UDC 621.375.826
L 51

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 15175—94

# 固体激光器主要参数测试方法

**Measurement methods for main parameter of solid-state lasers**

1994-08-20发布　　1995-04-01实施

国家技术监督局　发布

需要全本请访问 www.ertongbook.com

# 中华人民共和国国家标准

# 固体激光器主要参数测试方法

GB/T 15175—94

**Measurement methods for main parameter of solid-state lasers**

## 1 主题内容与适用范围

本标准规定了固体激光器(以下简称激光器)主要参数的测试方法。

本标准适用于各类连续波、重复脉冲、单脉冲(包括脉冲串)工作的激光器的主要参数的测试。

## 2 引用标准

GB 7247 激光产品辐射安全、设备分类、要求和用户指南

GB 7257 氦氖激光器参数测试方法

SJ 1879 气体激光器发散角的测试方法

## 3 术语

3.1 固体激光器 solid state laser

用掺入少量激活离子的玻璃或晶体作为工作物质的激光器,又称固体离子激光器。

3.2 连续波激光器 continous wave laser(CW Laser)

激光输出为连续的而不是脉冲的激光器。连续输出周期大于 0.25 s 的激光器称连续波激光器。

3.3 重复脉冲激光器 repetitively pulsed laser

能产生一系列的多脉冲辐射能量的激光器。

3.4 脉冲激光器 pulsed laser

以单脉冲或脉冲串形式释放能量,且脉冲持续时间小于等于 0.25 s 的激光器,一个脉冲串近似看作一个单脉冲。

3.5 工作电流 operating currents

激光器工作时,泵浦源的工作电流。

3.6 工作条件 operating conditions

激光器的工作条件指其工作模式和工作波长等条件。

## 4 一般要求

4.1 测试条件

4.1.1 测试环境

4.1.1.1 除非另有规定,测试应在以下正常的大气条件下进行。

a. 温度:15～35℃;

b. 相对湿度:45%～75%;

c. 气压:86～106 kPa。

国家技术监督局1994-08-20批准　　1995-04-01实施

4.1.1.2 整个测试系统应处于无明显的振动、气流、烟尘和杂散辐射影响的环境中，不得有影响测试结果的干扰。

4.1.2 测试仪器设备

4.1.2.1 测试仪器设备应稳定可靠，应按其规范要求工作。

4.1.2.2 测试所用的激光功率、能量计应在5级以上，其他指针式仪表不低于1.5级。

4.1.2.3 测试所用的仪器仪表应定期经计量部门检定，并在有效期内使用。

4.1.2.4 为了保护仪表免受不允许的突然过载，允许在测试设备上采用保护装置，但不应该影响测试精度。

4.1.3 安全防护

测试激光器参数时的安全防护应符合GB 7247第3章用户指南中的有关规定。

4.2 被测激光器

除非另有规定，被测激光器应在详细规范中规定的工作程序和工作条件下工作，并待稳定工作之后测量各有关参数。

4.3 测试准备

除非另有规定，参数测试应按下列要求做好测试准备：

a. 按有关参数测试的方框图或原理图组成测试系统；

b. 按4.1条的要求准备测试条件；

c. 对被测激光器应按4.2条的要求做好测试准备。

## 5 连续波激光器主要参数测试方法

5.1 输出功率

5.1.1 定义

在给定的工作条件和工作电流下，激光器在输出端输出的功率。

5.1.2 测试方法

5.1.2.1 方框图

方框图如图1所示。

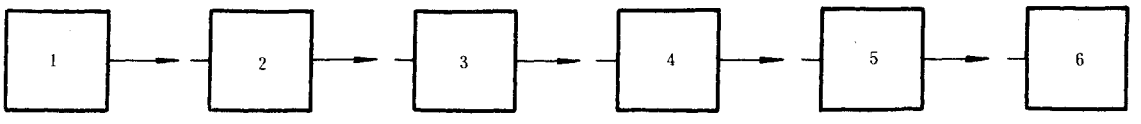



图1

1—激光器激励源；2—激光器；3—光闸；4—衰减片(必要时)；
5—窄带滤光片(必要时)；6—激光功率计

5.1.2.2 测试程序

5.1.2.2.1 测试准备见4.3条。

5.1.2.2.2 将激光功率计探头对准激光器的输出光束，并使其全部被接收。

5.1.2.2.3 接通激光功率计电源，选用合适量程，并校准其零点。

5.1.2.2.4 每隔一定时间(如3 min)读一次功率计的读数(每次测量前必须确认仪器返回初始状态)，共测 $n$($n\geqslant 10$)次。按式(1)计算输出功率：

$$P_{out}=\frac{1}{\tau_s}\cdot\frac{1}{\tau_z}\cdot\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}P_{out,i} \qquad \cdots\cdots(1)$$

