



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108802484 A

(43)申请公布日 2018. 11. 13

(21)申请号 201810645858.1

(22)申请日 2018.06.21

(71)申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区双清路30号

(72)发明人 庄池杰 曾嵘 余浩 汪海

余占清 王博

(74)专利代理机构 北京君泊知识产权代理有限

公司 11496

代理人 王程远 胡玉章

(51) Int. Cl.

G01R 19/25(2006.01)

G01R 15/24(2006.01)

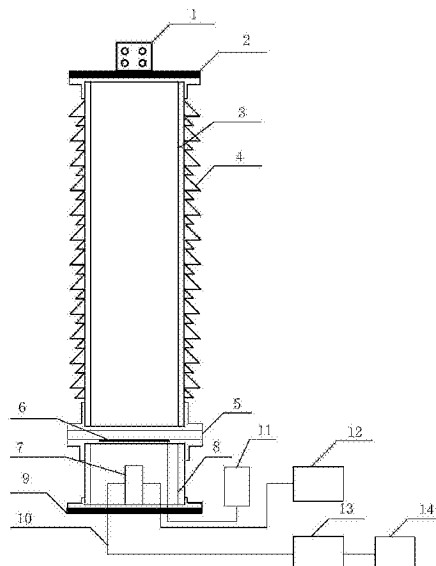
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种气体绝缘的实时自校准宽频高电压测量装置

(57)摘要

本发明涉及一种气体绝缘的无需电容分压器的实时自校准宽频高电压测量装置,属于光学电压测量装置技术领域。高压电极和绝缘密封板分别固定在所述空心绝缘子的两端,完成所述空心绝缘子的密封;所述圆筒屏蔽层沿所述空心绝缘子内壁一圈设置;绝缘密封板的底部固定有基准电压电极,在所述基准电压电极的下方设有绝缘套筒,所述绝缘套筒的下端连接有接地电极;所述绝缘套筒内部中轴线处固定有集成光学电场传感器,所述集成光学电场传感器通过保偏光纤分别与SLD光源、光信号接收机连接,所述光信号接收机的输出端连接信号处理单元。本发明所述电压测量装置消除了温度以及外界电场对电压测量装置测量精度的影响。



1. 一种气体绝缘的实时自校准宽频高电压测量装置,其特征在于,包括高压接线端子(1)、高压电极(2)、圆筒屏蔽层(3)、空心绝缘子(4)、绝缘密封板(5)、基准电压电极(6)、集成光学电场传感器(7)、绝缘套筒(8)、接地电极(9)、保偏光纤(10)、稳压变频电源(11)、SLD光源(12)、光信号接收机(13)和信号处理单元(14);其中:

高压电极(2)和绝缘密封板(5)分别固定在所述空心绝缘子(4)的两端,完成所述空心绝缘子(4)的密封;所述圆筒屏蔽层(3)沿所述空心绝缘子(4)内壁一圈设置;

所述高压电极(2)固定在所述空心绝缘子(4)的顶端,且所述高压电极(2)连接高压接线端子(1),以获得被测电压;

所述绝缘密封板(5)固定在所述空心绝缘子(4)的底端,在所述绝缘密封板(5)的底部固定有基准电压电极(6),所述基准电压电极(6)连接稳压变频电源(11);在所述基准电压电极(6)的下方设有绝缘套筒(8),且所述绝缘套筒(8)的上端与绝缘密封板(5)的下端连接,所述绝缘套筒(8)的下端连接有接地电极(9);所述绝缘套筒(8)内部中轴线处固定有集成光学电场传感器(7),所述集成光学电场传感器(7)通过保偏光纤(10)分别与SLD光源(12)、光信号接收机(13)连接,所述光信号接收机(13)的输出端连接信号处理单元(14)。

2. 根据权利要求1所述的气体绝缘的实时自校准宽频高电压测量装置,其特征在于,所述圆筒屏蔽层(3)为阻容性屏蔽材料套管,且所述圆筒屏蔽层(3)与所述空心绝缘子(4)同轴。

3. 根据权利要求1所述的气体绝缘的实时自校准宽频高电压测量装置,其特征在于,所述高压电极(2)、绝缘密封板(5)、基准电压电极(6)、绝缘套筒(8)和接地电极(9)均为与所述空心绝缘子(4)同轴心的圆柱体。

