

激光大气传输倾斜校正系统

申请号: [200910251477.6](#)

申请日: 2009-12-24

申请(专利权)人 [中国科学院安徽光学精密机械研究所](#)
地址 [230031 安徽省合肥市蜀山湖路350号](#)
发明(设计)人 [谭逢富 侯再红 陈修涛 吴毅 何枫 秦来安](#)
主分类号 [H04B10/10 \(2006.01\) I](#)
分类号 [H04B10/10 \(2006.01\) I](#) [G02B26/08 \(2006.01\) I](#)
公开(公告)号 [101771468A](#)
公开(公告)日 [2010-07-07](#)
专利代理机构 [安徽合肥华信知识产权代理有限公司](#) [34112](#)
代理人 [余成俊](#)



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101771468 A

(43) 申请公布日 2010. 07. 07

(21) 申请号 200910251477. 6

(22) 申请日 2009. 12. 24

(71) 申请人 中国科学院安徽光学精密机械研究所

地址 230031 安徽省合肥市蜀山湖路 350 号

(72) 发明人 谭逢富 侯再红 陈修涛 吴毅 何枫 秦来安

(74) 专利代理机构 安徽合肥华信知识产权代理有限公司 34112

代理人 余成俊

(51) Int. Cl.

H04B 10/10(2006. 01)

G02B 26/08(2006. 01)

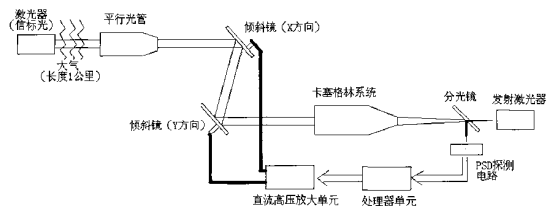
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 5 页

(54) 发明名称

激光大气传输倾斜校正系统

(57) 摘要

本发明公开了一种激光大气传输倾斜校正系统,激光器向大气发出的信标光被平行光管接收,经过平行光管准直为平行光,平行光入射至倾斜镜,被沿 X、Y 方向的倾斜镜依次反射后,入射至卡塞格林系统,卡塞格林系统的出射光入射至分光镜,被分光镜分成透射光及反射光,透射光从发射激光器的出光口入射至发射激光器,反射光入射至 PSD 探测器,PSD 探测器将光信号转换为电信号,经过多路 PSD 探测器检测电路后,传送至处理器单元,处理器单元根据 PSD 探测器测得的光信号计算倾斜镜倾斜角度的偏移量,通过 D/A 转换及低压放大电路将数字偏移量信号转换为模拟偏移量信号后传送至直流高压放大单元,直流高压放大单元中的压电陶瓷驱动电路接收模拟偏移量信号,根据模拟偏移量信号驱动压电陶瓷伸长或缩短,压电陶瓷带动倾斜镜转动相应的角度。



1. 激光大气传输倾斜校正系统,包括有向大气发射信标光的激光器,其特征在于:设置有接收穿过大气的信标光的平行光管,所述平行光管中有准直光路,有光轴分别沿 X 方向及 Y 方向设置的倾斜镜,所述倾斜镜为反射镜,所述倾斜镜分别安装在压电陶瓷上,所述压电陶瓷分别通过导线与直流高压放大单元连接,所述直流高压放大单元中集成有压电陶瓷驱动电路,所述光轴沿 X 方向的倾斜镜其反射面倾斜对准所述平行光管的出光口,所述光轴沿 Y 方向的倾斜镜其反射面与所述光轴沿 X 方向的倾斜镜的反射面相对且平行,还包括有卡塞格林系统,所述卡塞格林系统的入光口接收所述光轴沿 Y 方向的倾斜镜反射的平行光,所述卡塞格林系统的出光口处设置有分光镜,所述发射激光器的出光口正对所述分光镜透光面一侧,所述分光镜反射面一侧设置有 PSD 探测器,所述 PSD 探测器电连接有多路 PSD 探测器检测电路,还包括有处理器单元,所述直流高压放大单元与所述 PSD 探测器分别与所述处理器单元电连接,所述处理器单元中集成有处理器电路和 D/A 转换及低压放大电路;所述激光器向大气发出的信标光被所述平行光管接收,经过平行光管的准直为平行光,所述平行光入射至光轴沿 X 方向的倾斜镜,被光轴沿 X 方向的倾斜镜反射至所述光轴沿 Y 方向的倾斜镜,再被所述光轴沿 Y 方向的倾斜镜反射并入射至所述卡塞格林系统,卡塞格林系统的出射光入射至所述分光镜,被分光镜分成透射光及反射光,透射光从所述发射激光器的出光口入射至所述发射激光器中,反射光入射至所述 PSD 探测器,PSD 探测器将光信号转换为电信号,经过多路 PSD 探测器检测电路后,传送至所述处理器单元,所述处理器单元根据 PSD 探测器测得的光信号计算所述倾斜镜倾斜角度的偏移量,通过所述 D/A 转换及低压放大电路将数字偏移量信号转换为模拟偏移量信号后传送至所述直流高压放大单元,所述直流高压放大单元中的压电陶瓷驱动电路接收模拟偏移量信号,根据模拟偏移量信号驱动压电陶瓷伸长或缩短,压电陶瓷带动所述倾斜镜转动相应的角度。