式中：$P_{out}$——输出功率，W；

$\tau_s$——衰减片透射比，%；

$\tau_z$——窄带滤光片透射比，%；

$n$——测量次数；

$P_{out,i}$——第 $i$ 次测得的输出功率值，W。

5.1.2.3 主要误差来源

a. 激光功率计使用方法不当；

b. 仪器读数误差；

c. 衰减片和窄带滤光片带来的误差。

5.1.2.4 特殊要求

在详细规范中应规定：

a. 激光功率计的精度；

b. 衰减片、窄带滤光片的允许误差；

c. 其他。

5.2 输出功率不稳定度

5.2.1 定义

在给定的工作条件下，激光器输出功率在规定时间间隔内随时间波动(小于 1 Hz)的特性。

5.2.2 测试方法

5.2.2.1 方框图

方框图如图 2 所示。

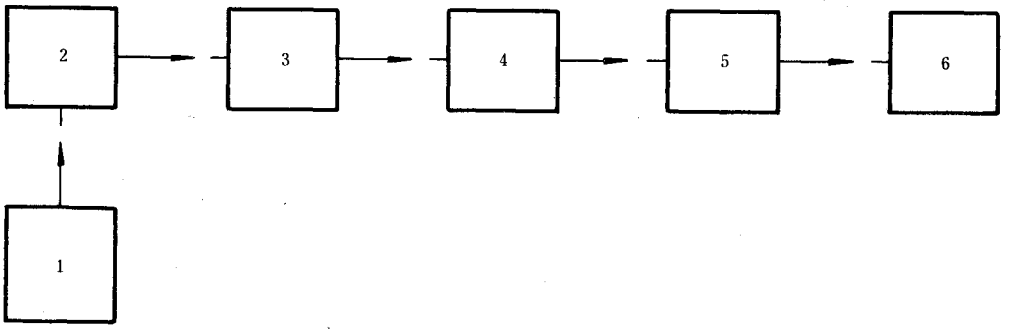



图 2

1—激光器激励源；2—激光器；3—衰减片(必要时)；4—窄带滤光片(必要时)；5—激光功率计；6—记录仪

5.2.2.2 测试程序

5.2.2.2.1 测试准备见 4.3 条。

5.2.2.2.2 将激光功率计探头对准激光束，使其全部接收。

5.2.2.2.3 接通激光功率计电源，选用合适量程，并校准其零点。

5.2.2.2.4 使激光器在规定工作电流下运转。

5.2.2.2.5 记录激光器的输出波动曲线，测量时间为 $t$($t \geqslant 0.5$ h)。

5.2.2.2.6 在记录曲线上按等时间间隔取 $n$ 个数值 $P_i$($n \geqslant 5$ 次)，求平均值：

$$P = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} P_i \qquad \cdots\cdots(2)$$

5.2.2.2.7 在记录曲线上查出最大值 $P_{max}$和最小值 $P_{min}$：



需要全本请访问 www.ertongbook.com

$$\Delta P = P_{max} - P_{min} \quad \cdots\cdots(3)$$

5.2.2.2.8 按式(4)或式(5)求 $t$ 时间范围内的激光器输出功率的不稳定度：

$$S_p = \pm \frac{\Delta P}{2P} \times 100\% \quad \cdots\cdots(4)$$

$$S_p' = \frac{P_{max} - P_{min}}{P_{max} + P_{min}} \times 100\% \quad \cdots\cdots(5)$$

式中：$S_p$——输出功率不稳定度，%；

$\Delta P$——见(3)式，W；

$P$——见(2)式，W；

$S_p'$——输出功率相对最大不稳定度，%；

$P_{max}$——见 5.2.2.2.7 条，W；

$P_{min}$——见 5.2.2.2.7 条，W。

5.2.2.3 主要误差来源

a. 激光功率计探头线性不良、温度漂移、时间响应不够快；

b. 记录仪时间响应不够快；

c. 数据处理不当。

5.2.2.4 特殊要求

a. 激光功率计探头对所接受波长的光应有高的灵敏度和足够快的时间响应，并在规定功率密度下使用，没有饱和现象；

b. 测试系统在测量功率范围内要求线性；

c. 记录仪精度不应低于 1.0 级。

5.3 横模模式

5.3.1 定义

在激光器的输出光束的横截面上，横向场强有一个或一个以上最大值分布的场结构称横模模式，记作 $TEM_{mn}$。仅有一个横向场强最大值的横模称为单横模，简称单模，记作 $TEM_{00}$，除此外均称多模。

