

计算激光聚光腔效率的程序(摘译)

本程序可用来比较不同结构的激光聚光腔的辐射传输效率,估算结果和用蒙特卡洛法分析的结果惊人的一致。

本程序可以迅速估算两种常用的聚光腔的辐射传输效率。这两种腔是线状闪光灯泵浦的单椭圆或多椭圆腔和螺旋闪光灯泵浦的漫反射圆柱腔。这个程序可写入带PC-100A打印机的TI-59可编程计算器。象以前那样,我们考虑了方程式和采样问题,使得把程序翻译到别的计算器的工作容易一些。

大家都知道,当椭圆接近圆时并且灯的直径尽可能小时,单椭圆聚光腔有最佳的几何效率。但是,实际上要受到许多限制,如水冷套、电极接线端等引起的机械约束,这就使实际设计不得不偏离最佳条件。利用这个程序使用者能迅速地评价出几何形状改变的效果,这也可推广到多泵共焦椭圆结构。

这个程序的主要缺点是,忽略了在腔内的多次反射和假定腔壁是完全反射的。要想避免这些缺点,则需用统计取样方法(如蒙特卡洛方法),一般在袖珍计算器中用这种方法是不实际的。

这个程序的第二部分是,估算用螺旋闪光灯泵浦红宝石棒的圆柱聚光腔的效率。这个计算使用极简单的模型表示聚光腔。但是Whittle和Skinner已证明用这个模型和用蒙特卡洛方法分析的结果是十分一致的。

椭圆腔

图1表示典型椭圆聚光腔的剖面图。在图中所用符号的意义如下:

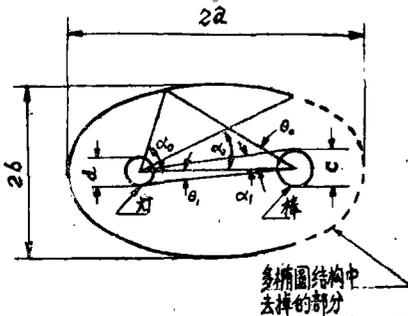


图1 椭圆激光聚光腔的横剖面图

a = 椭圆的长半轴; b = 椭圆的短半轴;
 c = 激光棒的直径; d = 线状闪光灯的直径;
 α_0 = 从灯轴到椭圆上一点的角; α_1 = 从灯轴到棒表面切线的角; α_2 = 从灯轴到多椭圆结构边缘的角;
 θ_0 = 从棒轴到椭圆上一点的角; θ_1 = 从棒轴到灯表面切线的角。

Bowness推导出的多椭圆腔的效率如下:

$$E = \frac{100}{\pi} \left[(\alpha_0 - \alpha_2) + \frac{c}{d} (\theta_0 - \theta_1) + \alpha_1 \right] \quad (1)$$

式中,
$$\alpha_0 = \cos^{-1} \left\{ \frac{1}{e} \left[1 - \frac{1-e^2}{2} \left(1 + \frac{c}{d} \right) \right] \right\} \quad (2)$$

$$\theta_0 = \sin^{-1} \left[\frac{d}{c} \sin \alpha_0 \right] \quad (3)$$

$$c = \text{偏心率} = \left[1 - \left(\frac{b}{a} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (4)$$

α_1 角表示在多椭圆聚光腔中去掉的那部分椭圆壁。如果有n个椭圆, 则

$$\cos \alpha_2 = \left[\left(\frac{2e}{1+e^2} \right) - \cos \theta_2 \right] / \left[1 - \left(\frac{2e}{1+e^2} \right) \cos \theta_2 \right] \quad (5)$$

式中, $\theta_2 = \pi/n$ 。

θ_1 角表示在灯后面的那部分椭圆, 这部分的反射光被灯本身挡住(假定被灯吸收)而不能到达棒。

$$\theta_1 = \sin^{-1} \left(\frac{d}{4ae} \right) \quad (6)$$

因为一部分能量直接到达激光棒, 所以, 用 α_1 修正表示损耗的 α_2 。注意在单椭圆情况下 $\alpha_2 = 0$ 将不用这个修正项。程序通过 α_1 乘(n-1)的符号函数来解决这个问题。在多椭圆的情况,

$$\alpha_1 = \sin^{-1} \left(\frac{c}{4ae} \right) \quad (7)$$

方程1受两个几何限制, 即 $\alpha_0 \geq \alpha_2$ 和 $\theta_2 \geq \theta_0$ 。程序可检查这两个条件是否被破坏, 如果条件不满足则会闪烁出一系列的9。

漫反射圆柱腔

图2表示用螺旋闪光灯泵浦的典型漫反射圆柱腔的横剖面。这里 d_1 是棒的直径, d_2 是漫反射器的直径, d_3 是闪光灯螺旋线的内径。Whittle和Skinner给出的简单公式可叙述为

$$E = S_1 A_1 / [S_1 A_1 + S_2 A_2 + S_3 A_3 + S_4] \quad (8)$$

式中, S_1 = 棒暴露在外的表面积; A_1 = 棒的俘获效率; S_2 = 漫反射器的表面积; A_2 = 反射器的吸收系数; S_3 = 灯的表面积; A_3 = 灯泵浦能量的吸收; S_4 = 在腔壁上孔的表面积。

