

# 激光参数的测量

林晓莹\* 杨大让 胡志平 胡渝

(电子科技大学光电子技术系\*, 应用物理研究所, 成都, 610054)

**摘要:** 本文综述了激光参数的测量方法, 并重点介绍一些近年来发展起来的新的测试方法和技术。

## Measurement of laser parameters

Lin Xiaoying, Yang Darang, Hu Zhiping, Hu Yu

(Department of Opto-Electronic Technology, Institute of Applied Physics, University of Electronic Science and Technology)

**Abstract:** In general, this paper described the measuring methods for the laser parameters, and emphasizes the developed methods and techniques in recent years.

### 一、引言

由于激光在现代生活、科研中应用日益广泛, 所以测量激光参数一直是一个重要的课题。到目前为止, 对激光光场的空间分布、脉宽、发散角、束径等参数的测量已有较成熟的方法。但随着科技的发展、计算机应用的普及、新器件的产生, 各种新的测试方法不断涌现。下面我们将综述激光参数测量的新方法。

### 二、激光脉冲强度分布的测量

一台单模运转的激光器, 其横模的观测方法很多<sup>[1]</sup>, 其中直接观测法、光点扫描法、扫描干涉仪法、法布里-珀罗照象法和拍频法等都已是我们所熟知的。随着科技的发展, 许多新的测量方法也应运而生。现在, 我们可以用摄像机把激光束成象于硅靶摄像管的靶面上, 输出的视频信号及行场同步脉冲由专用电路进行处理后, 送到示波器观测或计算机显示并打印<sup>[2]</sup>。同样我们在He-Ne激光器输出的高斯光束的截面内, 对任意等距离三点采光测量, 经过处理, 也可以得到此光束强度的径向分布<sup>[3]</sup>。对于GaAs或Nd:YAG等近红外激光器的输出光场的测量, 我们可以利用光二极管线阵对红外光有较高灵敏度的特性, 用光二极管线阵等组成一个简单的光学多道显示仪<sup>[4]</sup>, 就可以进行实时观测了。而采用光纤技术进行空序→时序变换的方法, 可以实时显示相对光强曲线, 也可以对激光器的横模模式进行定量研究<sup>[5]</sup>。此外, 电荷耦合器件(CCD)测量光强, 已取得很大进展。线阵(CCD)可以将按空间分布的激光能量转变为按时间分布的电压信号, 然后经存储显示, 就可以观测到

近场或远场的光场空间分布<sup>[6]</sup>。

目前,国内用面阵CCD测量脉冲Nd:YAG激光束能量空间分布状态的方法是比较先进的<sup>[7]</sup>。它是将面阵CCD摄象机与图象处理仪相结合,对脉冲YAG激光能量分布进行测试,进行数据采集,用ADC调入微机、处理、绘图、打印等一系列工作,整个过程仅需要3min,准确迅速。其测试系统光路见图1。其中,He-Ne激光是系统的准直光源,YAG激光系统是被测信号源,成象系统由衰减片A、1.06μm滤光器、调节光强的一对Glan-Foucault棱镜、聚焦透镜L和CCD相机构成。透镜L将被测光束聚焦在摄象区,其焦距的选择与系统的安装和CCD光敏面的尺寸有关,最后被测激光束聚焦在摄象区上的光斑尺寸应小于CCD

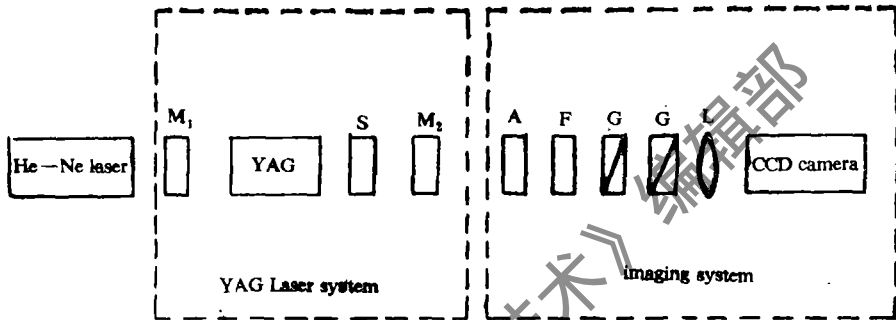


Fig.1 Optical system for measuring the YAG laser beam profile

M<sub>1</sub>—high relectivity S—small aperture A—attenuator M<sub>2</sub>—output coupler F—filter  
G—glan prism L—lens