高斯光速的横向场结构是单模，即横向场强是离开光束轴线距离的高斯函数。

5.3.2 测试方法 I ——小孔扫描法

5.3.2.1 方框图

方框图如图 3 所示。

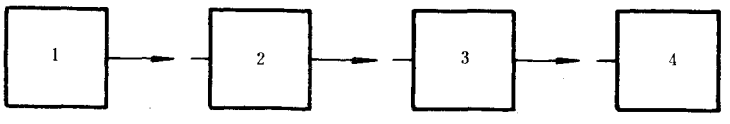



图 3

1—激光器激励源；2—激光器；3—光强分布测定仪；4—记录仪

5.3.2.2 测试程序

5.3.2.2.1 测试准备见 4.3 条。

5.3.2.2.2 使激光器在给定工作电流下运转。

5.3.2.2.3 使激光束正入射在光强分布测定仪的探头上，并使光强分布测定仪上的探测小孔正对光斑中心。用光强分布测定仪对光斑进行自动扫描，以双笔记录仪记录光斑的光强分布曲线(即相对空域分布曲线)。

5.3.2.2.4 分析光强分布曲线，若为高斯分布，则判为基横模（单模），否则为多模。

5.3.2.3 主要误差来源

a. 光强分布测定仪误差；

b. 记录仪误差；

c. 激光器输出功率不稳定引起的误差。

5.3.3 测试方法Ⅱ——球面扫描干涉仪法（仲裁方法）

球面扫描干涉仪法见 GB 7257 第 9 章。

5.4 （高斯光束）单模光斑直径和发散角

5.4.1 定义

a. 光束横截面上由功率（能量）密度下降到中心峰值的 $e$ 分之一的所有点构成的圆的直径 $d_s$ 称为离束腰 $S$ 处的单模光斑直径。

b. 离束腰 $S$ 处的光束发散角为：

$$\theta = \frac{d_s}{S} \times 10^3 \qquad \cdots\cdots(6)$$

式中：$d_s$——离束腰 $S$ 处的光斑直径，mm；

$S$——测量光斑离束腰的距离，mm；

$\theta$——发散角，mrad。

注：束腰位置和距离 $S$ 在详细规范中规定。

5.4.2 测试方法

测试方法见 SJ 1879 第 2 章或第 3 章。

5.5 多模光斑直径和发散角

5.5.1 定义

a. 光束横截面上占其总功率（能量）63%的中心部分的圆的直径 $d_s^*$ 称为离束腰 $S$ 处的多模光斑直径。

b. 离束腰 $S$ 处的光束发散角为：

$$\theta^* = \lim_{S\to\infty} \frac{d_s^*}{S} \times 10^3 \qquad \cdots\cdots(7)$$

式中：$\theta^*$——多模光束发散角，mrad；

$d_s^*$——离束腰 $S$ 处的多模光斑直径，mm；实际测量时就是置于长焦距透镜焦平面上小孔光栏的直径；

$S$——测量光斑离束腰的距离，mm；束腰位置在详细规范中指明。原则上，$S$ 是在光束输出方向上离束腰无限远处的距离。在实际测量中就是长焦距透镜的焦距 $f$，mm。

注：本定义也适用于单模光斑。

5.5.2 测试方法Ⅰ（仲裁方法）

5.5.2.1 方框图

方框图如图 4 所示。

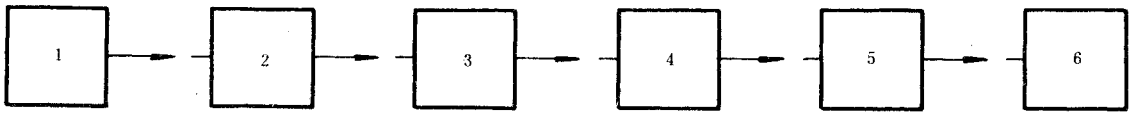



图 4

1—激光器激励源；2—激光器；3—衰减片(必要时)；4—长焦距($f$>1 m)透镜；
5—小孔(孔径可变)光栏；6—激光功率(能量)计

5.5.2.2 测试程序

5.5.2.2.1 测试准备见 4.3 条。

5.5.2.2.2 将长焦距透镜置于离束腰一定距离(如 1 m)处。

5.5.2.2.3 选功率(能量)计与激光束功率(能量)相适应。

5.5.2.2.4 置小孔光栏(其直径误差不大于±0.05 mm，椭圆度不大于±5%)于长焦距透镜的焦平面上。

5.5.2.2.5 沿 $X$、$Y$ 方向反复调整光栏的位置，使功率(能量)计所接收到的功率(能量)最大。

5.5.2.2.6 除去光栏，读出激光输出功率 $P_{out}$(能量 $W_{out}$)。

5.5.2.2.7 改变小孔光栏的孔径，重复测试程序 5.5.2.2.5 条，以测得功率等于 0.63 $P_{out}$(能量等于 0.63 $W_{out}$)时的光栏直径 $d_s$。