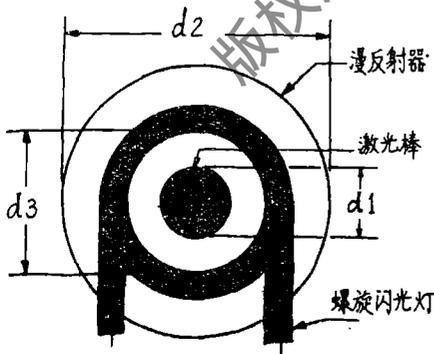


图2 圆柱激光聚光腔的横剖面图

按照Koechner的例子, 程序把螺旋闪光灯看作各向同性的环形区域。棒的俘获效率 A_1

是用Whittle和Skinner得到的蒙特卡洛资料中的曲线拟合子程序 E' 计算的。因为这种腔的大多数是用来泵浦红宝石的, 对于折射率为1.76时, 基本程序是用这位作者提出的以多元线性

回归近似为基础的一个小子程序。

如果对别的材料感兴趣可用一个较长的子程序作替换,这个子程序是以Whittle和Skinner提出的一个方程为基础的。这个方程对 $1.5 \leq N \leq 2.0$ 和 $0 \leq \alpha R_0 \leq 3.0$ 时是有效的,方程如下所示:

$$A_1 = (1.1146 - 0.1376N) \{1 - \exp[(-1.868 - 0.2104N)\alpha R_0 + (0.3246 - 0.118N)\alpha^2 R_0^2]\} \quad (9)$$
 式中, N = 棒的折射率; α = 棒的线性吸收系数; R_0 = 棒的半径。

对于红宝石,作者在基本程序中用下面的表达式:

$$\Delta_1 = 0.94127 - 0.18671/\alpha R_0 + 0.01077/(\alpha R_0)^2 \quad (10)$$

子程序E'放在程序的结尾处供需要作此改变的使用者选用。

采 样 问 题

首先,我们考虑多椭圆腔。我们假定下面的条件:

灯的直径 = 10毫米; 棒的直径 = 20毫米; 长轴 = 100毫米; 短轴 = 90毫米。

按表1所列的从1到6的步骤操作。算得的效率为71.3%,这和Bowness的文章中的图4当 $c/d = 2$ 和 $d/a = 0.9$ 时图示的数符合得很好。

对于用同样的棒、灯和椭圆参数的四椭圆结构,重复表1中1到5的步骤,然后执行步骤5A和6A。

这个结构和Bowness文章中图5的结果也一致。然而应注意,效率低于双椭圆腔,因为这个结构的闪光灯比双椭圆腔多一倍。因此,如果我们假设在这两种情况下每个灯有同样的输出,并且忽略热的因素,我们可望比四椭圆结构中多获得30%的输出。

表1 多椭圆腔的采样问题

步 骤	输入量	按键	显示
1. 输入灯的直径	10	D	10.
2. 输入棒的直径	20	R/S	20.
3. 输入长半轴	50	R/S	50.
4. 输入短半轴	45	R/S	0.43588...
5. 输入椭圆腔的数量	2	R/S	2.
6. 计算效率	—	A	71.2836...
四椭圆			
5A. 输入椭圆腔的数量	4	R/S	4.
6A. 计算效率	—	A	46.7955...

表2 圆柱腔的采样问题

步 骤	输入量	按键	显示
1. 输入棒的直径	1	C	1.
2. 输入腔长	10	R/S	10.

续表 2

3. 输入棒的吸收	1	R/S	1.
4. 输入腔的反射率	0.95	R/S	0.95
5. 输入灯的内径	1.8	R/S	1.8
6. 输入腔的直径	4	R/S	4
7. 输入孔的面积	15	R/S	0.40071...
替换子程序E'			
7A. 输入孔的面积	15	R/S	0.5
8A. 输入折射率	1.76	R/S	0.38792...

最后, 考虑Koechner讨论的圆柱腔。按他给的例, 我们假定:

棒的直径 = 1厘米; 腔长 = 10厘米; 棒的吸收 = 1.0厘米^{-1} ; 腔的反射率 = 0.95; 灯的内径 = 1.8厘米; 腔的直径 = 4厘米; 孔的面积 = 15厘米^2 。程序也用他的假设 $A_3 = 0.1$ 。即我们假设泵浦辐射的10%被灯重新吸收。按照表 2 中的从1到7的步骤计算的结果和Koechner's 计算的0.40的值很好地吻合。

计算 A_1 时为了使用替换子程序, 到步骤7以前的程序是相同的, 然后再继续7A和8A的步骤。这个结果和另外两个结果大约差3%左右。

参 考 文 献 (略)

摘译自 E.O.S.D., 1982, Vol.14, No.6, P.45.

王少川 译 鲁易 校

石英-硼硅玻璃过渡接头料制作的新方法和新工艺

结合所制作脉冲氙灯的工作需要, 我们研制了一种制作石英-硼硅玻璃过渡接头料的简单、经济、高效率的新方法。同时, 对过渡接头的制作工艺进行了仔细地探讨, 进而掌握了只用六种、四种甚至三种料就能完成过渡封接的制作工艺。

过渡接头料的传统制作方法, 在制作粉料时均采用玛瑙研钵, 劳动强度大, 生产效率极低。通过摸索试验, 我们采用一种新方法粉碎玻璃粉料, 同样可以得到符合要求的玻璃和石英粉料, 配方后, 制作的石英-玻璃过渡接头完全符合技术要求。

过渡接头的制作, 传统方法是用十一种过渡接头料逐级封接, 功效很低。我们仅从中选用六种或四种甚至三种, 利用扩散封接原理, 同样成功地制作出均匀、光滑的过渡接头。经过室温至 700°C 和室温至 -196°C 的冷热急变试验均未炸裂。从而大大简化了操作, 提高了功效。

(刘家光 供稿)