

# 测量小激光束光斑尺寸的方法

**Abstract:** A simple and precise method for measuring small spot size of laser beams is described. Piezoelectric ceramics is used as a translational element.

激光在信息处理、计量等方面的应用中,常常需要知道非常小的激光束光斑尺寸的准确数据。通常用来测量大的光斑尺寸的方法,例如套环法和狭缝扫描法等都不适用于这种测量。在文献 [1] 中曾报导过类似的方法。本文介绍的是一种利用压电陶瓷作为位移元件的简单方法。

基模激光束的横向场分布为高斯分布:

$$I(x, y) = I_0 e^{-2 \frac{x^2 + y^2}{w_s^2}} \quad (1)$$

式中  $w_s$  为高斯束的光斑尺寸;  $I_0$  为光轴上的光强。测量方法是利用一个直边的刀片垂直于光轴移过激光束,在刀片后面测量通过的光功率。激光束的总光功率  $P_0$  为(完全不遮挡):

$$P_0 = c \iint_{-\infty}^{+\infty} I_0^2 e^{-4 \frac{x^2 + y^2}{w_s^2}} dx dy = \frac{1}{2} c \pi w_s^2 I_0^2 \quad (2)$$

当刀片移到光斑内某一位置  $x_1$  时,能够通过的光功率  $P(x_1)$  为

$$P(x_1) = c I_0^2 \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{2y^2}{w_s^2}} dy \int_{-\infty}^{x_1} e^{-\frac{2x^2}{w_s^2}} dx \quad (3)$$

令  $t = \sqrt{\frac{2}{w_s^2}} x$ , 则(3)式变为

$$P(x_1) = c I_0 \frac{\pi}{4} w_s^2 \left[ 1 + \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{t_1} e^{-t^2} dt \right] \quad (4)$$

由公式(2)和(4)可以得出

$$\frac{P(x_1)}{P_0} = \frac{1}{2} \left[ 1 + \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{t_1} e^{-t^2} dt \right] \quad (5)$$

由公式(5)和几率积分表可得到  $P(x)/P_0$  与  $t$  或  $x$  的关系曲线如图 1 所示。图中  $x$  的取值单位是光斑尺寸  $w_s$ 。

当  $x=0$  时,  $P(x)/P_0 = \frac{1}{2}$ 。所以由测量  $P_0$  与  $P(x)$  的比值为  $\frac{1}{2}$  时,即可找出高斯光束中心的位置。因而测量出光功率为  $P_0/2$  和  $P(x)$  时,刀片的相应位置为  $x_0$  和  $x$ , 就可以由图 2 确定出待测的光斑尺寸  $w_s$ 。  $P(x)/P_0$  的数值选在 0.6~0.8 之间较合适。

测量小于几十微米光斑尺寸的关键是一个连续可调的高精度的移动台。一般的机械传动都不能满

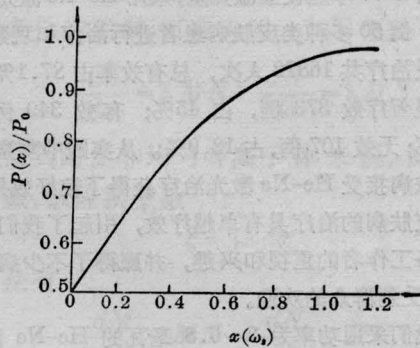


图 1  $P(x)/P_0$  与  $x(w_s)$  的关系曲线

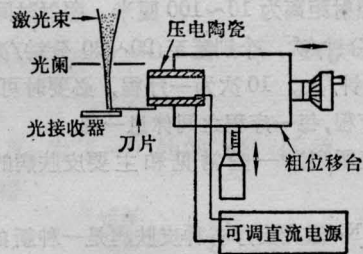


图 2 测量装置示意图

足测量的要求。我们使用压电陶瓷作为精密位移元件,既简单又可达到高的精度。测量装置如图 2 所示。待测的激光束通过光阑后到达可移动的刀片。光接收器使用长方形的硅光电池。硅光电池紧靠刀片放置,或者刀片与硅光电池固定在一起。因为会聚光束在刀片边缘的衍射角很大,只有这样才能使通过刀片后的激光束绝大部分落在接收器上。由一个测量显微镜的移动台(位移粗调)和放置在粗位移台上的压电陶瓷精密位移元件组成的装置来移动刀片。连续调节加在压电陶瓷上的电压即可得到非常精密的移动距离。根据所测量的光斑尺寸的大小来选择压电陶瓷的长度和所加的电压。

对于一般的功率不稳定的激光器,测量过程中功率的漂移会带来很大的误差,即使是功率稳定的激光器也最好在开机半小时后再进行测量。在测量

(下转第 17 页)

58, No. 8, 3519; *Chem. Phys. Lett.*, 1972, 16, No. 2, 306.

