

·光电系统与·设计·

外壳设计参数对光电开关辐射强度影响的计算

翁建华

(上海电力学院能源与环境工程学院, 上海 200090)

摘要:采用射线追踪法, 计算了发射器与目标区不同距离时投射到目标区能量的变化, 随着距离的增加, 投射到目标区的能量逐渐减少; 同时, 还计算了光电开关外壳上的槽道缝隙宽度以及目标区宽度变化时, 投射到目标区能量的变化. 计算结果有助于了解光电开关中的光学特性; 而且, 在此基础上也可为光电开关设计过程中的一些外壳设计参数的合理选取提供参考.

关键词:红外光电开关; 光电开关设计; 射线追踪法

中图分类号: TN214

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2010)05-0020-04

Calculation of Relationships between Housing Parameters and Radiant Intensity of Optical Switch Emitter

WENG Jian-hua

(School of Thermal Power & Environmental Engineering, Shanghai University of Electric Power, Shanghai 200090, China)

Abstract: With the Ray-tracing technique, the variation of the radiant energy with the distance between the emitter and the receiving area was calculated. As the distance increases, the radiant energy radiated on the receiving area decreases. Besides, the variation of the radiant energy with the aperture width in the housing and the receiving area was calculated as well. The results are helpful to understand the optical characteristics of the switch. Moreover, further calculations can provide useful references for the determination of the housing parameters during the EO switch design.

Key words: infrared EO switch; EO switch design; ray-tracing technique

光电开关, 是光电传感器中的一种类型. 通常它由一光电发射器与一个光电接收器组成, 也可由一光电发射器与两个光电接收器组成. 光电开关根据光的传递方式, 可分为传输型光电开关(Transmissive Optical Switch)和反射型光电开关(Reflective Optical Switch)两种. 传输型光电开关通常将发射器和接收器面对面放置, 光线通过外壳上宽度 0.5~2 mm 左右的缝隙由发射器传至接收器. 当有物体在发射器和接收器之间时, 光线被阻挡, 光电开关处于“关”的状态; 反之, 光电开关处于“开”的状态. 反射型光电开关中的发射器和接收器则成一定角度, 在有较

高反射率的反射物存在时, 光电开关处于“开”的状态; 否则光电开关处于“关”的状态. 光电开关中的发射器一般采用红外发射器(IRED), 但也可采用可见光发射器, 即 LED. 红外发射器所用半导体材料一般有两种, GaAs 和 AlGaAs. 前者的发光峰值波长为 940 nm, 后者为 880 nm^[1]. 接收器则可采用光电二极管或光电三极管^[2].

光电开关在汽车工业、工业自动化设备、办公设备、医疗设备以及光控玩具等行业有着广泛的应用^[3-5]. 在不同应用场合, 对光电开关的要求也各不相同. 一般而言, 光电开关都需要满足发射器在一定

收稿日期: 2010-08-23

作者简介: 翁建华(1968-), 男, 江苏吴江人, 博士, 主要研究方向为传热与流体流动、光电技术.

驱动电流下,接收器在一定工作电压下集电极电流在要求范围内.外壳结构参数对投射到接收器的辐射强度,进而对接收器集电极输出电流的大小有很大影响.如何选取这些参数是光电开关设计中的一个关键.文中对不同外壳结构参数下光电开关中发射器投射到目标区的辐射强度进行了数值计算,以便进一步了解这些参数对光电开关输出的影响.

1 光电开关结构

设计的光电开关由一个发射器、一个接收器和一个塑料外壳组成.红外发射器和接收器之间的距离为 10 mm,如图 1 所示.塑料外壳用于固定发射器和接收器,在发射器和接收器侧的塑料外壳分别有一 0.5 mm 宽的狭长间隙,用于红外线的传输.见图 2.

