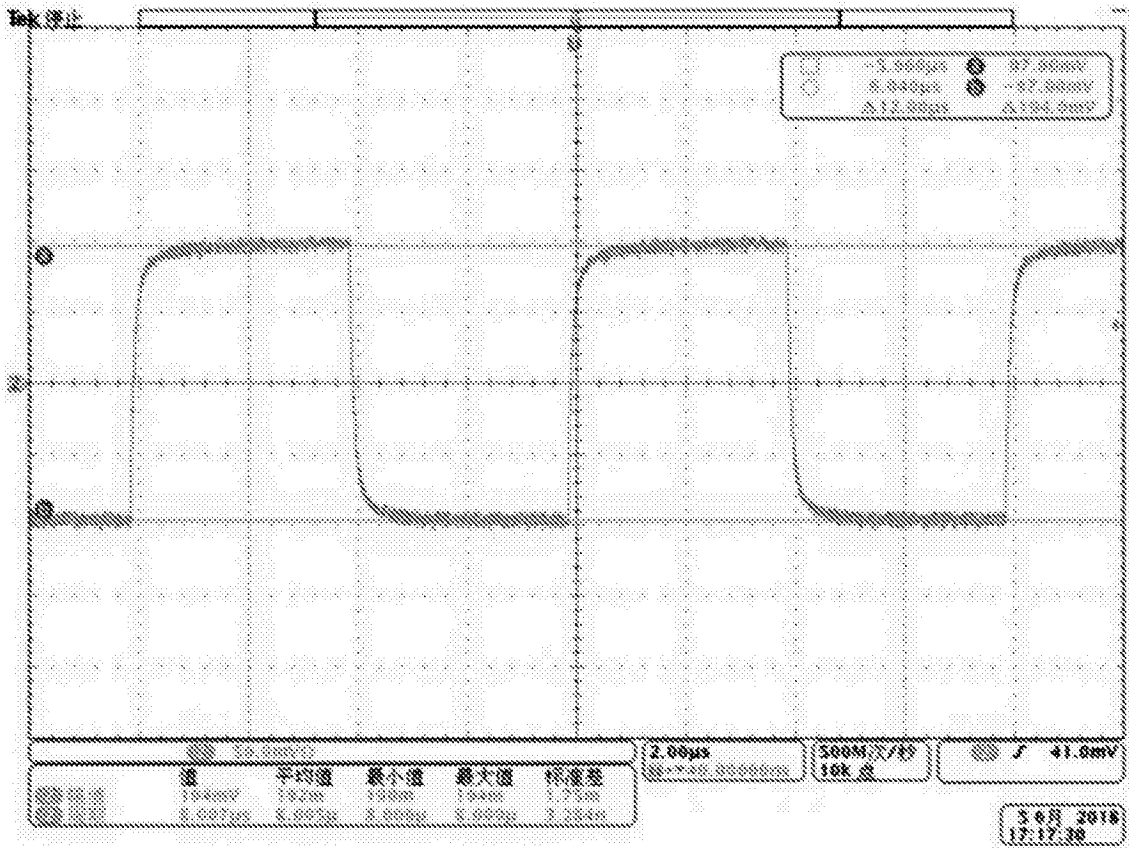
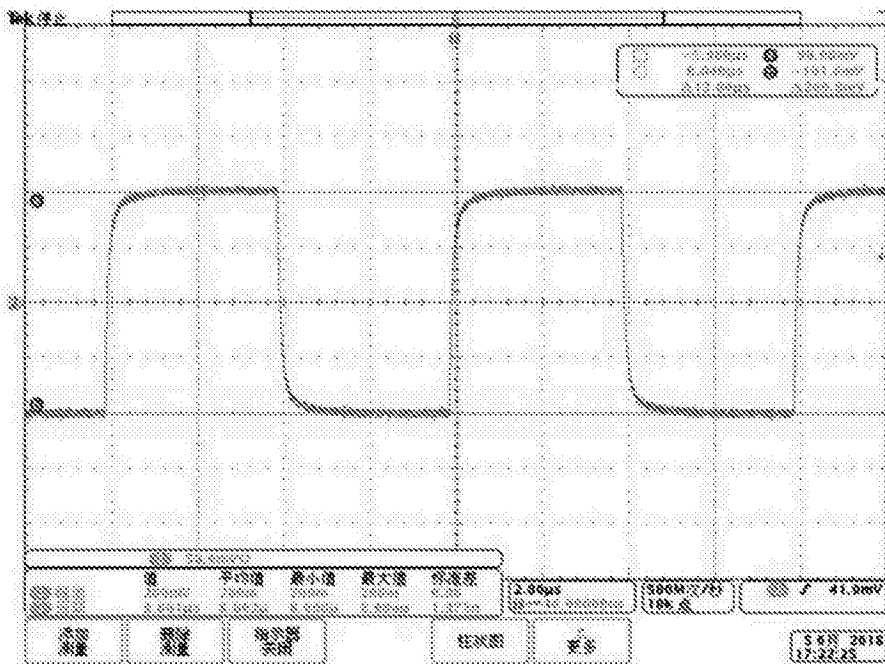


图4



a



b

图5

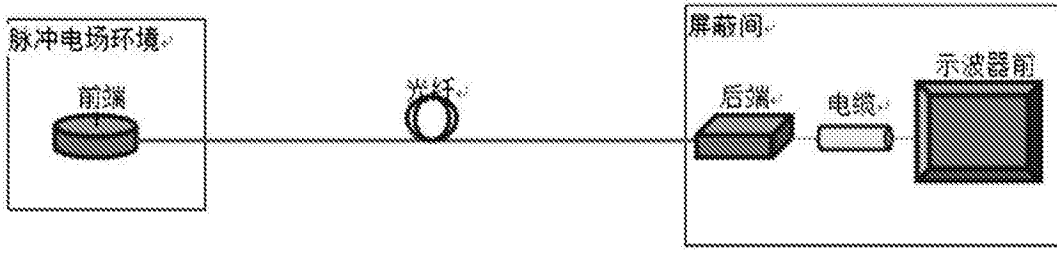


图6

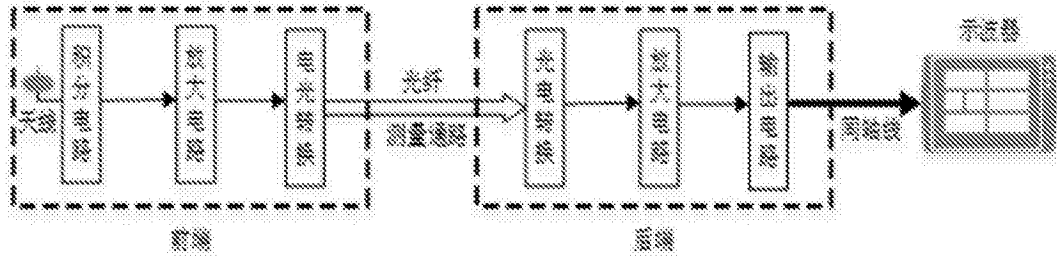


图7