

用刀口扫描法快速测定高斯光束的斑点尺寸

Abstract: Fast measurement of the spot radius $\omega(z)$ of a Gaussian laser beam on any vertical section of optical axis has been made by using scanning knifeedge. The expression for spot size using this means is deduced and the results are in better agreement with the theoretical values.

用刀口扫描法测定高斯光束的方向性具有快速简单等优点,而且是直接测量,能测定微米范围的高斯光束,在高斯光束的研究中非常有用。

我们用刀口扫描法进行快速测定垂直于光轴的任何截面上的高斯光束的光斑半径 $\omega(z)$ 值,并推导了用此法所获得的光斑尺寸关系式。

1. 狭缝扫描法

用刀口构成的短狭缝周期地截割光束,透射光由光电探测系统接收。在示波器上的波形轨迹直接显示光斑的轮廓(见图1)。

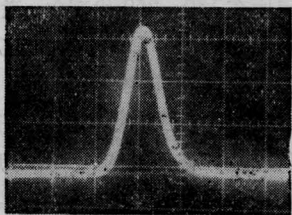


图1 用刀口狭缝法测试光斑的示波器波形轨迹照片

斑点半径的表示式为

$$\omega = \pi n r t \quad (1)$$

其中 n 为转盘每秒转数, t 为从最大光强 I_0 下降到 $0.135 I_0$ 时两点间的时间间隔, r 为转盘中心到光斑中心之间的距离。

2. 刀口扫描法

直接用刀口周期地截割光束,透射光由光电探测系统接收。图2是探测功率在示波器上的波形轨迹。

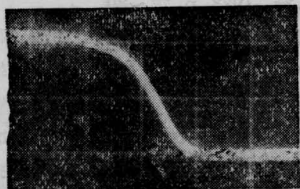


图2 截波器截割光束的光功率作为时间的函数

斑点尺寸表示式为

$$\omega = 0.7803 \Omega r (t_2 - t_1) \quad (2)$$

其中 $(t_2 - t_1)$ 是 $P_{\text{探测功率}}/P_{0\text{总激光功率}}$ 从 0.1 到 0.9 之间的时间间隔, Ω 为刀口截波器的角速度。

3. 刀口扫描-微分法

在刀口扫描法的基础上,后接一个微分电路,则通过微分电路所显示的波形轨迹就是原来光斑的光强分布。图3是双线示波器显示的典型波形轨迹。

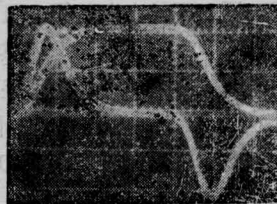


图3 用刀口扫描-微分法测试光斑的示波器波形轨迹照片

斑点尺寸的表示式为:

$$\omega = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \Omega r R C [u_0(t)]_{\max} / [u_1(t)]_{\max} \quad (3)$$

其中 R 、 C 是微分电路中的电阻和电容, $u_0(t)$ 是探测器中的电压, $u_1(t)$ 是当 $u_0(t)$ 为它的输入电压时,一个 RC 微分电路的输出电压。

利用以上三种方法实验测定了工作在 TEM₀₀ 模上的 He-Ne 激光束的光斑尺寸。飞鹰牌双面刀片作为扫描刀口,把它安装在一个转盘上,转盘角速度为 2π /秒,转盘中心到光轴之间的距离分别取 64 毫米和 80 毫米,用光电管测量经截波后的透射光功率,时间间隔 $(t_2 - t_1)$ 可以从双线示波器的探测波形中得到。测量结果与光腰半径 $\omega_0 = 0.286$ 毫米的 He-Ne 激光束理论值较好符合(见表)。相对测量误差在 5% 左右。