2. 根据权利要求 1 所述的激光大气传输倾斜校正系统,其特征在于:所述 PSD 探测器检测电路包括两个型号为 TLV2264 的运算放大器构成的信号前置放大电路,及型号为 MCP6S21 的程控运算放大器,PSD 探测器的电流信号经信号前置放大电路转换成电压信号、放大后,输出至所述程控运算放大器,所述程控运算放大器的通讯引脚分别通过电阻与通讯接口连接,通过通讯接口与所述处理器单元中的处理器通讯,所述程控运算放大器的电压输出引脚通过导线与所述处理器单元中的处理器电路连接,所述程控运算放大器将放大后的电压信号输入到处理器电路。

3. 根据权利要求 1 所述的激光大气传输倾斜校正系统,其特征在于:所述处理器电路采用信号为 dsPIC33FJ16MC304 的单片机,所述单片机的信号输入引脚与所述程控运算放大器电压输出引脚通过导线连接,引入所述 PSD 探测器检测电路的输出电压,所述单片机的通讯引脚分别组合接有多个通讯接口,通过通讯接口分别与所述多路 PSD 探测器检测电路中的程控运算放大器、外部的计算机、处理器单元中的 D/A 转换及低压放大电路进行通讯,所述单片机上还接有在线调试接口。

4. 根据权利要求 1 所述的激光大气传输倾斜校正系统,其特征在于:所述 D/A 转换及低压放大电路包括有型号为 TLV5638ID 的 D/A 转换器,及两个运算放大器,所述 D/A 转换器通过通讯接口与所述处理器电路中的单片机进行通讯,引入单片机输出的数字电压信号,并将数字电压信号转换成模拟电压信号输出,所述 D/A 转换器的输出端与一个运算放大器的反相输入端连接,所述运算放大器将模拟电压信号放大,传送至另一个运算放大器,所述

另一个运算放大器作为跟随器向所述直流高压放大单元中的压电陶瓷驱动电路输出放大后的模拟电压信号。

5. 根据权利要求 1 所述的激光大气传输倾斜校正系统,其特征在于:所述压电陶瓷驱动电路包括两个射极输出连接的三极管构成的复合管,比较放大电路,所述比较放大电路中的比较放大器反相输入端引入所述 D/A 转换及低压放大电路输出的放大后的模拟电压信号,所述比较放大电路中的运算放大器输出端通过二极管与所述复合管输入端连接,复合管的输出级通过 2 个二极管和一个电阻与压电陶瓷连接,驱动压电陶瓷工作,还包括有快速放电回路,所述快速放电回路采用运算放大器构成比较器,运算放大器的输出端通过三极管为压电陶瓷放电。

激光大气传输倾斜校正系统

技术领域

[0001] 本发明涉及大气光学及电子学领域,尤其是一种校正激光大气传输过程中产生的倾斜,改善光束质量的系统,具体是一种激光大气传输倾斜校正系统。

背景技术

[0002] 激光在大气中传输时,由于大气湍流的作用,会导致光波振幅和相位的起伏,将严重影响目标跟踪系统的跟踪精度。在目标跟踪系统中,望远镜接收的信标光,受到大气湍流的影响而导致跟踪成像光斑的扩展与抖动,而跟踪系统的跟踪精度主要是大气湍流和望远镜的抖动引起的;激光大气传输倾斜校正系统的就是为了校正大气湍流和望远镜的抖动引起的光斑抖动和倾斜。它在激光大气传输的倾斜校正、光束稳定及天文观测等领域具有广泛的应用价值。另外,实现光学系统对运动目标的精跟踪,可以实时获取光路上的光学参数信息,尤其是大气湍流信息,这对定量的研究大气湍流对光束抖动的影响具有十分重要的意义。