5.5.2.2.8 按式(8)计算光束发散角

$$\theta^* = \frac{d_s}{f} \times 10^3 \qquad \cdots\cdots(8)$$

式中：$\theta^*$——光束发散角，mrad；

$d_s$——光栏直径，mm；

$f$——透镜焦距，mm。

5.5.2.3 主要误差来源

**a.** 小孔光栏直径的测量误差；

**b.** 小孔光栏椭圆度引起的误差；

**c.** 小孔光栏放置不当引起的误差；

**d.** 功率(能量)计测试精度不够及对其读数引起的误差；

**e.** 测试过程中激光器输出波动引起的误差。

5.5.3 测试方法Ⅱ

选用合适的测试方法(见 5.5.2 条或 5.4.2 条)分别测取离束腰(或激光器输出端)的二个不同距离处的光束光斑直径，并用式(9)计算发散角：

$$\theta^* = \frac{d_s^* - d_s^{*\prime}}{S - S'} \times 10^3 \qquad \cdots\cdots(9)$$

式中：$S$，$S'$——离束腰(或激光器输出端)的距离($S$>$S'$)，mm；

$d_s^*$，$d_s^{*\prime}$——分别对应于 $S$ 和 $S'$ 的光束光斑直径，mm；

$\theta^*$——$S$ 处的光束发散角，mrad。

5.6 偏振度

偏振度测试见 GB 7257 第 10 章。

5.7 光束最大偏移

5.7.1 定义

在一段时间范围内(如 1 h)光束光斑中心偏离光轴的最大角度。

5.7.2 测试方法 I

5.7.2.1 方框图

方框图如图 5 所示。

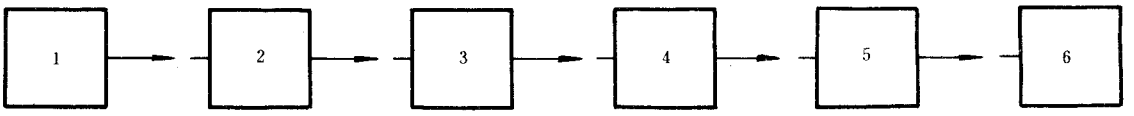



图 5

1—激光器激励源;2—激光器;3—光闸;4—可变衰减器;
5—长焦距透镜;6—感光相纸

5.7.2.2 测试程序

5.7.2.2.1 测试准备见 4.3 条。

5.7.2.2.2 将长焦距透镜置于离束腰一定距离处(束腰位置由详细规范指明)。

5.7.2.2.3 使激光器在给定工作电流下运转。

5.7.2.2.4 改变衰减片的衰减量,使位于透镜焦平面上的感光相纸刚刚能打出印记。

5.7.2.2.5 在一段时间内打开光闸若干次,使感光相纸上打出若干个点。

5.7.2.2.6 在感光相纸上以光斑密集区中心定为光轴中心。

5.7.2.2.7 测出感光相纸上最远的光斑中心偏离光轴中心的距离 $\Delta R_{max}$。

5.7.2.2.8 按式(10)计算光束最大偏移:

$$\Delta\theta_{max} = \frac{\Delta R_{max}}{f} \times 10^3 \qquad \cdots\cdots(10)$$

式中:$\Delta\theta_{max}$——光束最大偏移,mrad;

$\Delta R_{max}$——最远光斑中心对光轴的径向偏量,mm;

$f$——透镜焦距,mm。

5.7.2.3 主要误差来源

a. 距离测量的误差;

b. 光轴定点不当造成的误差。

5.7.3 测试方法 II(仲裁方法)