4. 根据权利要求3所述的气体绝缘的实时自校准宽频高电压测量装置,其特征在于,所述高压电极(2)、基准电压电极(6)、和接地电极(9)均为铜质电极。

5. 根据权利要求1所述的气体绝缘的实时自校准宽频高电压测量装置,其特征在于,所述信号处理单元(14)包括依次连接的抗混叠滤波器(141)、A/D转换模块(142)、数字信号处理系统(143)和光电输出模块(144),其中所述抗混叠滤波器(141)的输入端连接光信号接收机(13)的输出端,所述抗混叠滤波器(141)的输出端连接A/D转换模块(142)的输入端,所述A/D转换模块(142)的输出端连接数字信号处理系统(143)的输入端,所述数字信号处理系统(143)的输出端连接光电输出模块(144)。

6. 根据权利要求1所述的气体绝缘的实时自校准宽频高电压测量装置,其特征在于,所述集成光学电场传感器(7)为基于共路干涉的集成光学电场传感器,以x切z传的LiNbO₃晶片作为衬底,通过光刻的方法在光波导附近制作偶极子天线和电极。

一种气体绝缘的实时自校准宽频高电压测量装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种气体绝缘的实时自校准宽频高电压测量装置,属于光学电压测量装置技术领域。

背景技术

[0002] 随着我国电力系统容量的增加、运行电压等级的提高以及输电距离的增长,整个系统的监测、控制及保护必须满足更高的要求。传统的电磁式电压互感器因为存在绝缘难度高、动态范围小、铁磁谐振、频带窄等方面的问题已经难以满足电力系统发展的需要。

[0003] 电子技术以及光电技术的不断发展,使光学电压互感器逐渐表现出替代传统电压互感器的巨大潜力。光学电压互感器主要利用泡克尔斯效应,通过对光信号的调制测量计算待测电压。目前光学电压互感器的传感器部分主要分为体调制型光学电压传感器和集成光学电场传感器,由于存在动态响应范围大、灵敏度高、频带宽等方面的优势,集成光学电场传感器成为未来发展的趋势。然而由于测量精度受温度以及外界干扰电场的影响严重,使得采用集成光学电场传感器的光学电压互感器在长期运行的稳定性和可靠性上难以满足实用化的要求。中国发明专利201110334618.8公开了一种光学电压传感器的自校准方法,其采用光学晶体作为光学电压传感单元,电压直接施加于光学晶体上,存在绝缘问题,无法用于高电压测量。中国发明专利201410419943.8公开了一种光学电压互感器,本质上是基于法拉第旋光效应的电流互感器,利用高压电容器将电压转换电流进行测量。中国发明专利201610998948.X公开了一种纳米材料介电屏蔽型电子式光学电压互感器,无法消除温度对测量精度的影响。中国发明专利201510426486.X公开了一种基于SF6同轴电容分压的光学电压互感器,采用内部的SF6同轴电容器作为高压侧分压电容,采用高性能的NPO电容作为低压侧分压电容,本质上基于电容分压器原理,且无法消除温度对测量精度的影响。中国发明专利201110365247.X公布了一种电容分压型自校准光学电压互感器,其原理是通过高精度电容分压器,将被测电压转化为低压进行测量。

发明内容

[0004] 为了消除温度以及外界电场对电压测量装置测量精度的影响,本发明的目的在于提供一种气体绝缘的且无需电容分压器的实时自校准宽频高电压测量装置。首先,该光学电压测量装置的电场传感器在测量被测电压的同时,测量另一组与被测电压频率不同的基准电压,由于温度对两组电压的测量精度影响一致,可以通过对基准电压测量值的校准完成对被测电压测量值的自动温度补偿;另外,通过引入一组常规互感器测量数据,采用一种三相解耦的方法得到其他两相电压对于本相测量值的影响因素,进而完成对外界干扰电场的修正;使光学电压测量装置在长期运行的稳定性和可靠性上能够满足实用化的要求。

[0005] 为实现上述目的,本发明提供的技术方案如下:

[0006] 一种采用集成光学电场传感器的光学电压测量装置,包括高压接线端子、高压电极、圆筒屏蔽层、空心绝缘子、绝缘密封板、基准电压电极、集成光学电场传感器、绝缘套筒、