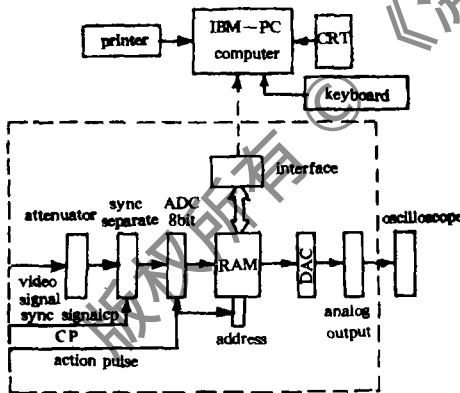


Fig.2 Block diagram of graphic processing instrument

相机的光敏面尺寸。

图象处理仪(见图2)与光束成象系统组成一体去采集储存激光能量空间分布信息。然后通过接口由键盘调入微机内存,启动软件进行处理。绘出高/中分辨率三维黑白/彩色图形。图形空间形象性强,可正视、侧视,又可背视。激光有“卫星”斑也十分清楚。

对脉冲YAG激光器的光束能量分布测量,利用CCD相机帧同步配合适当的脉冲延时控制激光器闪光灯的触发容易探测到激光信号。

### 三、激光脉宽的测量

精确、简便而可靠地测量超短脉冲的脉宽,往往是超短脉冲激光器研制及应用的关键,其主要的测量方法有直接测量法和相关测量法。前者包括用光电探测器加上快速响应示波器直接观察及条纹照象法。相关测量法有二次谐波法及双光子荧光法等等。其中二次谐波法比双光子荧光法更为经济实用,分辨力、精度较高,目前的应用越来越广泛。对于被动锁模钕玻璃激光器,它的输出以非共线倍频的方式在LiIO<sub>3</sub>内产生二次谐波,用一维二极管阵列将谐波强度的空间分布示于通用示波器,根据脉宽与谐波光强分布的宽度之间的关系,可得出脉冲串的平均脉冲宽度<sup>[8]</sup>。我们还可利用GaAs表面的SHG方法对一台碰撞锁模的Nd:YAG

激光的脉冲宽度进行测量，可以测出皮秒量级的激光脉宽<sup>[9]</sup>。超短光脉冲还可以用亚纳秒响应的检测仪器测量皮秒激光脉冲，然后通过预测信号进行解卷积运算以求得脉宽的方法来实现<sup>[10]</sup>。

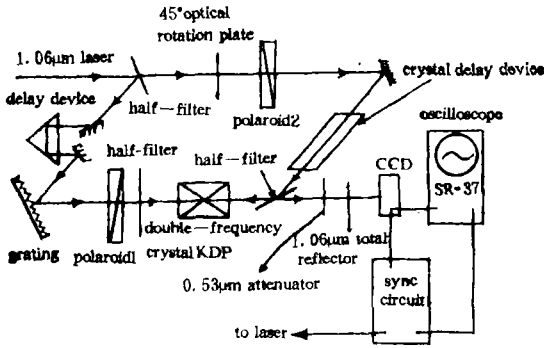


Fig.3 Optical scheme of picosecond laser pulse length real time measure

下面我们介绍一种较先进的测试方法：用谐波法测量微微秒脉冲激光的宽度<sup>[11]</sup>。它是用光栅取样，倍频作快门，以CCD作实时显示的超高速照相装置，如图3所示。CCD所测的空间强度波形是被测激光脉冲的自相关函数。脉宽可用下式确定：

$$\tau = \frac{\lambda N}{\sqrt{2c \cos \alpha}} \cdot \tau' \quad (1)$$

式中， $\tau'$ 是CCD测得的高斯型光斑的半宽度， $\lambda$ 为入射到光栅上的激光波长， $N$ 为光栅每毫米距离上刻线的条数， $\alpha$ 为光栅的入射激光与出射激光之间的张角， $c$ 为光速。

这种方法除了CCD强度测量有10%的误差外，脉宽变化主要来自锁模激光器本身。如果与计算机联机进行实时处理，将会更加方便可靠。

#### 四、激光发散角的测量

光束发散角定义为：

$$\theta(Z) = \frac{dW(Z)}{dZ} = \frac{\lambda/\pi W_0}{\left[1 + (\pi W_0^2/\lambda Z)^2\right]^{1/2}} \quad (2)$$

远场发散角定义为：

$$\theta(\infty) = \lim_{Z \rightarrow \infty} \theta(Z) = \frac{\lambda}{\pi W_0} \quad (3)$$

