

激光横向模式的针扫描法测量

徐庆鸿 陈彦斌 孟庆友 电 强

(哈尔滨工业大学)

摘要 激光束的径向功率分布,即横模不仅是光束本身的一个重要质量参数,而且也是激光加工中的一个引人注目的问题,横模测量的意义在七十年代初就开始吸引人们从事这方面的研究,目前发展起来了包括红外摄像、烧蚀有机玻璃、扫描、热蒸发、光热偏转、干涉等方法在内的许多测量方法,但国内采用的方法非常有限,常用的是激光烧蚀有机玻璃的实验,这种方法本质是对光束连续作用的统计,不能真实地反映光束径向能量的场分布。

本文发展了一种针扫描测量光束径向能量分布的方法,并进行了试验。该系统由扫描、传感、数据采集、处理等单元构成,设计性能可以在百瓦到千瓦的功率水平上测量束径(0.2~35)mm光束的横模,结果经处理、显示,可以得到光束横模的三维分布。

一、原 理

该系统是利用转动的扫描针,在扫过截面时将有一系列光被反射到传感器这一原理设计的。如图1所示,反射针在步进电机带动下绕O以步进方式旋转,依次由左至右或由右至左扫过垂直于扫描平面的光束,光束中一系列点将连续地反射到传感器的接收面上,传感器通过由电机带动的调制机构对反射光进行调制后接收,进行高频采样,转换成电信号按一定次序存放在存贮器中,扫描针处于光束范围内的任一位置,将有两束光被分别反射到两侧的传感器 D_1 、 D_2 上,在扫描针自左至右或自右至左完成整个扫描过程后,将得到束截面上两条曲线 L_1 、 L_2 上的光强分布(如图2),此后,控制器驱动步进电机带动传感器在 y 方向平移一微小位移,扫描针反向扫过束截面,如此重复,直到传感器由 $y(\min)$ 移至 $y(\max)$ (为传感器有信号时的移动区间)时,整个测量过程结束。这样,一系列的扫描线将连续的光束径

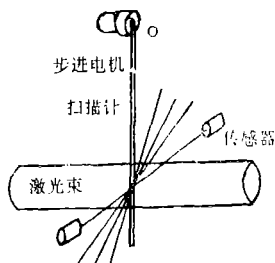


图1 扫描原理示意图

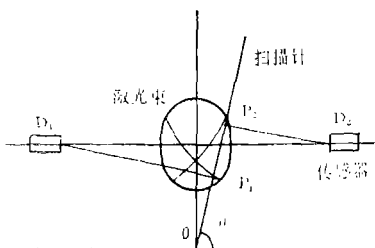


图2 扫描系统原理图

P_1 、 P_2 点所示的坐标系中的位置。

向能量的场分布以离散的形式反映出来。系统的示意图如图 3 所示。

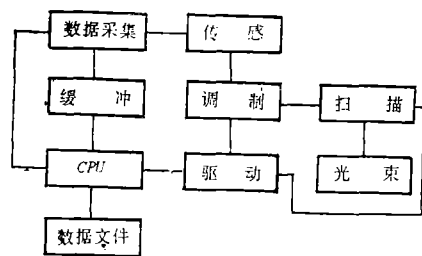


图 3 系统工作原理图

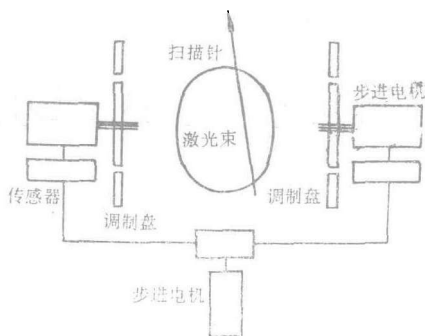


图 4 测量装置示意图

本系统采用海华XT机作控制器，通过驱动单元驱动四个步进电机带动扫描针，调制盘和传感器协调动作，进行对光束的扫描、光信号的调制，如图 4 所示，扫描针反射的光信号利用HRD-ID型传感器进行接收，同时由控制器驱动数据采集系统采集信号，按次序存储在计算机磁盘上的数据文件中。系统的工作程序见图 5。扫描针以步进方式绕O扫过截面，传感器在同一平面内沿y向步进移动，其复合运动决定在某一固定时刻，传感器 D_1 、 D_2 只能接收到的两个特定点 P_1 、 P_2 上的光信号，经过推算，得到