接地电极、保偏光纤、稳压变频电源、SLD光源、光信号接收机和信号处理单元；其中：

[0007] 高压电极和绝缘密封板分别固定在所述空心绝缘子的两端，完成所述空心绝缘子的密封；所述圆筒屏蔽层沿所述空心绝缘子内壁一圈设置；

[0008] 所述高压电极固定在所述空心绝缘子的顶端，且所述高压电极连接高压接线端子，以获得被测电压；

[0009] 所述绝缘密封板固定在所述空心绝缘子的底端，在所述绝缘密封板的底部固定有基准电压电极，所述基准电压电极连接稳压变频电源；在所述基准电压电极的下方设有绝缘套筒，且所述绝缘套筒的上端与绝缘密封板的下端连接，所述绝缘套筒的下端连接有接地电极；所述绝缘套筒内部中轴线处固定有集成光学电场传感器，所述集成光学电场传感器通过保偏光纤分别与SLD光源、光信号接收机连接，所述光信号接收机的输出端连接信号处理单元。

[0010] 进一步的，所述圆筒屏蔽层为阻容性屏蔽材料套管，且所述圆筒屏蔽层与所述空心绝缘子同轴。

[0011] 进一步的，所述高压电极、绝缘密封板、基准电压电极、绝缘套筒和接地电极均为与所述空心绝缘子同轴心的圆柱体。

[0012] 进一步的，所述高压电极、基准电压电极和接地电极均为铜质电极。

[0013] 进一步的，所述信号处理单元包括依次连接的抗混叠滤波器、A/D转换模块、数字信号处理系统和光电输出模块，其中所述抗混叠滤波器的输入端连接光信号接收机的输出端，所述抗混叠滤波器的输出端连接A/D转换模块的输入端，所述A/D转换模块的输出端连接数字信号处理系统的输入端，所述数字信号处理系统的输出端连接光电输出模块。

[0014] 进一步的，所述集成光学电场传感器为基于共路干涉的集成光学电场传感器，以x切z传的LiNbO₃晶片作为衬底，使用Ti扩散法制作光波导，并通过光刻的方法在光波导附近制作偶极子天线和电极。

[0015] 本发明的有益效果为：

[0016] 1、该电压测量装置采用气体绝缘，采用集成光学电场传感器，电场可测范围大，无需电容分压器将被测电压由高压转换为低压，降低了制造成本与难度。

[0017] 2、该电压测量装置使用基准电压校准的方法，消除了温度对光学电压测量装置测量精度的影响，提高了光学电压测量装置在长期运行中的稳定性。

[0018] 3、该电压测量装置采用集成光学电场传感器，具有动态响应范围大、灵敏度高、频带宽等方面的优势，其有效频率响应能够达到100MHz。

[0019] 4、该电压测量装置采用阻容性屏蔽材料套管，能够有效的减少外界电场对光学电压测量装置测量精度的影响，提高了电压测量装置的抗干扰能力。

[0020] 5、该电压测量装置使用气体间隙绝缘，可以较小尺寸的电压测量装置实现高压测量，重量轻、制造难度小，仅使用一个电场传感器，成本低廉。

附图说明

[0021] 图1为本发明所述电压测量装置的结构示意图；

[0022] 图2为本发明所述信号处理单元的结构示意图；

[0023] 其中，1-高压接线端子、2-高压电极、3-圆筒屏蔽层、4-空心绝缘子、5-绝缘密封

板、6-基准电压电极、7-集成光学电场传感器、8-绝缘套筒、9-接地电极、10-保偏光纤、11-稳压变频电源、12-SLD光源、13-光信号接收机和14-信号处理单元,141-抗混叠滤波器,142-A/D转换模块,143-数字信号处理系统,144-光电输出模块。

具体实施方式

[0024] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0025] 如图1所示,一种气体绝缘的实时自校准宽频高电压测量装置,包括高压接线端子1、高压电极2、圆筒屏蔽层3、空心绝缘子4、绝缘密封板5、基准电压电极6、集成光学电场传感器7、绝缘套筒8、接地电极9、保偏光纤10、稳压变频电源11、SLD光源12、光信号接收机13和信号处理单元14;其中:

[0026] 高压电极2和绝缘密封板5分别固定在所述空心绝缘子4的两端,完成所述空心绝缘子4的密封;所述圆筒屏蔽层3沿所述空心绝缘子4内壁一圈设置;

[0027] 所述高压电极2固定在所述空心绝缘子4的顶端,且所述高压电极2连接高压接线端子1,以获得被测电压;

[0028] 所述绝缘密封板5固定在所述空心绝缘子4的底端,在所述绝缘密封板5的底部固定有基准电压电极6,所述基准电压电极6连接稳压变频电源11;在所述基准电压电极6的下方设有绝缘套筒8,且所述绝缘套筒8的上端与绝缘密封板5的下端连接,所述绝缘套筒8的下端连接有接地电极9;所述绝缘套筒8内部中轴线处固定有集成光学电场传感器7,所述集成光学电场传感器7通过保偏光纤10分别与SLD光源12、光信号接收机13连接,所述光信号接收机13的输出端连接信号处理单元14。

[0029] 所述圆筒屏蔽层3为阻容性屏蔽材料套管,且所述圆筒屏蔽层3与所述空心绝缘子4同轴。

[0030] 所述高压电极2、绝缘密封板5、基准电压电极6、绝缘套筒8和接地电极9均为与所述空心绝缘子4同轴心的圆柱体。

[0031] 所述高压电极2、基准电压电极6、和接地电极9均为铜质电极。

[0032] 如图2所示,所述信号处理单元14包括依次连接的抗混叠滤波器141、A/D转换模块142、数字信号处理系统143和光电输出模块144,其中所述抗混叠滤波器141的输入端连接光信号接收机13的输出端,所述抗混叠滤波器141的输出端连接A/D转换模块142的输入端,所述A/D转换模块142的输出端连接数字信号处理系统143的输入端,所述数字信号处理系统143的输出端连接光电输出模块144。

[0033] 所述集成光学电场传感器7为基于共路干涉的集成光学电场传感器,以x切z传的LiNbO₃晶片作为衬底,使用Ti扩散法制作光波导,并通过光刻的方法在光波导附近制作偶极子天线和电极。

[0034] 所述集成光学电场传感器7根据光信号由Pockels效应产生的相位延迟计算所述集成光学电场传感器7处垂直方向的电场强度,进而得到被测电压;所述集成光学电场传感器7处垂直方向的电场强度表示为:

[0035] $E = E_1 + E_2 + E_3$

[0036] 式中, E_1 表示高压电极2上的被测电压 U_1 在集成光学电场传感器7处产生的竖直方向电场强度; E_2 表示基准电压电极6上的基准电压 U_2 在集成光学电场传感器7处产生的竖直方向电场强度; E_3 表示干扰电场在集成光学电场传感器7处产生的竖直方向电场强度。

[0037] 一种消除外界温度和电场对电压测量装置测量精度影响的方法, 基于上述采用集成光学电场传感器并具有温漂校准功能的光学电压测量装置, 包括以下步骤:

[0038] 步骤1, 所述电压测量装置的集成光学电场传感器在测量被测电压 U_1 的同时, 测量另一组与被测电压频率不同的基准电压 U_2 , 通过对基准电压测量值的校准完成对被测电压测量值的自动温度补偿; 具体的:

[0039] 步骤1-1, 分别测得被测电压 U_1 和基准电压 U_2 :

[0040] 被测电压 U_1 在集成光学电场传感器处产生的竖直方向电场强度 E_1 与被测电压 U_1 存在线性关系, 并表示为: $E_1 = k_1 U_1$, 式中 k_1 为相关系数;

[0041] 基准电压 U_2 在集成光学电场传感器处产生的竖直方向电场强度 E_2 表示为: $E_2 = k_2 U_2$, 式中 k_2 为相关系数。

[0042] 步骤1-2, 集成光学电场传感器将检测到的同时含被测电压 U_1 与基准电压 U_2 的信号通过保偏光纤传送至光信号接收机, 再由光信号接收机将接收到的信号发送至信号处理单元。

[0043] 步骤1-3, 光信号接收机发出的信号经过抗混叠滤波器后, 输出至A/D转换模块, A/D转换模块将模拟信号转换为数字信号并将数字信号传输至数字信号处理系统, 所述数字信号处理系统将A/D转换模块输出的同时含有被测电压分量与基准电压分量的信号进行数字滤波处理, 分别得到被测电压的测量值 U_1' 与基准电压的测量值 U_2' 。