测试方法 II 见 GB 7257 第 8 章。

5.8 波长

波长测试见 6.11 条。

5.9 阈值

阈值测试见 6.10 条。

5.10 效率、斜率效率

5.10.1 定义

a. 激光器在规定工作条件下运转,其输出功率与输入功率之比称其效率;

b. 激光器在规定工作条件下运转,输入输出特性曲线的线性区的斜率称其为斜率效率。

5.10.2 测试方法

5.10.2.1 方框图

方框图如图 6 所示。



需要全本请访问 www.ertongbook.com

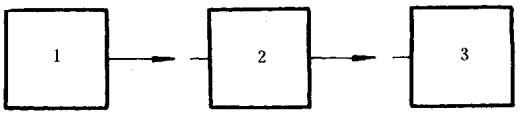



图 6

1—激光器激励源；2—激光器；3—功率计

5.10.2.2 测试程序

5.10.2.2.1 测试准备见 4.3 条。

5.10.2.2.2 将功率计探头对准激光束，使其全部接收。

5.10.2.2.3 改变激光器输入功率，测其相应的输出功率。每个测试点测 $n(n\geqslant 10)$次，取其平均值。

5.10.2.2.4 由测试结果绘制激光器的输入输出特性曲线，如图 7 所示。在曲线的线性区找出 $\Delta P_{in}$和相应的 $\Delta P_{out}$。

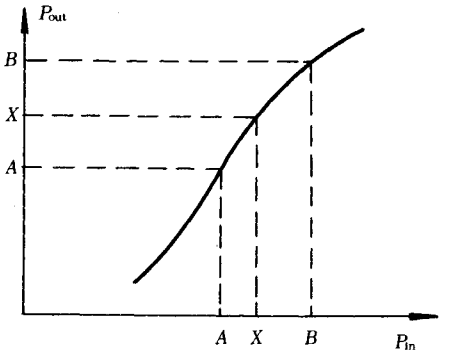



图 7

5.10.2.2.5 按公式(11)、(12)计算效率和斜率效率：

$$\eta = \frac{P_{out,X}}{P_{in,X}} \times 100\% \qquad \cdots\cdots(11)$$

$$\eta_k = \frac{\Delta P_{out}}{\Delta P_{in}} \times 100\% \qquad \cdots\cdots(12)$$

式中：$\eta$——激光器在某一输入功率时的效率，%；

$\eta_k$——激光器的斜率效率，%。

5.10.2.3 主要误差来源

a. 功率计的读数误差；

b. 激励源的电流读数误差。

## 6 脉冲(单脉冲、重复脉冲)激光器主要参数测试方法

6.1 输出脉冲能量

6.1.1 定义

在给定工作条件下，激光器由输出端输出的单个脉冲的激光辐射能。

6.1.2 测试方法 I(仲裁方法)

6.1.2.1 方框图

方框图如图 8 所示。

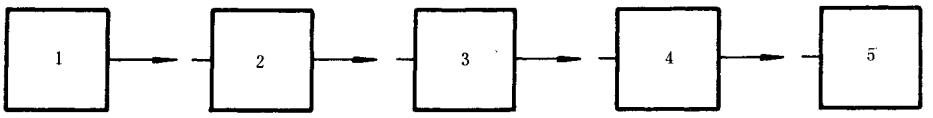



图 8

1—激光器激励源；2—激光器；3—光闸；4—衰减片；5—能量计

6.1.2.2 测试程序

6.1.2.2.1 测试准备见 4.3 条。

6.1.2.2.2 使能量计与激光器输出端之间保持适当距离(由详细规范规定)。

6.1.2.2.3 使光闸启闭与被测激光脉冲同步。

6.1.2.2.4 按照激光器输出的能量、波长、脉冲宽度、光束尺寸等选取合适的能量计。

6.1.2.2.6 将能量计探头对准输出激光束，使其全部被接收。

6.1.2.2.7 在激光器规定工作条件下，对同一输入能量共测 $n$ 次($n \geqslant 10$)。每次测量前均需校准能量计的零点。

6.1.2.2.8 依每次的测量值，按式(13)计算输出能量值：

$$Q_{out} = \frac{1}{\tau_s} \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} Q_{out,i} \qquad \cdots\cdots (13)$$