[25] Wikins R.L.; *J. Chem. Phys.*, 1979, 70, No. 6, 2700.

[26] *Appl. Opt.*, 1971, 10, No. 8, 1827; *Chem. Phys. Lett.*, 1972, 16, 292; *J. Chem. Soc. Faraday Trans.*, 1973, 1169, 939; *Appl. Phys. Lett.*, 1973, 22, No. 8, 367; *ibid*, 1973, 22, No. 11, 576; *J. Chem. Phys.*, 1974, 60, No. 9, 3562; *ibid*, 1973, 59, No. 9, 4937; 1975, 64, No. 6, 2635; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1975, QE-11, No. 8, pt. 2, 654; *Chem. Phys. Lett.*, 1979, 64, No. 1, 21.

[27] Burak I. *et al.*; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1973, QE-9, No. 5, 541.

[28] Deyennett L. *et al.*; *J. Chem. Phys.*, 1975, 62,

No. 2, 440.

[29] *Phys. Rev.*, 1973, A8, 912; *Appl. Phys. Lett.*, 1973, 23, p. 319; p. 322.

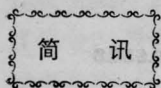
[30] Wikins R. L. *et al.*; *J. Chem. Phys.*, 1979, 70, No. 4, 1705; 1979, 70, No. 6, 2700.

[31] *J. Chem. Phys.*, 1970, 53, No. 7, 2978; 1971, 55, No. 12, 5842; *ibid*, 1972, 57, No. 2, 632.

[32] *Phys. Lett.*, 1968, 27A, No. 9, 590; *Appl. Phys. Lett.*, 1969, 14, No. 2, 49; 1969, 15, No. 6, 177; *ibid*, 1974, 24, No. 8, 375; *IEEE J. Quant. Electr.*, 1974, QE-10, No. 5, 480; *ibid*, 1972, QE-8, No. 4, 404.

[33] Rabitz H., Lam S. H.; *J. Chem. Phys.*, 1975, 63, No. 8, 3532.

\*\*\*\*\*



## 激光若干基本问题(概念)学术讨论会在黄山召开

由中国光学学会举办的“激光若干基本问题(概念)学术讨论会”于今年9月5—15日在安徽黄山举行。

会议主要讨论三个方面的问题: (1)激光产生过程中的若干基本问题; (2)光辐射场的特性描述; (3)非线性光学基础。会议共分8个专题。

有近60名来自高等院校及科研部门从事激光物理教学和研究工作的学者参加了会议。会后,还将整理出版“激光若干基本问题(概念)学术讨论会发言汇编”,供国内从事激光教学和科研工作的人员参考。

(吴鸿兴)

(上接第59页)

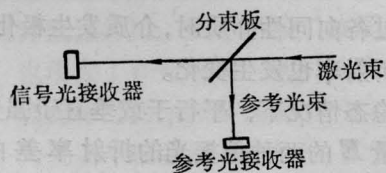


图3 附加参考光接收器的测量原理图

中使用附加一个参考光接收器作比较(图3),可以估计功率起伏的影响。

我们实测了距激光束束腰(束腰光斑尺寸约为0.30毫米)100厘米处的透镜(焦距 $f=17.13$ 毫米)焦点的光斑尺寸。几次的测量结果为: 6.97微米、7.01微米、6.89微米、6.88微米、7.01微米,其平均值为6.95微米,百分误差约为1.0%。由电压测

量精度引起的误差小于0.05%,可以忽略。而功率测量误差约为0.1~0.3%。引起测量误差的其他主要原因是微小的机械形变等引起刀片与激光斑点的相对位移。实测的光斑尺寸比理论计算的光斑尺寸5.14微米略大些。这是由于实际的光学系统都存在着象差,不能得到理想的聚焦点;另外,多个透镜表面的反射以及透镜表面上的灰尘等的散射影响都使聚焦点尺寸增大。

### 参 考 文 献

[1] Yasuzi Suzuki, Atsushi Tachihana; *Appl. Opt.*, 1975, 14, No. 12, 2809.

[2] 张光寅;《物理》, 1974, 3, No. 2, 119.

(南开大学物理系 张春平

1980年10月17日收稿)