[0044] 步骤1-4, 所述数字信号处理系统进一步将基准电压的测量值 U_2' 与基准电压的实际值 U_2 进行比较计算, 得到电压测量装置实时的灵敏度 k , 其中 $k = U_2 / U_2'$, 最后利用电压测量装置实时的灵敏度 k 完成对被测电压的测量值 U_1' 的校准, 得到不受外界温度影响的输出电压信号: $U''_1 = k U_1$ 。

[0045] 步骤2, 通过引入一组常规电压测量装置测量数据, 采用三相解耦的方法消除相邻相电压对本相电压测量装置准确度的干扰, 具体的:

[0046] 步骤2-1, 使用A相电压测量装置、B相电压测量装置、C相电压测量装置分别测得电场波形为 \vec{E}_A 、 \vec{E}_B 和 \vec{E}_C :

$$\vec{E}_A = k_{aa} \vec{U}_A + k_{ab} \vec{U}_B + k_{ac} \vec{U}_C$$

[0047]
$$\vec{E}_B = k_{ba} \vec{U}_A + k_{bb} \vec{U}_B + k_{bc} \vec{U}_C$$

$$\vec{E}_C = k_{ca} \vec{U}_A + k_{cb} \vec{U}_B + k_{cc} \vec{U}_C$$

[0048] 其中, \vec{U}_A 、 \vec{U}_B 、 \vec{U}_C 分别为A、B、C三相的电压向量; k_{aa} 、 k_{ab} 、 k_{ac} 分别为A相电压、B相电压、C相电压对A相集成光学电场传感器的影响系数, k_{ba} 、 k_{bb} 、 k_{bc} 分别为A相电压、B相电压、C相电压对B相集成光学电场传感器的影响系数, k_{ca} 、 k_{cb} 、 k_{cc} 分别为A相电压、B相电压、C相电压对C相集成光学电场传感器的影响系数。

[0049] 步骤2-2, 引入一组常规电压测量装置测量数据, 首先将 \vec{U}_A 、 \vec{U}_B 、 \vec{U}_C 作为已知

量,通过试验测得 k_{aa} 、 k_{bb} 、 k_{cc} ,且 k_{aa} 、 k_{bb} 、 k_{cc} 保持不变;通过 \dot{E}_A 、 \dot{U}_A 、 \dot{U}_B 、 \dot{U}_C 、 k_{aa} 计算出 k_{ab} 、 k_{ac} ,通过 \dot{E}_B 、 \dot{U}_A 、 \dot{U}_B 、 \dot{U}_C 、 k_{bb} 计算出 k_{ba} 、 k_{bc} ,通过 \dot{E}_C 、 \dot{U}_A 、 \dot{U}_B 、 \dot{U}_C 、 k_{cc} 计算出 k_{ca} 、 k_{cb} 。

[0050] 步骤2-3,根据得到的影响系数,构造一个矩阵A, $A = \begin{bmatrix} k_{aa} & k_{ab} & k_{ac} \\ k_{ba} & k_{bb} & k_{bc} \\ k_{ca} & k_{cb} & k_{cc} \end{bmatrix}$,有以下

关系式:

$$[0051] \quad \begin{bmatrix} \dot{E}_A \\ \dot{E}_B \\ \dot{E}_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{aa} & k_{ab} & k_{ac} \\ k_{ba} & k_{bb} & k_{bc} \\ k_{ca} & k_{cb} & k_{cc} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \dot{U}_A \\ \dot{U}_B \\ \dot{U}_C \end{bmatrix}$$

[0052] 对所述矩阵A取逆,得到解耦矩阵B, $B = A^{-1}$ 。

[0053] 步骤2-4,利用解耦矩阵B,以及A、B、C相电压测量装置测得的电场波形 \dot{E}_A 、 \dot{E}_B 、 \dot{E}_C ,求解A、B、C相电压 \dot{U}_A 、 \dot{U}_B 、 \dot{U}_C :

$$[0054] \quad \begin{bmatrix} \dot{U}_A \\ \dot{U}_B \\ \dot{U}_C \end{bmatrix} = B \cdot \begin{bmatrix} \dot{E}_A \\ \dot{E}_B \\ \dot{E}_C \end{bmatrix}$$