上两式中， $W(Z)$ 为坐标点 $Z$ 处的光斑半径， $W_0$ 为光腰半径， $\lambda$ 为激光波长。

从以上发散角的定义可以看出，发散角的测量都可归结为光斑半径的测量，而高斯光束光斑半径的测量方法有：孔径法、针孔扫描法、不透明窄条法、刀口扫描法<sup>[11]</sup>。由测出的光斑半径 $W(Z)$ 就可以求出(远场)发散角。一个简单的二极管阵列、示波器和凸透镜组成的系统，就可以测出 $W_f$ (聚焦点处的光斑半径)，由 $\theta_0 = W_f/f$ 就可求出远场发散角<sup>[12]</sup>。除了由束径来确定发散角的方法外，我们还可以利用不同 $Q$ 值光栅测量激光高斯光束的发散角，这种方法仅需探测光束透射光栅后功率的最大值和最小值即可<sup>[13]</sup>。

此外，我们还可以采用光纤技术进行空序→时序变换的方法，对TEM<sub>00</sub>模，示波器能实时显示出高斯曲线的全貌，很方便地测出发散角，基本原理见图4。

当光强分布花样照射在采光窗上时，通过空序→时序变换器把相对光强按空间位置变化的函数变成按时间变化的函数，并变成与光强成线性关系的光电流，因为该法采用50pps的高速光扫描，同时设置了同步脉冲和扫描标志线发生器，所以用示波器就能实时观察到稳定、清晰、连续的高斯曲线全貌。

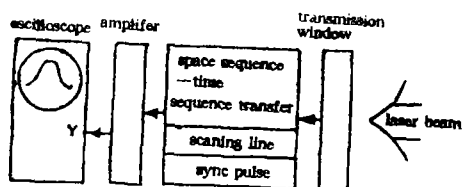


Fig. 4 System for measuring the read relative intensity

该方法的关键是空序→时序的变换, 可以采用光纤技术进行, 见图5所示, 图中的采光窗是一个光场取样装置。

当光场分布照射在光纤的线端时, 通过光纤的排列将光强分布有顺序地分布在光纤圆端的圆周上。对分布在圆周上光强的扫描, 就相当于对分布在线端上的光强扫描一样, 实现了线→圆的变换, 这样就可进行高速扫描, 同时也实现了空序→时序的变换。

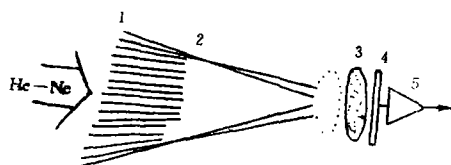


Fig. 5 Block diagram of space sequence-time sequence transfer

1—transmission window 2—optical fibre  
3—grating 4—optoelectronic element  
5—optical circuit amplifier

## 五、小 结

本文综述了激光诸参数即光强、脉宽和发散角等测量的一般方法, 并侧重介绍了一些最新的测试方法。随着激光应用范围的日益扩大, 对激光参数的测量要求越来越高, 因此, 许多采用高新技术产品、具有相当自动化程度的测试系统和方法正不断涌现。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] 蓝信矩. 激光技术. 长沙: 湖南科技出版社, 1981: 126~130
- [ 2 ] 朱延彬, 沈孝伟, 周和平. 中国激光, 1987; 14(10): 599~602
- [ 3 ] 朱延彬. 中国激光, 1983; 10(2): 90~92
- [ 4 ] 梁培辉, 张伟清, 叶超. 中国激光, 1983; 10(2): 117~119
- [ 5 ] 冯壁华, 龚国强, 彭志平. 激光杂志, 1992; 13(1): 12~14, 11
- [ 6 ] 周复正, 竺庆春, 邱求进 *et al.* 中国激光, 1984; 11(3): 183~185
- [ 7 ] 张纯玉, 王廷福. 中国激光, 1992; 19(1): 43~45
- [ 8 ] 梁培辉, 叶超, 孟绍贤 *et al.* 中国激光, 1983; 10(12): 848~852
- [ 9 ] 马海明, 刘一先, 李富铭. 中国激光, 1988; 15(5): 283~285, 288
- [ 10 ] 姜宏丽, 林美荣, 陈文驹. 中国激光, 1987; 14(5): 272~274
- [ 11 ] 周复正, 沈丽青, 竺庆春 *et al.* 中国激光, 1984; 11(11): 680~682, 669
- [ 12 ] 吕百达. 激光光学. 成都: 四川大学出版社, 1986: 131~140
- [ 13 ] 周晨波. 中国激光, 1989; 16(10): 594~597

\*

\*

\*

作者简介: 林晓莹, 女, 1970年5月出生。现在机电部四十四所工作。

杨大让, 男, 1968年4月出生。硕士研究生。现从事光束控制, 光学稳态和混沌、光学相位共轭方面的研究工作。

胡志平, 男, 1964年4月出生。副教授。现从事光束控制、激光大气传输方面的研究工作。

胡渝, 女, 1939年7月出生。教授。现从事激光通信、微弱信号检测方面的教学与科研工作。

收稿日期: 1992年5月25日。

收到修改稿日期: 1992年7月28日。