式中：$Q_{out}$——激光器输出能量，J；

$Q_{out,i}$——第 $i$ 次测得的输出能量，J；

$\tau_s$——衰减片的透射比，%；

$n$——同一输入能量时的测量总次数。

注：光闸的选用应视激光脉冲重复频率和能量计的响应频率及其功能而定。

6.1.2.3 主要误差来源

a. 能量计调试误差；

b. 能量计读数误差；

c. 激励源的电压、电流读数误差；

d. 引入衰减片带来的误差。

6.1.2.4 特殊要求

在详细规范中应规定：

a. 能量计的精度；

b. 衰减片的允许误差。

6.2 输出脉冲能量不稳定度

6.2.1 定义

在给定工作条件下，激光器脉冲输出能量在规定时间间隔内随时间波动的特性。

6.2.2 测试方法

6.2.2.1 方框图

方框图如图 8 所示。

6.2.2.2 测试程序

6.2.2.2.1 测试程序见 6.1.2.2.1～6.1.2.2.7 条。

6.2.2.2.2 按式(14)或(15)或(16)计算输出能量不稳定度：

$$S_w'' = \frac{1}{W_{out}}\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{W_{out,i}}{\tau_s} - W_{out}\right)^2}{n-1}} \times 100\% \quad \cdots\cdots(14)$$

$$S_w' = \frac{W_{max} - W_{min}}{W_{max} + W_{min}} \times 100\% \quad \cdots\cdots(15)$$

$$S_w = \pm \frac{W_{max} - W_{min}}{\frac{2}{n}\sum_{i=1}^{n} W_{out,i}} \times 100\% \quad \cdots\cdots(16)$$

式中：$S_w$——输出能量不稳定度，%；

$S_w'$——输出能量相对最大不稳定度，%；

$S_w''$——输出能量不稳定度标准差，%；

$\tau_s$——衰减片透射比，%；

$W_{out,i}$——第 $i$ 次测得的输出能量，J；

$n$——对同一输入能量，测量输出能量的总次数；

$W_{out}$——激光器输出能量，J；见式(11)；

$W_{max}$——对同一输入能量，在测 $n$ 次输出能量时，所测得的最大能量值，J；

$W_{min}$——对同一输入能量，在测 $n$ 次输出能量时，所测得的最小能量值，J。

6.2.2.3 主要误差来源

主要误差来源见 6.1.2.3 条。

6.2.2.4 特殊要求

特殊要求见 6.1.2.4 条。

6.3 脉冲峰值平均功率

6.3.1 定义

在规定工作条件下，激光器输出单个脉冲的能量与脉冲半峰值点宽度之比称脉冲激光器的峰值平均功率。

6.3.2 测试方法

6.3.2.1 方框图

方框图如图 9 所示。

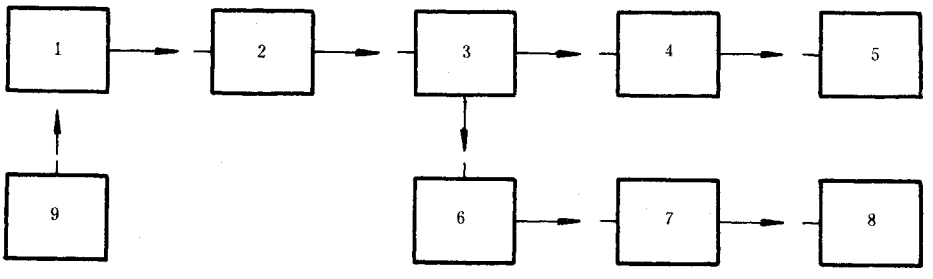



图 9

1—激光器；2—光闸；3—分束器；4、6—衰减片；5—能量计；
7—快速光电探测器；8—示波器；9—激光器激励源

6.3.2.2 测试程序

6.3.2.2.1 测试准备见 4.3 条。

6.3.2.2.2 将能量计探头、光电探测器探头分别对准激光束。

6.3.2.2.3 使激光器工作在由详细规范规定的工作条件下。

6.3.2.2.4 使能量计，光电探测器和示波器处于待测的工作状态。其中光电探测器的波长及时间响应与激光器输出光束的波长和脉宽相匹配；示波器带宽响应与激光脉宽相匹配。

6.3.2.2.5 选取合适的衰减片，使能量计与光电探测器工作在线性区域。

6.3.2.2.6 使光闸启闭与被测激光脉冲同步。在开启光闸时，记录下能量计的读数，同时调节示波器使之在示波器的屏上呈现稳定的激光波形。记录下脉冲半峰值点之间的时间宽度。每隔一定时间重测一次，在同一输入能量的条件下，共测 $n(n\geqslant 10)$ 次。

6.3.2.2.7 按式(17)计算脉冲峰值平均功率：

$$\overline{P}_{max}=\frac{1}{\tau_s}\cdot\frac{1}{\tau_F}\cdot\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{W_{out,i}}{t_i} \qquad \cdots\cdots(17)$$