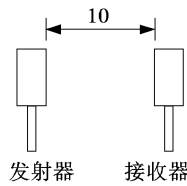


图 1 红外发射器和接收器之间的相对位置

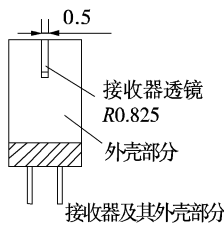


图 2 红外接收器及其外壳部分

2 射线追踪法及辐射强度计算

射线追踪法是一种基于随机方法——Monte Carlo 法的数值模拟方法.光的能量可以认为是由许多光束所携带能量的总和.对红外半导体晶片,光子在 PN 结区产生,通过晶片中的透明部分向四周辐射^[6].通过在晶片表面随机发射相当数量光束,可以模拟红外光或可见光的强度在空间的分布状况,以及在不同情况下目标区域所接收到的光的能量.

以晶片顶部表面为例,首先用两个随机数(ξ_1, ξ_2)确定随机点在顶部表面的位置为

$$x_0 = a\xi_1 \tag{1}$$

$$y_0 = a\xi_2$$

光束由随机点在晶片顶部发出,其空间方向则由另外 2 个随机数确定

$$\varphi = \frac{\pi}{2} \xi_3 \tag{2}$$

$$\beta = 2\pi\xi_4$$

φ 角与 β 角的定义见图 3.设表面辐射满足兰贝特定律(Lambert's Cosine Law),平行于 z 轴方向光束的能量为 1,则与 z 轴方向成 φ 角的光束能量为 $\cos\varphi$;由式(2)计算得到的随机角度 φ 只能保证在 $(0, \frac{\pi}{2})$ 均匀分布,而在半球面上则显示为顶部投点密而下部稀.为使随机光束在半球方向均匀,从晶片顶部表面随机点发出的光束其能量最终修正为 $\cos\varphi\sin\varphi$.而光束所在直线在空间的方程可表示为

$$\frac{x-x_0}{l} = \frac{y-y_0}{m} = \frac{z}{n} = t \tag{3}$$

其中方向余弦为

$$l = \cos\beta\sin\varphi; m = \sin\beta\sin\varphi; n = \cos\varphi$$

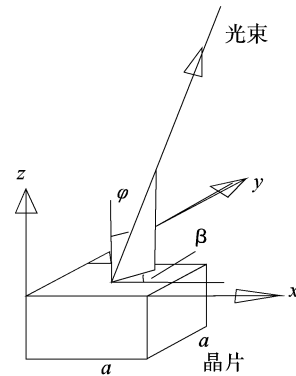


图 3 φ 角与 β 角

光束与透镜相交后,在入射平面内以与透镜曲面法线方向成 θ_2 角度的方向射出,见图 4,然后再

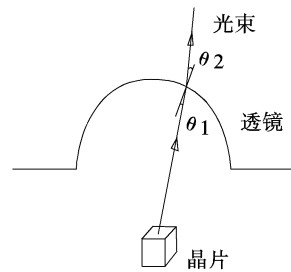


图 4 光束在透镜曲面上的折射

判断是否与目标区平面相交在目标区内.折射角与入射角之间的关系满足折射定律,又称 Snell 定律^[7]

$$n_1\sin\theta_1 = n_2\sin\theta_2 \tag{4}$$

式中, n_1, n_2 分别为入射光和折射光所在介质的折射率; θ_1, θ_2 分别为入射角和折射角.

光束在透镜曲面的透射比按式(5)计算^[8]

$$T = 1 - \frac{1}{2} \left[\frac{\sin^2(\theta_1 - \theta_2)}{\sin^2(\theta_1 + \theta_2)} + \frac{\tan^2(\theta_1 - \theta_2)}{\tan^2(\theta_1 + \theta_2)} \right] \quad (5)$$

另外, 由于光束是从光密介质进入光疏的空气介质中, 如果光束的入射角 θ_1 大于临界角 θ_c , 则会产生全反射, 光束到达透镜曲面后不能射出, 而被反射回发射器内. 被反射回发射器内的光束有可能被吸收, 也可能通过一次或多次反射由透镜曲面射出. 由于这部分能量所占比例较小, 为简化计算而予以忽略.