[0003] 在激光大气传输倾斜校正系统中,关键的器件是光斑位置探测器,现有的测量光斑位置的器件有:光电二极管阵列、CCD、四象限、PSD 位置敏感传感器等等。表 1 给出各种光斑探测器的性能比较。

[0004] 表 1 光斑探测器的性能比较

[0005]

	分辨率	响应频率范围	简易程度	灵敏度
光电二极管阵列	低	非常高	难	高
四象限	中	高	易	高
CCD	较高	较低	难	较高
PSD	高	高	易	较高

[0006] 由表 1 的比较可知最适合的光斑探测器为四象限和 PSD。但是四象限要求光斑均匀分布在四个现象,而我们的系统得到的是小的聚焦光斑,属于非均匀光斑,另外四象限存在一定的盲区,为此四象限与 PSD 相比,PSD 更满足本系统的要求。因此,在本系统中我们选择 PSD 为光斑探测器。本系统采用的位置敏感探测器为日本滨松生产的 S5591。

[0007] 位置敏感探测器 (Position sensitive Detector-PSD) 是一种基于半导体 PN 结横向光电效应的光电器件,它能连续地检测入射光斑的重心位置。具有分辨率高、响应速度快、信号处理相对简单、检测位置的同时还能检测光强等优点,适用于位置、距离、位移、角度以及其他相关物理量的精密测量。当光敏面被非均匀光照时,由于横向光电效应,在平行于结平面的方向形成电势差,光生电流在扩散层被分流,通过电极收集电流,由于从电极输出的电流与入射光斑的重心位置相关,根据输出的电流能连续、直接地检出入射光斑的重

心位置。

[0008] 图 1 为 PSD 的结构图。PSD 输出为四路电流信号, 电流的大小与光斑的重心位置及光强的大小有关。I1、I2、I3、I4 代表输出的四路电流信号, L 代表光敏面尺寸。其光斑重心位置由公式 2 给出。

$$\begin{aligned}
 [0009] \quad & \frac{(I2 + I3) - (I1 + I4)}{I1 + I2 + I3 + I4} = \frac{2x}{L} \\
 [0010] \quad & \frac{(I2 + I4) - (I1 + I3)}{I1 + I2 + I3 + I4} = \frac{2y}{L}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

[0011] 其中, (x, y) 代表光斑重心的二维坐标。

发明内容

[0012] 本发明的目的是提供一种激光大气传输倾斜校正系统, 通过将倾斜镜安装在压电陶瓷上, 并采用 PSD 探测器反馈光斑信号, 能够有效地实现激光传输时倾斜镜的实时校正, 实现光学系统对运动目标的精跟踪, 并实时获取光路上的光学参数信息, 尤其是大气湍流信息。

[0013] 为了达到上述目的, 本发明所采用的技术方案为:

[0014] 激光大气传输倾斜校正系统, 包括有向大气发射信号标定光的激光器, 其特征在于: 设置有接收穿过大气的信号标定光的平行光管, 所述平行光管中有准直光路, 有光轴分别沿 X 方向及 Y 方向设置的倾斜镜, 所述倾斜镜为反射镜, 所述倾斜镜分别转动安装在压电陶瓷上, 所述压电陶瓷分别通过导线与直流高压放大单元连接, 所述直流高压放大单元中集成有压电陶瓷驱动电路, 所述光轴沿 X 方向的倾斜镜其反射面倾斜对准所述平行光管的出光口, 所述光轴沿 Y 方向的倾斜镜其反射面与所述光轴沿 X 方向的倾斜镜的反射面相对且平行, 还包括有卡塞格林系统, 所述卡塞格林系统的入光口与所述光轴沿 X 方向的倾斜镜的倾斜镜相对, 所述卡塞格林系统的出光口处设置有分光镜, 所述激光器的入光口正对所述分光镜透光面一侧, 所述分光镜反射面一侧设置有 PSD 探测器, 所述 PSD 探测器电连接有多路 PSD 探测器检测电路, 还包括有处理器单元, 所述直流高压放大单元与所述 PSD 探测器分别与所述处理器单元电连接, 所述处理器单元中集成有处理器电路和 D/A 转换及低压放大电路; 所述激光器向大气发出的信号标定光被所述平行光管接收, 经过平行光管的准直为平行光, 所述平行光入射至光轴沿 X 方向的倾斜镜, 被光轴沿 X 方向的倾斜镜反射至所述光轴沿 Y 方向的倾斜镜, 再被所述光轴沿 Y 方向的倾斜镜反射并入射至所述卡塞格林系统, 卡塞格林系统的出射光入射至所述分光镜, 被分光镜分成透射光及反射光, 透射光从所述激光器的入光口入射至所述激光器中, 出射光入射至所述 PSD 探测器, PSD 探测器将光信号转换为电信号, 经过多路 PSD 探测器检测电路后, 传送至所述处理器单元, 所述处理器单元根据 PSD 探测器测得的光信号计算所述倾斜镜倾斜角度的偏移量, 通过所述 D/A 转换及低压放大电路将数字偏移量信号转换为模拟偏移量信号后传送至所述直流高压放大单元, 所述直流高压放大单元中的压电陶瓷驱动电路接收模拟偏移量信号, 根据模拟偏移量信号驱动压电陶瓷伸长或缩短, 压电陶瓷带动所述倾斜镜转动相应的角度。

[0015] 所述的激光大气传输倾斜校正系统, 其特征在于: 所述 PSD 探测器检测电路包括两个型号为 TLV2264 的运算放大器构成的信号前置放大电路, 及型号为 MCP6S21 的程控运

算放大器, PSD 探测器的电流信号经信号前置放大电路转换成电压信号、放大后, 输出至所述程控运算放大器, 所述程控运算放大器的通讯引脚分别通过电阻与通讯接口连接, 通过通讯接口与所述处理器单元中的处理器电路信号通讯, 所述程控运算放大器的电压输出引脚通过导线与所述处理器单元中的处理器电路连接, 输出增益后的电压信号。

[0016] 所述的激光大气传输倾斜校正系统, 其特征在于: 所述处理器电路采用信号为 dsPIC33FJ16MC304 的单片机, 所述单片机的信号输入引脚与所述程控运算放大器电压输出引脚通过导线连接, 引入所述 PSD 探测器检测电路的输出电压, 所述单片机的通讯引脚分别组合接有多个通讯接口, 通过通讯接口分别与所述多路 PSD 探测器检测电路中的程控运算放大器、外部的计算机、处理器单元中的 D/A 转换及低压放大电路进行通讯, 所述单片机上还接有在线调试接口。

[0017] 所述的激光大气传输倾斜校正系统, 其特征在于: 所述 D/A 转换及低压放大电路包括有型号为 TLV5638ID 的 D/A 转换器, 及两个运算放大器, 所述 D/A 转换器通过通讯接口与所述处理器电路中的单片机进行通讯, 引入单片机输出的数字电压信号, 并将数字电压信号转换成模拟电压信号输出, 所述 D/A 转换器的输出端与一个运算放大器的反相输入端连接, 所述运算放大器将模拟电压信号放大, 传送至另一个运算放大器, 所述另一个运算放大器作为跟随器向所述直流高压放大单元中的压电陶瓷驱动电路输出放大后的模拟电压信号。

[0018] 所述的激光大气传输倾斜校正系统, 其特征在于: 所述压电陶瓷驱动电路包括两个射极输出连接的三极管构成的复合管, 比较放大电路, 所述比较放大电路中的比较放大器反相输入端引入所述 D/A 转换及低压放大电路输出的放大后的模拟电压信号, 所述比较放大电路中的运算放大器输出端通过二极管与所述复合管输入端连接, 还包括有快速放电回路, 所述快速放电回路采用运算放大器, 运算放大器的输出端通过三极管给压电陶瓷供电, 驱动压电陶瓷工作。

[0019] 本发明由 PSD 探测器对光斑重心位置进行探测, 并将光信号转化成电流信号, PSD 探测器检测电路将电流信号转换成电压信号并放大后传送至处理器电路, 由处理器电路中的单片机计算倾斜镜角度的偏移量, 根据计算得到的倾斜镜角度的偏移量, 经 D/A 转换及低压放大电路、压电陶瓷驱动电路驱动压电陶瓷带动高速倾斜镜改变倾斜角度, 最终改变了光斑在成像系统中的位置。本发明能够有效地实现激光传输时倾斜镜的实时校正, 实现光学系统对运动目标的精跟踪, 并实时获取光路上的光学参数信息, 尤其是大气湍流信息。