这种方法也适用于测量氩离子激光器、铜蒸气激光器、CO₂ 激光器等连续输出激光束的光斑尺寸,只要把探测器相应改变一下就行。

方法	z (米)												
	0.10	0.20	0.40	0.60	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	5.00	6.00
	ω (毫米)												
刀口狭缝扫描法	0.442	0.482	0.520	0.603	0.824	1.160	1.447	1.808	2.110	2.562	3.015	3.617	4.220
刀口扫描法	0.314	0.333	0.431	0.549	0.784	1.176	1.568	1.764	2.156	2.548	2.940	3.528	4.312
刀口扫描-微分法	0.301	0.352	0.422	0.502	0.804	1.130	1.445	1.821	2.198	2.512	2.936	3.768	4.552
理论值	0.295	0.318	0.403	0.509	0.758	1.093	1.436	1.782	2.128	2.480	2.831	3.518	4.233

(中国科学院上海光机所 陈钰明 何国珍 1980年6月27日收稿)

激光扫描器的精度分析

Abstract: The methods for calculating tolerance of polygonal tapered mirror, tapered angle, divided angle, axial hole and its assembly are put forward. It provides the theory for designing and assembling of laser scanning systems.

在激光印字机中,通常采用由同步电机带动正多面锥镜的机械式扫描器(简称转镜)。扫描器和感光鼓均在匀速旋转的情况下,激光束被各锥面反射所构成的扫描线之间隔要相等且在各扫描线上相对应的扫描点也应左右对齐,以使按指定的点阵形成字符。但是,往往由于电机和转镜的加工及其装配误差,会使扫描线间距不均和扫描点位置漂移。前者是由于扫描器的各锥面与其旋转轴之间的夹角偏差 $\Delta\theta_x$ 所引起的;而后者是由各锥面反射所构成的扫描角误差 $\Delta\alpha_y$ 所产生的。显然, $\Delta\theta_x$ 、 $\Delta\alpha_y$ 为激光扫描的主要精度。从实验分析,决定它的因素主要有七种:(1)转镜的锥角误差;(2)转镜的分角误差,(3)转镜轴孔的垂直度误差,(4)转镜的轴孔偏心差,(5)电机轴的径向跳动,(6)电机的转速误差,(7)扫描器的装配精度。下面仅就(1)~(6)六种因素作简单介绍。

(1) 转镜的锥角误差 扫描线的偏差程度一般定义为 $\mu = \frac{\text{最小扫描线间距}}{\text{最大扫描线间距}}$ 。当锥角误差为 $\pm\Delta\theta$ 、从锥面对标准扫描线间隔的视角设为 β 时,可得出下式:

$$\mu = \frac{\beta - 4\Delta\theta}{\beta + 4\Delta\theta} \quad (1)$$

$$\therefore \Delta\theta = \frac{(1-\mu)\beta}{4(1+\mu)} = \frac{(1-\mu)d_0}{4(1+\mu)f'} \quad (2)$$

其中, d_0 为标准扫描线间隔, f' 为聚焦镜的焦距。上式表明,只要扫描线间隔的偏差程度已定,可由(2)式确定转镜的锥角误差。

(2) 转镜的分角误差

扫描点的漂移程度,通常用锥面的一个扫描周期误差和一个扫描点的曝光时间之比率来表示(设为 γ)。当转镜的分角误差为 $\pm\Delta\alpha$ 时,有以下关系式成立:

$$\gamma = \frac{\Delta T}{T/N} = \frac{T \cdot 2\Delta\alpha/\alpha}{T/N} = 2N\Delta\alpha/\alpha \quad (3)$$

故此,

$$\Delta\alpha = \alpha\gamma/2N \quad (4)$$

这里, N 为扫描分辨率, α 为标准分角,(4)式即为确定分角误差的公式。

(3) 转镜的轴孔垂直度误差

转镜在加工和装配中均以底面为基准面,其轴孔须与底面垂直,否则实际轴孔的轴与几何对称轴并不重合,产生一个偏角 $\Delta\theta$,使锥面与旋转轴之间也产生偏差角 $\Delta\theta$ 。由此产生的象面效应与锥角误差情况完全相同,因此,轴孔垂直度误差角 $\Delta\theta$,就由(2)式确定。

(4) 转镜的轴孔偏心差

如果转镜的轴孔因加工误差,偏离几何中心轴平移 Δh ,则偏心所对应的两个锥面上的扫描时间不一样,将产生如同分角误差的象面效应,即扫描点漂