计算过程中在 $\{O'; \vec{i}', \vec{j}', \vec{k}'\}$ 坐标系中的向量 $\vec{v} = l' \vec{i}' + m' \vec{j}' + n' \vec{k}'$ 通过坐标变换在 $\{O; \vec{i}, \vec{j}, \vec{k}\}$ 坐标系中可表示为 $\vec{v} = l \vec{i} + m \vec{j} + n \vec{k}$. 若

$$\begin{aligned} \vec{i}' &= a_{11} \vec{i} + a_{21} \vec{j} + a_{31} \vec{k} \\ \vec{j}' &= a_{12} \vec{i} + a_{22} \vec{j} + a_{32} \vec{k} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\vec{k}' = a_{13} \vec{i} + a_{23} \vec{j} + a_{33} \vec{k}$$

则坐标变换关系式为^[9]

$$\begin{aligned} l &= a_{11} l' + a_{12} m' + a_{13} n' \\ m &= a_{21} l' + a_{22} m' + a_{23} n' \\ n &= a_{31} l' + a_{32} m' + a_{33} n' \end{aligned} \quad (7)$$

3 算例及计算结果与分析

文中用上述射线追踪法计算了一光电开关中外壳结构参数对红外发射器辐射强度的影响. 首先计算了没有塑料外壳, 即红外发射器与接收器前均没有遮挡物的情况, 见图 5. 透镜为半球形, 半径为 0.82 mm, 材料为环氧树脂, 折射率为 1.5, 临界角 41.81° . 空气折射

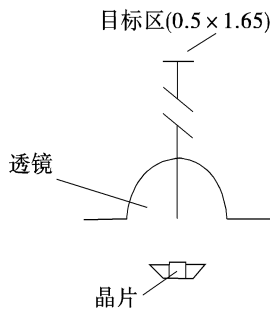


图 5 红外发射器结构简图及与目标区相对位置

率取 1.0. 晶片尺寸 $0.25 \times 0.25 \times 0.23$ mm, 目标区宽 0.5 mm, 长 1.65 mm, 也即接收器前外壳槽道缝隙的尺寸. 晶片底部通过银胶 (Silver Epoxy) 被固定于支架的杯体内. 杯体呈圆锥形, 内部反射率取 0.92. 晶片顶部及杯体内部在打完金线 (Wire

Bonding) 后, 填充并覆盖有硅胶 (Silicone Gel), 其折射率与环氧树脂十分接近, 故也取为 1.5. 计算表面包括晶片顶部和 4 个侧面的上半部分, 晶片的下半部分材料对光子具有吸收性. 4 个侧面的计算考虑了杯体内表面对光束的反射.

计算结果如图 6 所示. 横坐标为目标区到透镜顶部的距离, 纵坐标为不同距离下投射到目标区的能量与距离为 3 mm 时投射到目标区能量的比值. 随着目标区至透镜顶部距离的逐渐增加, 离开红外发射器到达目标区的能量逐渐减小, 即辐射强度逐渐减小. 当距离比较小时, 投射到目标区能量的减小值相对较大.

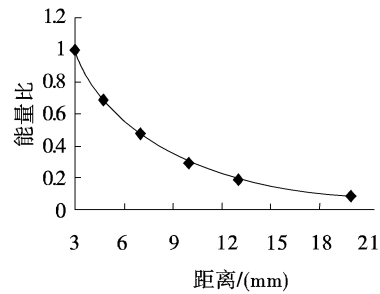


图 6 无遮挡物时投射到目标区的能量随目标区与红外发射器间距离的关系

发射器前有槽道缝隙时 (如图 7 所示), 槽道缝隙宽度对投射到目标区的能量有影响. 图 7 为在目标区与红外发射器间距离为 10 mm 时槽道缝隙宽度对投射到目标区的能量的影响. 纵坐标为不同槽道缝隙宽度与 0.5 mm 槽道缝隙宽度时投射到目标区能量的比值. 结果显示增加槽道缝隙的宽度可增加目标区的辐射强度, 尤其是当槽道缝隙比较窄的时候, 辐射强度的增加比较明显. 随着缝隙宽度的

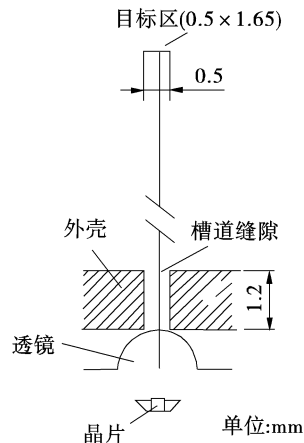


图 7 外壳槽道、目标区及发射器间的相对位置

增加, 辐射强度的增加值逐渐减小.

