



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109946676 A

(43)申请公布日 2019.06.28

(21)申请号 201711396190.3

(22)申请日 2017.12.21

(71)申请人 中国科学院沈阳自动化研究所
地址 110016 辽宁省沈阳市东陵区南塔街
114号

(72)发明人 魏永旺 史泽林 罗海波 常铮
于洋

(74)专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限
公司 21002

代理人 李巨智

(51)Int.Cl.
G01S 7/481(2006.01)

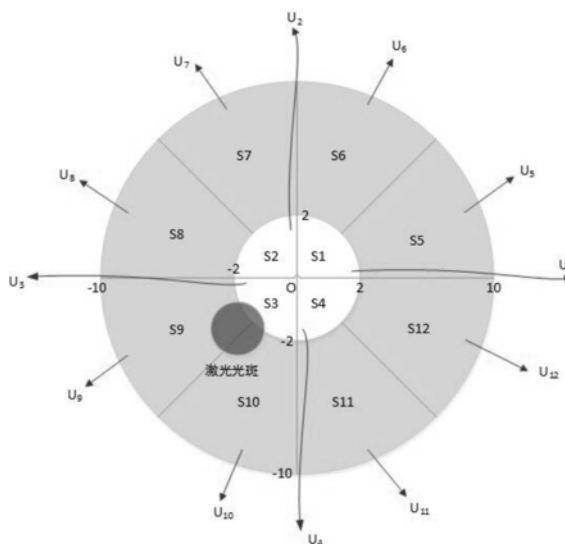
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

十二象限激光探测器

(57)摘要

本发明涉及一种十二象限激光探测器,包括圆形光敏面,将所述圆形光敏面划分为内圆和外环,其中以内圆圆心为原点建立二维坐标系,X轴和Y轴将内圆划分为4个直角扇形区域;外环等分为8个外环区域,使二维坐标系中每个象限有且仅有两个外环区域。本发明主要应用于微弱、快速变化的光信号探测,如激光经纬仪、激光导引头等光电跟踪、定位和准直等方面有着非常重要的意义,可以显著地提高现有的四象限、双四象限激光探测空间分辨率,从而提高激光定向或跟踪系统性能,且结构合理,具有一定的价值和推广意义。



1. 一种十二象限激光探测器,包括圆形光敏面,其特征在于:将所述圆形光敏面划分为内圆和外环,其中以内圆圆心为原点建立二维坐标系,X轴和Y轴将内圆划分为4个内圆区域;外环等分为8个外环区域,使二维坐标系中每个象限有且仅有两个外环区域。

2. 根据权利要求1所述的十二象限激光探测器,其特征在于:所述内圆直径为3~6mm。

3. 根据权利要求1所述的十二象限激光探测器,其特征在于:所述外环直径为10~20mm。

4. 根据权利要求1所述的十二象限激光探测器,其特征在于:每个内圆区域通过内圆信号引出线连接一个跨阻抗运算放大电路;每个外环区域通过外环信号引出线连接一个跨阻抗运算放大电路;内圆区域和外环区域输出电流信号,经跨阻抗运算放大电路将电流信号转换为电压信号,并放大后输出。

5. 根据权利要求4所述的十二象限激光探测器,其特征在于:所述跨阻抗运算放大电路采用厚膜制造工艺,制成集成电路。

6. 根据权利要求4所述的十二象限激光探测器,其特征在于:所述内圆信号引出线从内圆的外侧边缘引出,且贴近X轴或Y轴设置;所述外环信号引出线从外环的外侧边缘引出,且贴近X轴或Y轴设置。

7. 根据权利要求1所述的十二象限激光探测器,其特征在于:通过光敏分割线对圆形光敏面进行划分,且光敏分割线的宽度为10 μ m~120 μ m。

8. 一种应用权利要求1~7任一项所述十二象限激光探测器计算光斑中心位置偏移量的加权和差运算方法,其特征在于,光斑中心位置偏移量(Δx , Δy)为:

$$\begin{cases} \Delta x = k_1 \times \frac{[(U_5 + U_{12}) + 0.5(U_6 + U_{11})] - [(U_8 + U_9) + 0.5(U_7 + U_{10})] + [(U_1 + U_4) - (U_2 + U_3)]}{\sum_{i=1}^{12} U_i} \\ \Delta y = k_2 \times \frac{[(U_6 + U_7) + 0.5(U_5 + U_8)] - [(U_{10} + U_{11}) + 0.5(U_9 + U_{12})] + [(U_1 + U_2) - (U_3 + U_4)]}{\sum_{i=1}^{12} U_i} \end{cases}$$