附图说明

- [0020] 图 1 为 PSD 探测器结构示意图。
- [0021] 图 2 为本发明系统光路结构框图。
- [0022] 图 3 为本发明控制原理框图。
- [0023] 图 4 为本发明 PSD 探测器检测电路图。
- [0024] 图 5 为本发明处理器电路图。
- [0025] 图 6 为本发明 D/A 转换及低压放大电路图。
- [0026] 图 7 为本发明压电陶瓷驱动电路图。

[0027] 图 8 为倾斜镜结构图

具体实施方式

[0028] 如图 2 所示。信标光使用的是激光器做信标光（目标）。平行光管接收到来自一公里的信标光，信标光经平行光管准直为平行光；平行光经 X、Y 方向的倾斜镜反射进入卡塞格林系统；卡塞格林在本系统的作用是使光学系统的焦距变长放大倾斜量，本系统的焦距为 25.3m。从卡塞格林系统出来的光经分光镜分光，一部分进入 PSD 探测器，一部分进入激光器的入口，当 PSD 探测器的光斑重心在中央时，另一部分光就能在激光器的出光口。根据光路可逆原理，从激光器出射的光就能跟踪到信标光（目标）。若是 PSD 探测的光斑重心不在 PSD 探测器的中央，则 PSD 探测器输出的信号经处理单元处理，由高压放大器将处理单元输出的偏移量放大，施加在压电陶瓷上，使倾斜镜的倾斜角改变，最终将光斑重心调整到激光器的出口处。

[0029] 如图 3 所示。本发明以带 DSP 功能的单片机为处理器，首先通过 A/D 转换将 PSD 探测器检测到的光斑位置转换为数字信号送入 DSP 进行处理，DSP 计算出光斑坐标及坐标偏差值，通过 D/A 将偏差值转换为模拟信号，再通过高压放大电路驱动压电陶瓷，改变倾斜镜的倾斜角。同时 DSP 通过串口与计算机（上位机）进行通讯，用于控制系统工作。

[0030] 如图 4 所示。PSD 探测器检测电路是将 PSD 检测到的微小信号经过采集、放大、滤波、零点补偿及程控放大，最后送给 A/D 采集。为了提高 PSD 的测量精度和稳定性，信号前置放大器需要采用精密低功耗放大器。这里采用的是 TLV2264。图 4 只是 PSD 的一路信号检测电路，实际应用中由 4 路相同的电路构成。

[0031] 由于 PSD 检测到的为电流信号，首先必须将电流信号转化为电压信号，电路的第一个运算放大器 U1A 实现电流电压转换。由于四路信号要求具有相同的转换效率，因此，电阻要求精度高，其误差要求在 0.05% 以内。第二个运算放大器 U1B 作用是将小信号反向放大。因为第一个放大器输出的为负电压，采用反向放大后输出的电压为正值。电阻 R1、R4、R6 都经过精心挑选，误差要求在 0.05% 以内。电容 C1、C5 的作用是滤除 PSD 带来的噪音信号。电位计 R3 是为了消除 PSD 的静态电流影响。

[0032] 由于 PSD 输出电流大小与光强大小成正比，为使系统能在较宽的光强范围内正常工作，本系统在小信号放大后加了一级程控运算放大电路。程控运算放大器采用 MCP6S21。程控运放有 8 种增益选择方式：1、2、4、5、8、10、16、32；接口方式为 SPI 接口，图中 J4 为程控运算放大器 U6 与处理器单元的通讯接口。

[0033] 如图 5 所示。处理器电路是将 PSD 探测器检测电路检测到的信号进行 A/D 转换，将模拟量转换为数字量，再经过计算得到偏移量后送给 D/A 转换电路。同时，该电路通过 J8 与上位机通讯；通过 J2 与程控放大器通讯，控制放大倍数；通过 J5 与 D/A 转换器通讯，控制 D/A 转换器工作。J1 为在线调试口。

[0034] 本系统的处理机选用 dsPIC33FJ16MC304，是一款带 DSP 功能的高性能的单片机，最高 40MIPS 的工作速度、带 12 位高精度 A/D 转换器。