[0055] 步骤2-5,得到解耦后的三相电压信号 \dot{U}_A 、 \dot{U}_B 、 \dot{U}_C ,由该三相电压测量装置独立的电压波形,经过解耦得到三相电压的实际波形,从而消除相邻相电压对本相电压测量装置准确度的干扰。

[0056] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

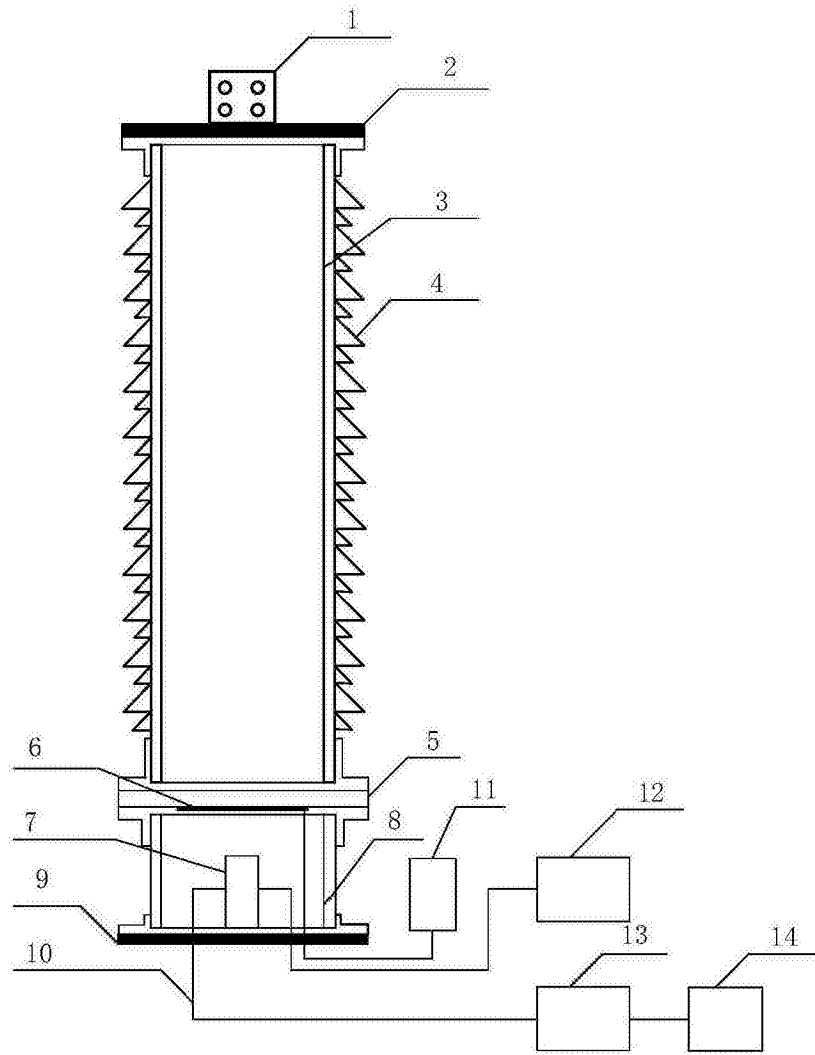


图1

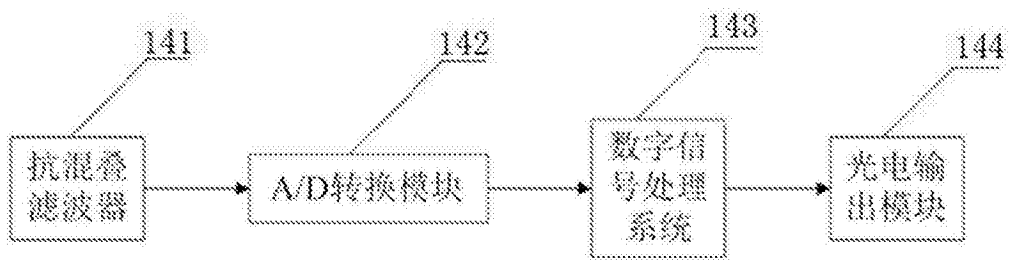


图2