式中：$\overline{P}_{max}$——单脉冲峰值平均功率，W；

$\tau_s$——衰减片透射比，%；

$\tau_F$——分束器透射比，%；

$W_{out,i}$——第 $i$ 次测得的能量值，J；

$t_i$——第 $i$ 次测得的单脉冲半峰值点之间的时间间隔，s；

$n$——同一输入能量条件下的总测量次数。

6.3.2.3 主要误差来源

a. 能量计调试误差；

b. 能量计读数误差；

c. 示波器上时间宽度读数误差；

d. 插入衰减片和分束器所带来的误差；

e. 激励源电压的读数误差；

f. 探测器响应速度有限和示波器带宽有限产生的误差；

g. 探测器的非线性误差。

6.3.2.4 特殊要求

在详细规范中应规定：

a. 激光能量计的精度；

b. 光束分束器和衰减片透射比的允许误差；

c. 对光电探测器及示波器的要求。

6.4 重复脉冲输出平均功率

6.4.1 定义

重复脉冲激光器在规定工作条件下，在一段时间范围内所测 $n$ 次输出功率的平均值。

6.4.2 测试方法

6.4.2.1 方框图

方框图如图 1 所示。

6.4.2.2 测试程序

测试程序见 5.1.2.2.1～5.1.2.2.4 条。

6.4.2.3 主要误差来源

a. 激光功率计时间常数较短引入的误差；

b. 其他误差来源见 5.1.2.3 条。

6.4.2.4 特殊要求

a. 应根据激光器的脉冲重复频率，选用时间常数大的激光功率计进行测量；

b. 其他要求见 5.1.2.4 条。

6.5 脉冲宽度

6.5.1 定义

在规定工作条件下，激光器输出单个脉冲波形的两个半峰值点之间的时间间隔。

6.5.2 测试方法

6.5.2.1 方框图

方框图如图 10 所示。

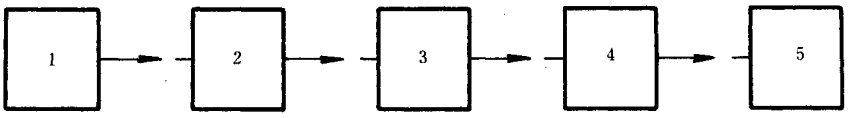



图 10

1—激光器激励源；2—激光器；3—衰减器；
4—快速光电探测器；5—快速示波器

6.5.2.2 测试程序

6.5.2.2.1 测试准备见 4.3 条。

6.5.2.2.2 选取合适的衰减片，使光电探测器在线性范围内工作。

6.5.2.2.3 选取光电探测器的光谱响应与激光器的输出波长相匹配；根据激光器输出脉冲宽度范围，选取响应速度足够快的光电探测器和示波器。

6.5.2.2.4 把探测器对准激光束，调节示波器，在示波器屏面上显示出脉冲波形。记下两半峰值点之间的时间间隔。重复 $n(n\geqslant 10)$次。

6.5.2.2.5 按式(18)计算脉冲宽度：

$$\tau=\frac{\sum_{i=1}^{n}\tau_i}{n} \qquad \cdots\cdots(18)$$

式中：$\tau$——脉冲宽度，ns；

$\tau_i$——在示波器上第 $i$ 次测得的脉冲两半峰值点之间的时间间隔，ns；

$n$——重复测量次数。

6.5.2.3 主要误差来源

a. 示波器带宽不够和探测器响应不够快引起的测量误差；

b. 激光器输出脉宽不稳定带来的误差；

c. 示波器的读数误差。

6.5.2.4 特殊要求

在详细规范中应规定：

a. 示波器的要求；

b. 光电探测器的要求。

6.6 脉冲重复频率

6.6.1 定义

重复脉冲激光器每秒发射脉冲的个数。

6.6.2 测试方法

6.6.2.1 方框图

方框图如图 10 所示。

6.6.2.2 测试程序

6.6.2.2.1 测试准备见 4.3 条。

6.6.2.2.2 见 6.5.2.2.2 条。

6.6.2.2.3 见 6.5.2.2.3 条。

6.6.2.2.4 调节衰减片及示波器的灵敏度和扫描速度，使在示波器的屏上出现二个稳定的激光脉冲波形，记下二相邻脉冲之间的时间间隔 $T$。

6.6.2.2.5 按式(19)计算脉冲重复频率：

$$PRF = \frac{1}{T} \qquad \cdots\cdots(19)$$

式中：$PRF$——脉冲重复频率，$s^{-1}$或 Hz；