[0035] 本系统采用 12 位转换精度，125K 的转换速度，使用自动通道选择模式对四路模拟信号采样。当 16 字的转换结果缓冲区满的时候产生一次中断，并对每路信号取四次的平均值。采取四次采样取平均值的方法，一方面可以减小采样误差，另一方面，可以起到滤波的

作用。

[0036] 如图 6 所示。D/A 转换及低压放大电路功能为将偏移量经过 D/A 转换后从 D/A 转换器 TLV5638ID 输出,然后将信号送入运算放大器 U3B 同相放大,最后从运算放大器 U3B 构成的跟随器输出。J3 为 TLV5638ID 与处理机(单片机)通讯接口。该电路中需要将 D/A 转换输出的信号低压放大的原因是:该信号需要经过长线传输送到直流高压放大单元,为提高信号的抗干扰能力,需将信号进行放大后再传输。D/A 转换器选用的是 TLV5638ID,是 12 位双路输出的 D/A 转换器。

[0037] 如图 7 所示。压电陶瓷驱动电路是将 D/A 输出的低压信号经直流高压放大电路放大为高压信号驱动压电陶瓷(PZT)。要求高压直流放大电路具有:输出电压线性好、分辨率高(小于 10 毫伏)、静态纹波低(小于 10 毫伏)、动态性能好。

[0038] 在电路中,Q2、Q3 组成复合管,接成射极输出形式,一方面起调整管的作用,同时也增加了驱动能力。Q1、R5、U1A 组成了比较放大电路,取输出电压的一部分作为反馈电压与 D/A 转换器提供的电压进行比较,将误差信号经过放大器放大后控制调整管,以此来维持输出电压的稳定。

[0039] U1B、Q4、R11、R6、R7、R8、R9 及 D2、D3 一起构成了快速放电回路。其中,R6、R7、R8、R9 是检测电阻,它们应满足 $R6 \cdot R7 = R8 \cdot R9$,且阻值都很大,以使压电陶瓷微位移器对它们的放电可以忽略不计。U1B 为比较器,当电路的输出电压增加(相当于给容性负载充电)时,U1B 的两输入端有: $V^- > V^+$,U1B 输出为负,三极管 Q4 截止,放电回路不起作用,对整个电路没有任何影响。当电路输出电压下降(相当于给容性负载放电)时,U1B 的两输入端有: $V^+ > V^-$,则 U1B 输出为正,使 Q4 导通,压电陶瓷微位移器通过 Q4 和 R11 快速放电。

[0040] 如图 8 所示。包括有压电陶瓷 2 及倾斜镜 3,有底座 1,底座 1 上连接有支架 4,倾斜镜 3 转动安装在支架 4 上,压电陶瓷 2 一端安装在底座 1 上,另一端连接在倾斜镜 3 上,有弹簧 5 其两端分别连接在底座 1 及倾斜镜 3 上。