其中, U_5 、 U_{12} 、 U_8 、 U_9 为 S_5 、 S_{12} 、 S_8 、 S_9 区域对应的输出电压信号, S_5 、 S_{12} 、 S_8 、 S_9 区域为外环区域中一条边与X轴重合的区域,其中 S_5 、 S_{12} 区域为外环区域中一条边与X轴正向重合的区域, S_8 、 S_9 区域为外环区域中一条边与X轴负向重合的区域; U_6 、 U_{11} 、 U_7 、 U_{10} 为 S_6 、 S_{11} 、 S_7 、 S_{10} 区域对应的输出电压信号, S_6 、 S_{11} 、 S_7 、 S_{10} 区域为外环区域中一条边与Y轴重合的区域,其中, S_6 、 S_7 区域为外环区域中一条边与Y轴正向重合的区域, S_{10} 、 S_{11} 区域为外环区域中一条边与Y轴负向重合的区域; U_1 、 U_2 、 U_3 、 U_4 为 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 区域对应的输出电压信号, S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 区域分别为内圆在二维坐标系中第一象限、第二象限、第三象限、第四象限内对应的内圆区域; k_1 为X方向上的偏移量修正系数、 k_2 为Y偏方向上的移量修正系数。

十二象限激光探测器

技术领域

[0001] 本发明涉及光电探测器及组件设计技术领域,具体地说是一种十二象限激光探测器。

背景技术

[0002] 在微弱、快速变化的光信号探测,如激光经纬仪、激光导引头等光电跟踪、定位、准直和微位移测量等方面,多使用四象限激光探测器及组件作为信号传感单元。特别是对大多数用于军事目标的探测或工业中的定向探测场合,均使用四象限PIN或APD激光探测器进行二维方向上目标的方位定向,使用连续或脉冲激光器作为激光辐射源,用来照射需要定向或跟踪的目标。目标漫反射以后的反射光近似于平行光,进入光学系统后成像于物镜的后焦面上,由于结构装调使四象限激光探测器光敏面的位置略有离焦,于是在光敏面上接收到目标的像为一个圆形的呈高斯分布的弥散光斑。当光学系统光轴对准目标时,圆形光斑中心与四象限探测器中心重合,四个象限因受光照的光斑面积相同,输出近似相等的脉冲电压。当目标相对光轴在X、Y方向有任何偏移时,目标像的圆形弥散光斑的位置就在四象限探测器光敏面上有相应地一定程度的偏移,四个探测器因受照光斑面积不同而得到不同的辐射能量,从而输出脉冲电压的幅度也不同。

[0003] 经过众多科技工作者的不断努力,对四象限激光探测器,光斑直径等于探测器光敏面直径的一半时,探测器光敏面得到了充分的利用,并具有较好的线性区,如图1所示。

[0004] 光斑偏移量计算公式:
$$\begin{cases} \Delta x = k_1 \times \frac{(U_A + U_D) - (U_B + U_C)}{U_A + U_B + U_C + U_D} \\ \Delta y = k_2 \times \frac{(U_A + U_B) - (U_C + U_D)}{U_A + U_B + U_C + U_D} \end{cases}$$
, 式中, k_1 、 k_2 为偏移量修正

系数。

[0005] 为分析方便,假如光斑是强度均匀的半径为 r 的圆形斑,各象限光敏面上得到的扇形光斑面积与A、B、C、D探测器光敏面的输出向对应成正比,则由求扇形面积公式可推出输出的信号与光斑偏移量的关系:

[0006]
$$\begin{cases} U_x = k_1 \times \left[2 \left(rx \sqrt{1 - \frac{x^2}{r^2}} + r^2 \arcsin \frac{x}{r} \right) \right] \\ U_y = k_2 \times \left[2 \left(ry \sqrt{1 - \frac{y^2}{r^2}} + r^2 \arcsin \frac{y}{r} \right) \right] \end{cases}$$
, 式中, k_1 、 k_2 为偏移量修正系数, (x, y) 为激