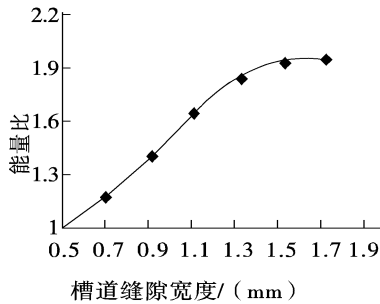


图 8 槽道缝隙宽度对投射到目标区能量的影响

最后计算了目标区前也存在槽道缝隙时的情况, 此时目标区的宽度与槽道缝隙宽度相同, 并随缝隙宽度的变化而变化, 如图 9 所示. 这种情况与光电开关中投射到接收器前的红外辐射状况比较接

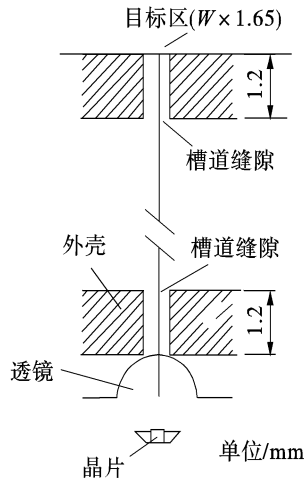


图 9 目标区与发射器前都有槽道缝隙时它们之间的相对位置

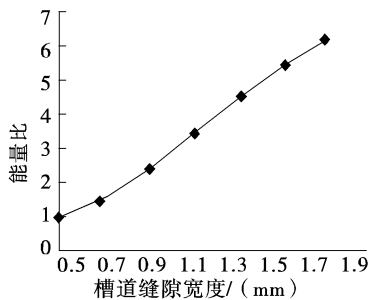


图 10 目标区前有槽道缝隙对投射到目标区能量的影响

近. 计算结果见图 10, 其中纵坐标为不同宽度与 0.5 mm 宽度时投射到目标区能量的比值. 结果显示, 槽道缝隙及目标区宽度增加时, 投射到目标区的能量的增加十分明显.

4 结 论

文中采用基于 Monte Carlo 法的射线追踪技术, 对不同外壳结构参数下光电开关中发射器投射到目标区的辐射强度进行了计算. 随着目标区与发射器之间距离的增加, 辐射强度逐渐减小. 计算结果还显示了外壳槽道缝隙宽度对目标区辐射强度的影响. 随着槽道缝隙宽度的增加, 目标区的辐射强度也逐渐增大. 当槽道缝隙宽度增加到一定值后, 目标区辐射强度的增加逐渐趋缓. 计算结果有助于了解光电开关中的光学特性; 而且, 在此基础上有助于对光电开关设计过程中的一些结构参数如槽道缝隙的宽度及其厚度等进行合理选取.

参考文献

- [1] 张烽生, 龚全宝. 光电子器件应用基础[M]. 北京: 机械工业出版社, 1992:483-485.
- [2] 明海, 张国平, 谢建平. 光电子技术[M]. 合肥: 中国科学技术出版社, 1998:429-439.
- [3] 吴金宏, 张连中, 刘丽娜. 光电开关及其应用[J]. 国外电子元器件, 2001(5):14-18.
- [4] 邓重一. 光电开关原理及应用[J]. 传感器世界, 2003(12): 19-22.
- [5] 全仲余, 舒朝君. 光电开关的改进[J]. 机床电器, 2001(6):6-10.
- [6] E Uiga. Optoelectronics[M]. Prentice Hall, 1995:95-97.
- [7] E Hecht. Optics[M]. Addison Wesley Longman, Inc., 1998:100-101.
- [8] 颜峻, 王素彬, 于映. 用蒙特卡洛方法模拟 LED 光源光分布[J]. 福州大学学报, 2003(4):413-416.
- [9] 复旦大学数学系. 空间解析几何[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1984:47-48.

欢迎网上投稿 www.gdjsyy.com