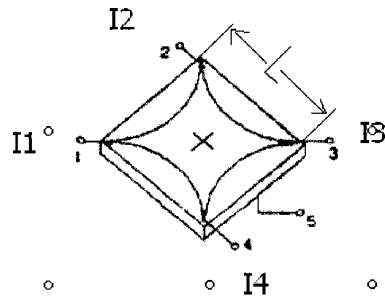


图 1

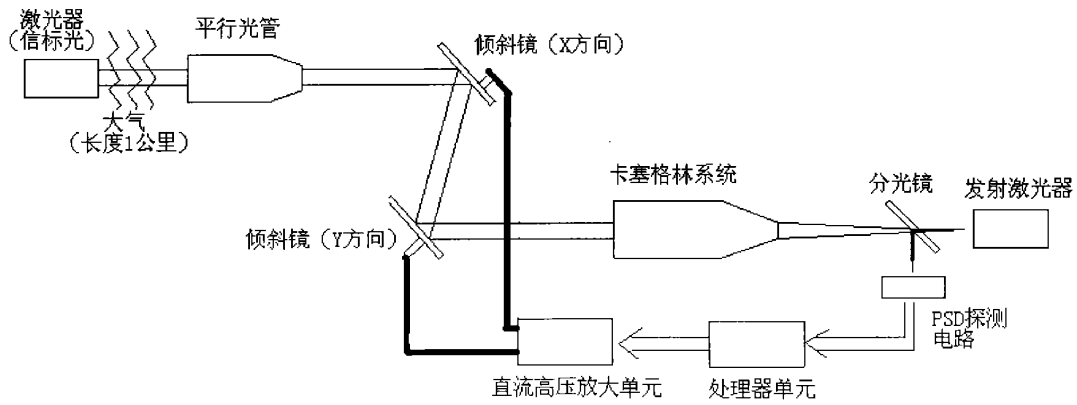


图 2

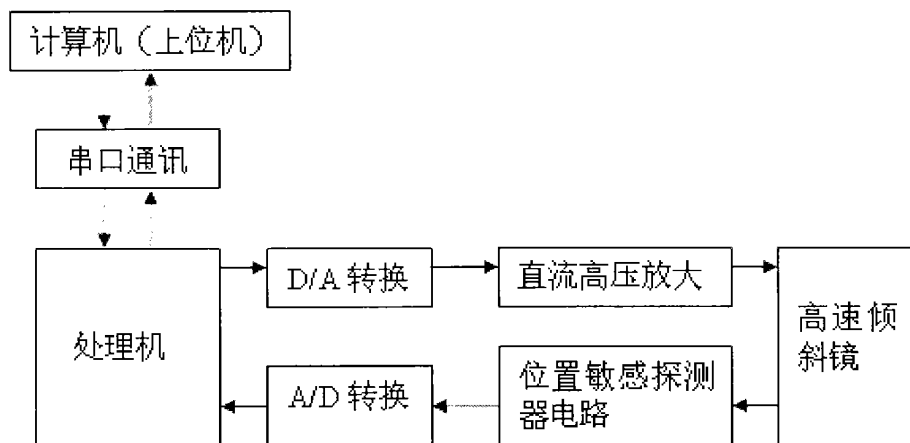


图 3