光光斑位置坐标,对这种四象限探测器有一个明显缺点,因为四象限探测系统基本上都采用光斑直径等于探测器光敏面半径方式,结合着带限制的和差法计算出偏差角信息。由于四象限激光探测器只有四个光敏面分区,成像光斑只能对输出信号电压 U_x 、 U_y 与光斑位移 $(\Delta x, \Delta y)$ 之间只在一定范围内呈线性关系,所以空间分辨率低的缺陷经常会导致定向和

跟踪精度偏低的问题凸显。

发明内容

[0007] 针对现有技术的不足,本发明提供一种十二象限激光探测器,解决空间分辨率低,导致定向和跟踪精度偏低、响应速度偏慢的问题。

[0008] 本发明为实现上述目的所采用的技术方案是:

[0009] 一种十二象限激光探测器,包括圆形光敏面,将所述圆形光敏面划分为内圆和外环,其中以内圆圆心为原点建立二维坐标系,X轴和Y轴将内圆划分为4个内圆区域;外环等分为8个外环区域,使二维坐标系中每个象限有且仅有两个外环区域。

[0010] 所述内圆直径为3~6mm。

[0011] 所述外环直径为10~20mm。

[0012] 每个内圆区域通过内圆信号引出线连接一个跨阻抗运算放大电路;每个外环区域通过外环信号引出线连接一个跨阻抗运算放大电路;内圆区域和外环区域输出电流信号,经跨阻抗运算放大电路将电流信号转换为电压信号,并放大后输出。

[0013] 所述跨阻抗运算放大电路采用厚膜制造工艺,制成集成电路。

[0014] 所述内圆信号引出线从内圆的外侧边缘引出,且贴近X轴或Y轴设置;所述外环信号引出线从外环的外侧边缘引出,且贴近X轴或Y轴设置。

[0015] 通过光敏分割线对圆形光敏面进行划分,且光敏分割线的宽度为10 μ m~120 μ m。

[0016] 一种应用十二象限激光探测器计算光斑中心位置偏移量的加权和差运算方法,光斑中心位置偏移量(Δx , Δy)计算公式为:

[0017]

$$\begin{cases} \Delta x = k_1 \times \frac{[(U_5 + U_{12}) + 0.5(U_6 + U_{11})] - [(U_8 + U_9) + 0.5(U_7 + U_{10})] + [(U_1 + U_4) - (U_2 + U_3)]}{\sum_{i=1}^{12} U_i} \\ \Delta y = k_2 \times \frac{[(U_6 + U_7) + 0.5(U_5 + U_8)] - [(U_{10} + U_{11}) + 0.5(U_9 + U_{12})] + [(U_1 + U_2) - (U_3 + U_4)]}{\sum_{i=1}^{12} U_i} \end{cases}$$

[0018] 其中, U_5 、 U_{12} 、 U_8 、 U_9 为 S_5 、 S_{12} 、 S_8 、 S_9 区域对应的输出电压信号, S_5 、 S_{12} 、 S_8 、 S_9 区域为外环区域中一条边与X轴重合的区域,其中 S_5 、 S_{12} 区域为外环区域中一条边与X轴正向重合的区域, S_8 、 S_9 区域为外环区域中一条边与X轴负向重合的区域; U_6 、 U_{11} 、 U_7 、 U_{10} 为 S_6 、 S_{11} 、 S_7 、 S_{10} 区域对应的输出电压信号, S_6 、 S_{11} 、 S_7 、 S_{10} 区域为外环区域中一条边与Y轴重合的区域,其中, S_6 、 S_7 区域为外环区域中一条边与Y轴正向重合的区域, S_{10} 、 S_{11} 区域为外环区域中一条边与Y轴负向重合的区域; U_1 、 U_2 、 U_3 、 U_4 为 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 区域对应的输出电压信号, S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_4 区域分别为内圆在二维坐标系中第一象限、第二象限、第三象限、第四象限内对应的内圆区域; k_1 为X方向上的偏移量修正系数、 k_2 为Y偏方向上的偏移量修正系数。

[0019] 本发明具有以下有益效果及优点:

[0020] 1. 本发明设计空间光敏面分区为12个,其中内圆4个象限,外环8个象限,所以,对比四象限、双四象限激光探测器,光敏分区更精细,空间分辨率明显提高;

[0021] 2. 本发明应用十二象限激光探测器计算光斑中心位置偏移量的方法,计算光斑中

心位置的偏移量 (Δx , Δy) 时, 由于在对应的X、Y方向上进行了加权和差运算, 所以计算结果更贴近于实际的偏差情况, 对比四象限、双四象限激光探测器, 由于计算偏差误差更小, 所以更能提高探测系统的响应速度;

[0022] 3. 本发明设计光学离焦的光斑直径仅等于内圆的光敏面直径的一半, 使探测器接收的入射光能量强度峰值显著提高, 对比相同光敏面尺寸的四象限、双四象限激光探测器, 其它参数不变、相同的探测响应率时, 需要的入射能量更低, 可使探测系统的探测距离更远。

附图说明

[0023] 图1是四象限探测器激光定向原理示意图; 其中, 1为四象限探测器光敏面、2为光斑;

[0024] 图2是本发明的各个象限光敏面分布及出线示意图;

[0025] 图3是本发明的跨阻抗运算放大电路示意图。

具体实施方式

[0026] 下面结合附图及实施例对本发明做进一步的详细说明。

[0027] 十二象限激光探测器及组件, 基于探测器制作可加工性、靶面出线尽量不影响光斑接收、后续电路接收电路复杂度不能太高的基础上, 尽量提高偏离角和分辨率两方面的固有精度为目标设计的多象限激光探测组件。

[0028] 如图2所示是本发明的各个象限光敏面分布及出线示意图。

[0029] 这个十二象限探测器的光敏面中, 假设内圆为四象限探测器, 其光敏面分别记为S (1, 2, 3, 4), 内圆光敏面直径为4mm; 外环为八象限探测器, 各个光敏面记为S (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12), 外环直径为20mm。设计激光光斑直径为2mm。箭头线为各象限光敏面传感信号的引出线, 对应输出电压 U_i ($i=1\sim 12$)。

[0030] 同样, 可将这种十二象限探测器放在光学系统后焦面附近, 光轴通过光敏面十字沟道中心。远处目标反射光近似于平行光进入光学系统成像于物镜的后焦面上, 探测器光敏面因为位置略有离焦, 于是接收到目标的像为一圆形光斑。当光学系统光轴对准目标时, 圆形光斑中心与探测器中心重合。不同的是, 这里, 设计光学离焦的光斑直径仅等于内圆的光敏面直径的一半, 而不是整个探测器光敏面直径的一半, 这种做法可以获得两大益处:

[0031] (1) 探测器接收的入射光能量峰值显著提高。当通光孔径、光敏面直径、探测器响应度等外部条件不变时, 光学离焦量减小, 获得聚集的入射光能量强度更大, 当入射光辐射能量较弱时, 采用这种十二象限探测器更容易提前发现目标。

[0032] (2) 对比四象限激光探测器, 空间分辨率明显提高。而采用类似如下的偏移量 (Δx , Δy) 计算方式:

[0033]

$$\begin{cases} \Delta x = k_1 \times \frac{[(U_5 + U_{12}) + 0.5(U_6 + U_{11})] - [(U_8 + U_9) + 0.5(U_7 + U_{10})] + [(U_1 + U_4) - (U_2 + U_3)]}{\sum_{i=1}^{12} U_i} \\ \Delta y = k_2 \times \frac{[(U_6 + U_7) + 0.5(U_5 + U_8)] - [(U_{10} + U_{11}) + 0.5(U_9 + U_{12})] + [(U_1 + U_2) - (U_3 + U_4)]}{\sum_{i=1}^{12} U_i} \end{cases},$$

[0034] 式中, k_1 、 k_2 为偏移量修正系数, $U_i (i=1\sim 12)$ 为十二个象限光敏面对应输出电压信号。在求解偏移量 (Δx , Δy) 时, 由于分别减小了对应垂直方向上分量, 使求解结果更能聚焦区分是相应方向上的偏移, 更突出偏移信息, 从而得到的计算偏移结果更靠近实际的偏差角。