$$x_1 = \frac{a_n + b_n \operatorname{tg}(\phi_n)}{2 \operatorname{tg}(\phi_n)} \qquad y_1 = \frac{a_n + b_n \operatorname{tg}(\phi_n)}{2}$$

$$x_2 = \frac{a_n - b_n \operatorname{tg}(\phi_n)}{2 \operatorname{tg}(\phi_n)} \qquad y_2 = \frac{a_n - b_n \operatorname{tg}(\phi_n)}{2}$$

$$a_n = a_0 + n_1 a; \qquad b_n = b_0; \qquad \phi_n = \phi_0 + n_2 \phi$$

- 其中： a_n ——传感器在行走 n_1 步后的纵坐标；
 b_n ——传感器在行走 n_1 步后的横坐标；
 ϕ_n ——扫描针在扫描 n 步后的位置角；
 a_0 ——传感器初始纵坐标；
 b_0 ——传感器初始横坐标；
 ϕ_0 ——扫描针初始角；
 a ——传感器移动的步距；
 ϕ ——扫描针的扫描步距；
 n_1 ——传感器的移动步数；
 n_2 ——扫描针的扫描步数。

这样，在根据具体情况选定测量标准初始参数的情况下，可以由 a_0 、 b_0 、 ϕ_0 、 a 、 ϕ 、 n_1 、 n_2 确定采样点的位置，而且，结合信号有无进行的适当运算和判断将使该测量系统的准确性不受光束位置、形状、尺寸的影响。

二、数据处理与显示

为了提高检测速度，增大整个束截面采样信号的同时性，本测量系统的数据处理显示采用离线方式进行。

传感器 D_1 、 D_2 接收到的信号点的空间位置是由扫描针反射点的轨迹确定的，在某种意义上，这样的数据点的位置是不规则分布的。因此，制成直观的三维场分布同时势必造成视觉上的错觉，所以，在测量结果进行三维功率场分布显示处理之前，首先将其转化为方形网格。

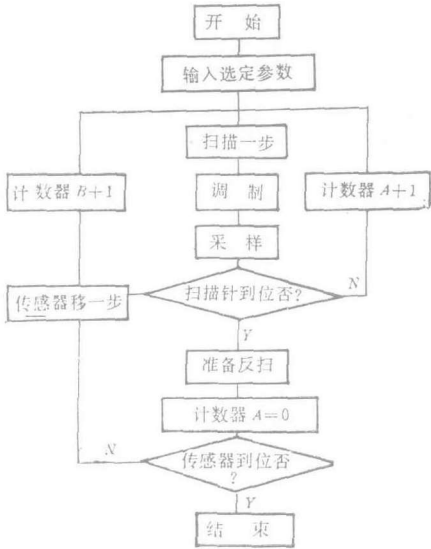


图5 系统程序框图

具体的方法，如图6所示，将位于正方形网格节点周围一个网格范围内的采样点光强，通过求算数平均的方法归结到该结上，这种办法和离散采样连续信号的机理相似。经过这样的处理，采样点数目一定时，在网格较疏时测量结果的分辨率将受很大影响，而网格分得足够密时，影响不大。

整个数据处理及显示过程的系统见图7。在输入初始参数后，首先计算各采样点的位置，然后将其归结到方形网格上，最后通过AUTOCAD2.6来显示、输出。

系统采样、处理得到的光束径向功率的三维分布如图8(a)所示(输出功率250W)。我们还同时进行了光束烧蚀有机玻璃的实验如图8(b)所示。从图9中可以看到测量的光束形状和烧蚀有机玻璃得到的光束形状对比。