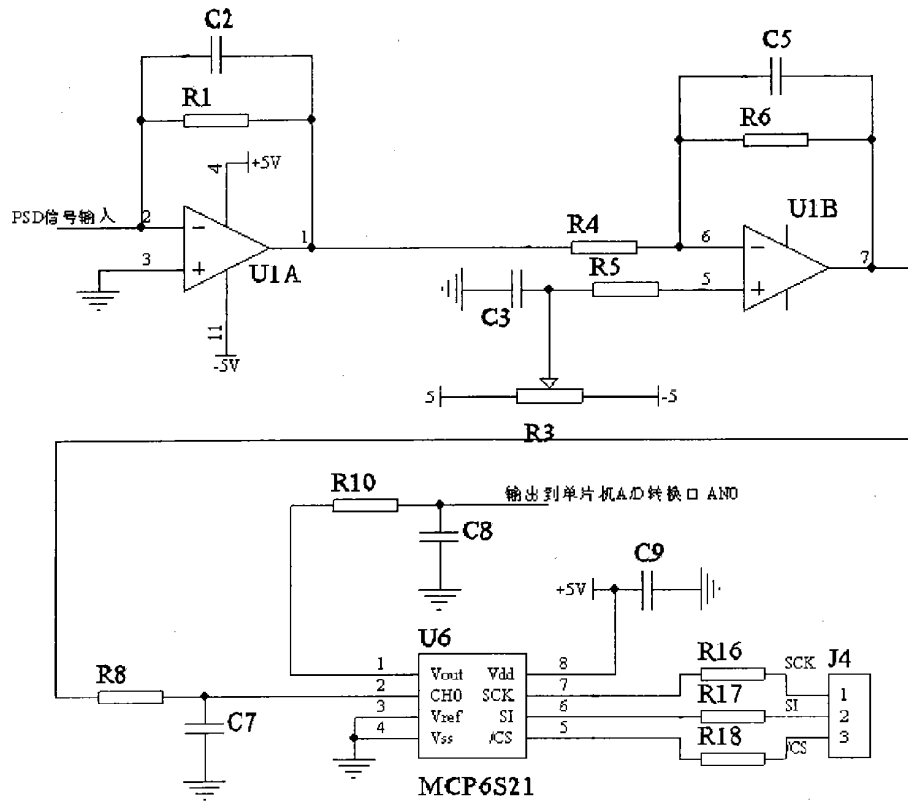


图 4

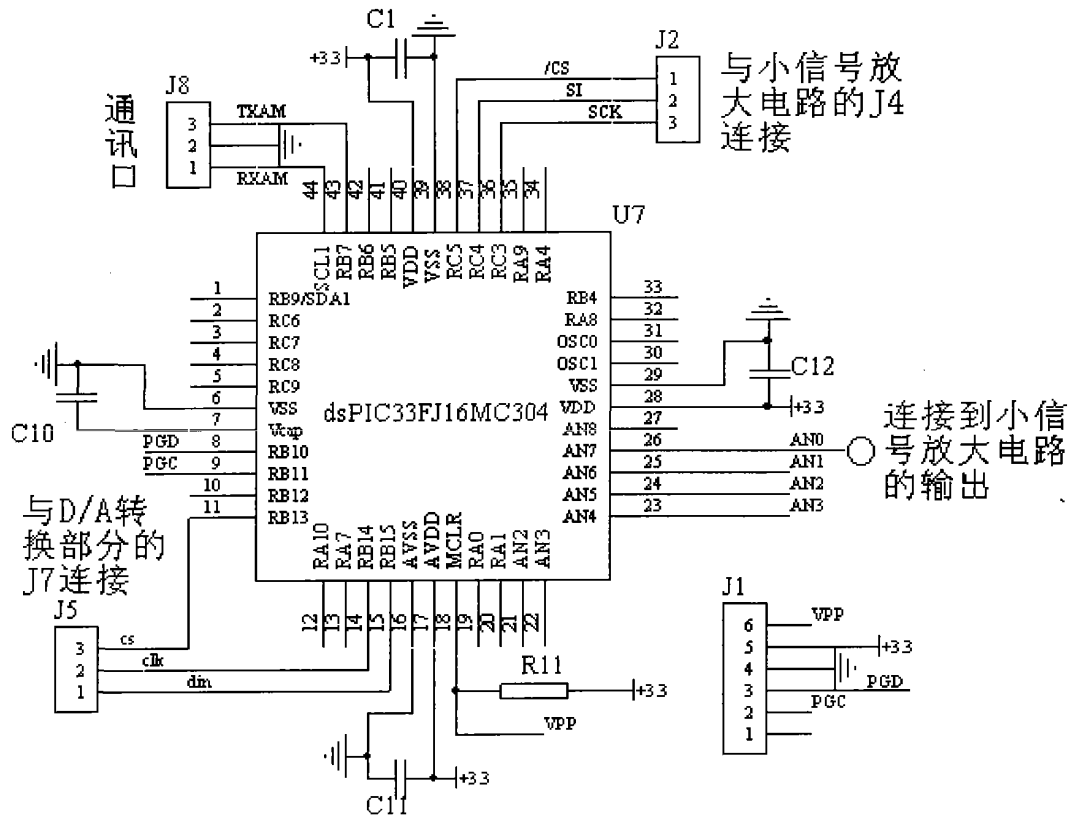


图 5

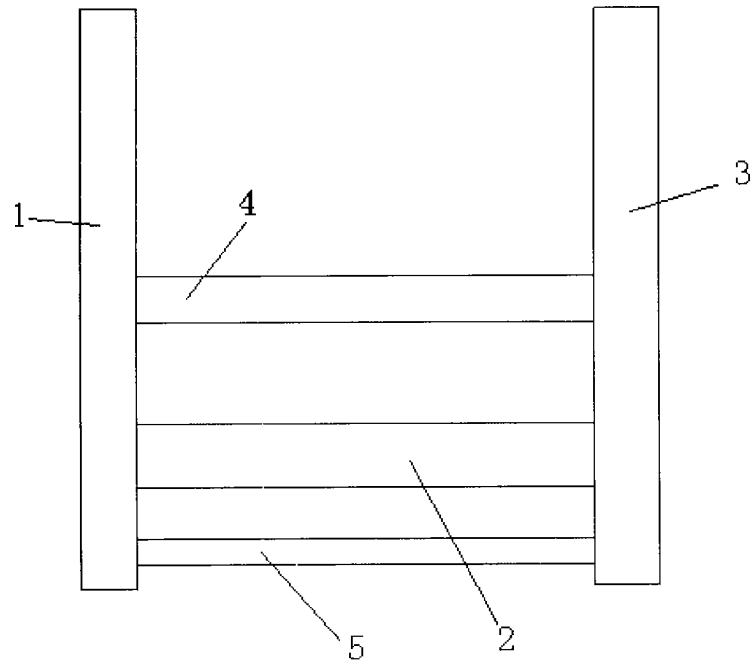


图 8