[0035] 这种十二象限探测器芯片光敏区被分割成12个相对独立的光敏面, 其中内圆分区为4个, 内圆光敏面直径为3~6mm; 外环分区为8个, 外环光敏面直径为10~20mm。十二象限探测器激光探测器组件是十二象限探测器激光探测器及十二路跨阻运算放大电路的组合。当有光信号照射到光敏面, 且辐射强度大于探测器响应阈值时, 十二象限探测器输出的十二路电流信号, 经跨阻放大电路、放大增益控制电路输出得到十二路电压模拟信号。在组件结构设计时, 十二路跨阻放大器和放大增益控制电路做成厚膜混合电路, 围绕着探测器的管芯贴在管座周围, 将十二路电压信号线及电源和地线引出, 然后铅封密闭, 外壳top层采用平面镜作为入射窗口进行封装。这样, 十二象限探测器激光探测器组件不仅充分利用了管壳空间, 减小了器件体积, 而且还利用铅封后的金属管壳屏蔽了很多外部干扰, 从而提高组件的可靠性和抗干扰性。

[0036] 探测器芯片光敏区被分割成12个相对独立的光敏面, 其中内圆为圆形, 按照90°分为4个形状相同的直角扇形, 内圆光敏面直径为3~6mm; 外环为圆环, 按照45°分为8个形状相同的扇形, 外环光敏面直径为10~20mm。

[0037] 探测器各个象限光敏面之间的分割有两种实现方法: 方法一, 利用集成电路光刻技术, 将一个光敏面分割成几个形状相同、面积相等、位置对称的区域; 方法二, 利用各象限光敏面之间用电场隔离。两种方法的背面都仍然为一个整片, 每一个光敏区域相当于一个光敏二极管。在理想的情况下, 多象限激光探测器作为一组反向偏置的光敏二极管阵列, 每个象限的光电面应该具有相同的性能参数, 根据光敏二极管的光生电流计算公式: $I_P = S \cdot E$, 式中, S 为光敏二极管探测灵敏度, E 为光辐射照度。如果入射光信号经光学系统整形后的光斑平均照射在所有光敏面上, 由于每个光敏面的光辐射照度相同, 那么在每个象限产生的光生电流近似相等。

[0038] 探测器各个象限光敏面上分别对应有一根引出导线, 俗称“金线”, 该引出线对应各象限光敏面光生电流的输出信号线, 探测器背面的基区引线作为公共极, 在光导模式工作时, 用于外接偏置高压电源; 在光伏模式工作时, 则将基区引线接地。

[0039] 约定俗成, 将光敏面光刻分成几个区域, 则称为几象限探测器。大多数多象限激光探测器采用光刻工艺进行制作, 这是一种精密的微细加工技术, 原理是利用光学-化学反应原理和化学、物理刻蚀方法, 将设计图形传递到单晶表面或介质层上, 形成有效图形窗口或功能图形的工艺技术。光刻后的多象限探测器的各个象限之间间隔被称为死区, 工艺上要求做的很窄。因为如果死区太宽, 而入射光斑较小时, 就无法判别光斑的位置; 但是死区也

不能过分狭窄,可能引起信号之间的相互串扰,同时工艺上也不易达到,所以实际制作时,必须要兼顾这两个方面。通常,死区宽度在 $10\mu\text{m}\sim 120\mu\text{m}$ 之间。探测器各个象限光敏面上分别对应有一根引出导线,俗称“金线”,该引出线对应各象限光敏面光生电流的输出信号线,探测器背面的基区引线作为公共极,在光导模式工作时,用于外接偏置高压电源;在光伏模式工作时,则将基区引线接地。

[0040] 十二象限探测器激光探测器组件是十二象限探测器激光探测器及十二路跨阻运算放大电路的组合。

[0041] 对用使用电阻器的电流-电压变换电路,统称为跨阻抗运算放大电路。

[0042] 如图3所示为本发明的跨阻抗运算放大电路示意图。

[0043] U1B是FET运算放大器,5号脚为同相输入端,6号脚为反向输入端,7号脚为输出端。VCC为激光探测器反向偏置电压,PD为代表激光探测器某一个象限的光敏二极管示意图。 C_{IN} 是光电传感器的极间分布电容与运算放大器的极间分布电容的总和。与反馈电阻 R_f 并联的电容 C_F 是一个去耦合电容。通常运算放大器存在输入电容,就容易产生自激振荡。利用 C_F 进行相位补偿,就可以使运算放大器的这种自激振荡特性得到改善。