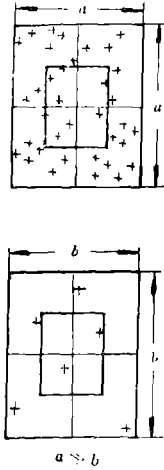


图6 采样点位置与方形网格的关系

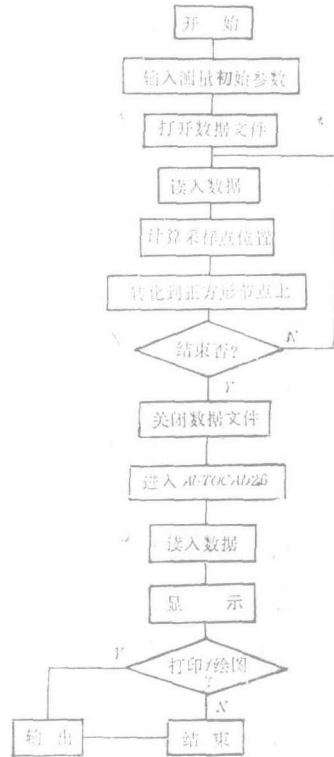


图7 数据处理程序流程图

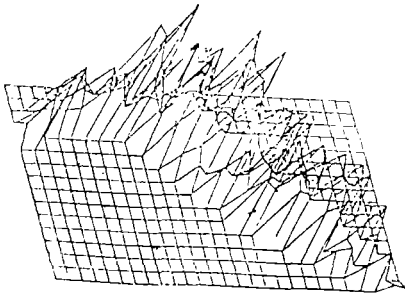
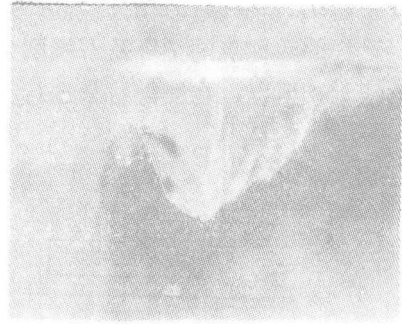


图8(a) 激光束径向功率三维分布图



(b) 激光烧蚀有机玻璃试样

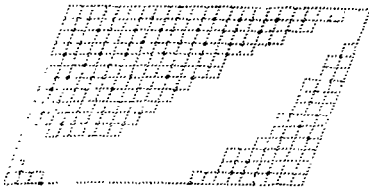
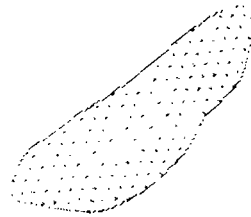


图9(a) 试验测得的光束断面形状



(b) 烧蚀有机玻璃得到的光束断面形状

三、结 论

本文实现针扫描法测量激光束径向能量分布的方法，并提供了一种测量装置，尽管装置本身尚存在一些需要改进之处，但是针对国产激光器输出光束所进行的初步验证性测量试验表明，这种方法本身是成功的，本装置的设计性能可以在百瓦到千瓦级的功率范围内对束径为(0.2~35)mm的光束进行测量，测量的分辨率可以调整。

此外，本仪器还可以方便地实验对光束上某点输出的时变规律，对监视激光器的输出质量具有很大意义。

参 考 文 献

- [1] 屠钦澧;《激光实验原理和方法》,北京工业学院出版社, 1988.6,7-89
- [2] 激光参数测量编写组,《激光参数测量》,上海人民出版社, 1976 11-37
- [3] 朱延彬; 计量技术, No. 5 1981
- [4] 朱延彬; 中国激光, 1983 10(2)
- [5] I. Decker;《State of the art of laser material processing in industrial》 Symposium on laser material processing (HIT-TUBS) Apr., 4-5 1990. Harbin China
- [6] Dietmar Letalick; Rev. Sci.. Instrum., 58(5) May., 1987

Needle-Scanning Method for Laser Beam Mode Measurement

Xu Qinghong, Chen Yanbin, Meng Qingyou and Li Qiang

Abstract

The radius power distribution of laser beam is not only a important parameter of beam itself, but also a remarkable problem in laser process. The importance of beam mode measuring has interested many research workers working on it since the early 70s. Many methods, including infrared photography, plexiglass burning off, scanning, heat evaporating, thermal deflection of light, interference etc, were developed, but limited of them were applied in China, only plexiglass burning off is in common use. Unfortunately, this method can only offers a statistical result of laser's radiation, but not the real power distribution of the laser beam.

In this paper, the needle scanning method is presented which is formed by four units, including scanning, sensing, data acquisition and handling. The experiments are also presented. The design capacity of this system permits measuring of beam of 0.2—35mm diameter in 10^2 — 10^3 W power level, and the three dimensions power distribution was finally presented by data handling unit.