[0044] 当有光信号照射到光敏面,且辐射强度大于探测器响应阈值时,十二象限探测器输出的十二路电流信号,经跨阻放大电路、放大增益控制电路输出得到十二路电压模拟信号。在组件结构设计时,十二路跨阻放大器和放大增益控制电路做成厚膜混合电路,围绕着探测器的管芯贴在管座周围,将十二路电压信号线及电源和地线引出,然后铅封密闭,外壳top层采用平面镜作为入射窗口进行封装。这样,十二象限探测器激光探测器组件不仅充分利用了管壳空间,减小了器件体积,而且还利用铅封后的金属管壳屏蔽了很多外部干扰,从而提高组件的可靠性和抗干扰性。

[0045] 十二象限探测器输出的十二路电流信号,经跨阻放大电路、放大增益控制电路输出得到十二路电压模拟信号。在组件结构设计时,十二路跨阻放大器和放大增益控制电路做成厚膜混合电路,围绕着探测器的管芯贴在管座周围,将十二路电压信号线及电源和地线引出,然后铅封密闭,外壳top层采用平面镜作为入射窗口进行封装。

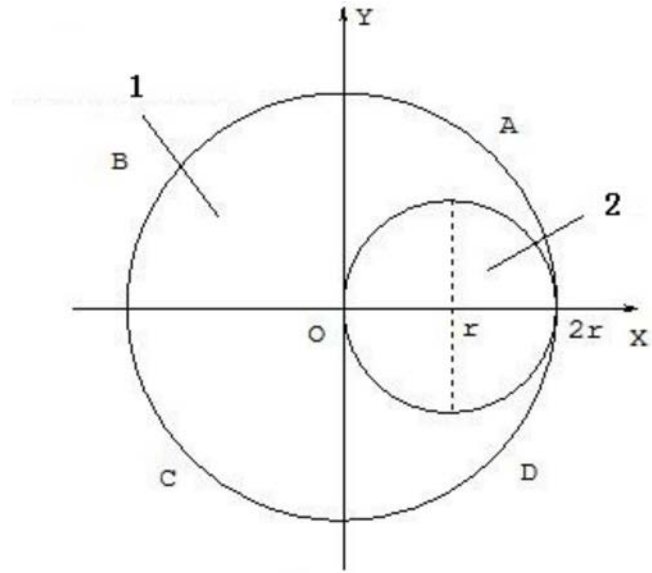


图1

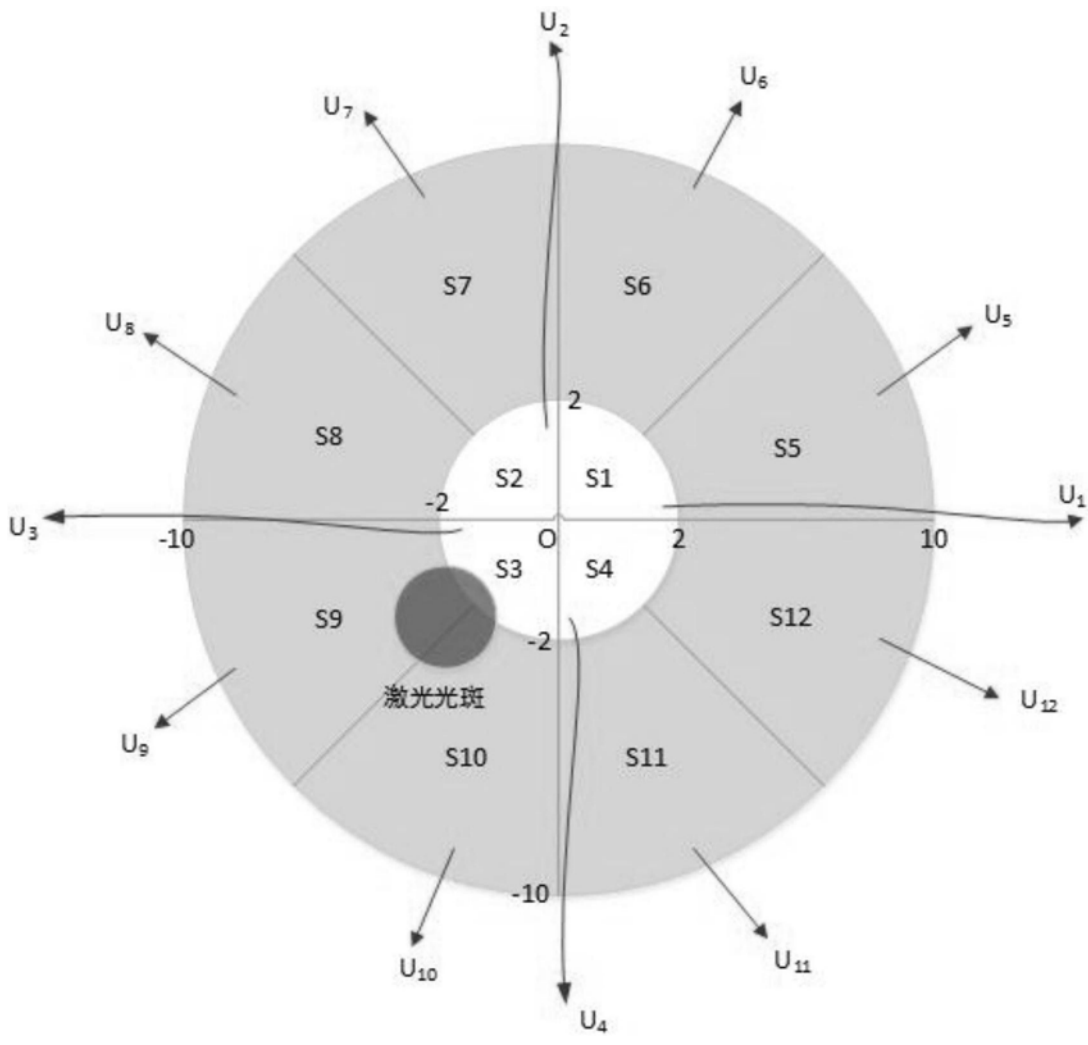


图2

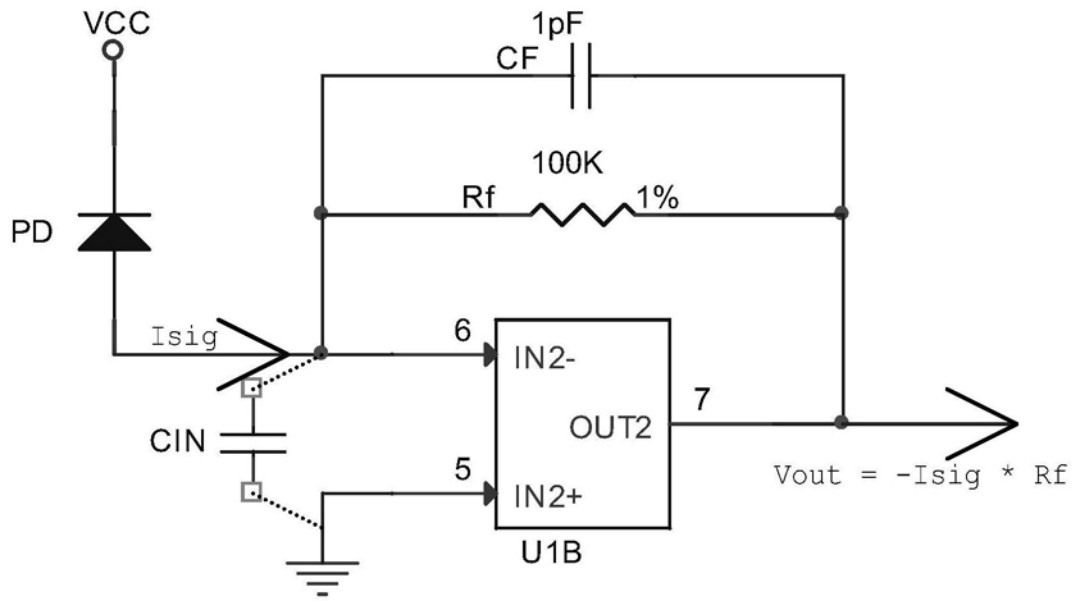


图3