$T$——二相邻脉冲之间的时间间隔，s。

6.6.2.3 主要误差来源

示波器屏上的读数误差。

6.6.2.4 特殊要求

特殊要求见 6.5.2.4 条。

6.7 光斑直径和发散角

光斑直径和发散角的测试见 5.5 条。

6.8 光束指向不稳定性

6.8.1 定义

脉冲激光器在一段规定时间范围内，光束光斑中心相对于光轴中心的偏移角度。光束指向不稳定性也称光束偏移。

6.8.2 测试方法 I（仲裁方法）

6.8.2.1 方框图

方框图如图 11 所示。

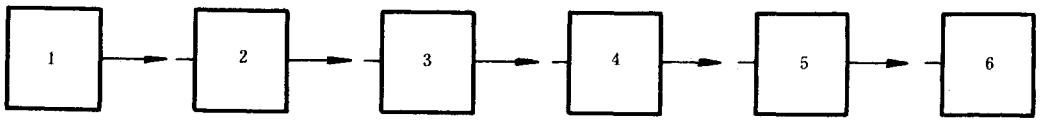



图 11

1—激光器激励源；2—激光器；3—光闸；4—衰减片；
5—滤光片；6—照相底板

6.8.2.2 测试程序

6.8.2.2.1 测试准备见 4.3 条。

6.8.2.2.2 选择合适的衰减片，使照相底板曝光适度。

6.8.2.2.3 使照相底板垂直于激光束，调节底板与激光器输出端之间的距离，使底板上的激光光斑大小适中，且底板中心与光轴中心同轴(光轴中心定位见 5.7.2.2.6 条)。

6.8.2.2.4 使光闸与在规定工作条件下工作的被测激光器的输出脉冲同步，并照相。共取 $n(n \leqslant 100)$ 个激光脉冲。

6.8.2.2.5 冲洗底片，用黑度计测量相对光强分布，求出光斑中心。

6.8.2.2.6 测量光斑中心与光轴中心的偏移距离 $\Delta R_i$。

6.8.2.2.7 按式(20)、(21)计算光束偏移：

$$\Delta\theta_i = \frac{\Delta R_i}{S} \times 10^3 \qquad \cdots\cdots(20)$$

$$\Delta\theta = \frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta\theta_i}{n} \qquad \cdots\cdots(21)$$

式中：$\Delta\theta_i$——单次计算而得的光束偏移角度，mrad；

$\Delta R_i$——单次测量的光束偏移距离，mm；

$S$——照相底板与激光器输出端之间的距离，mm；

$\Delta\theta$——光束偏移，mrad。

6.8.2.3 主要误差来源

a. 黑度计测量相对光强分布的误差；

b. 计算光斑中心的误差；

c. 测量光斑中心与光轴中心之间距离的误差；

d. 光轴定位的误差；

e. 透镜焦距误差(焦距因波长而发生变化)；

f. 光束本身发散角变化带来的误差。

6.8.2.4 特殊要求

在详细规范中应规定：

a. 黑度计的要求；

b. 照相底板的要求。

6.8.3 测试方法Ⅱ

测试方法Ⅱ见5.7.2条。

6.9 横模模式

6.9.1 定义

定义见5.3.1条。

6.9.2 测试方法

6.9.2.1 方框图

方框图如图12所示。

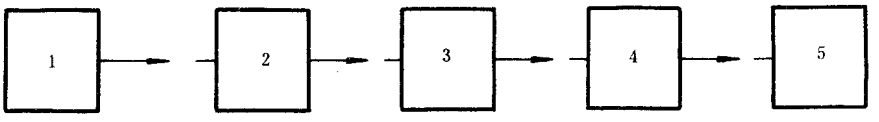



图12

1—激光器激励源；2—激光器；3—光闸；
4—衰减片；5—照片底板

6.9.2.2 测试程序

6.9.2.2.1 测试准备见4.3条。

6.9.2.2.2 选合适的衰减片，使照相底板适度感光。

6.9.2.2.3 照相底板与激光器输出光束相垂直，调节底板位置，使底板上的横模花样大小合适。

6.9.2.2.4 使光闸与被测激光脉冲同步，使照相底板接受激光脉冲而曝光。

6.9.2.2.5 冲洗底板；用黑度计测量横模花样的相对光强分布。

6.9.2.2.6 分析测试结果：如果测试横模花样的相对光强分布符合高斯分布，则横模花样就为基横模，否则为多模。

6.9.2.3 主要误差来源

a. 冲洗底片技术不当引起花样图案模糊产生的误差；

b. 黑度计测量光强分布不确切产生的误差；

c. 每次曝光时，脉冲光束的抖动带来的误差。

6.10 阈值

6.10.1 定义

使激光器建立振荡所必需的最小激励能量(功率)。

6.10.2 测试方法Ⅰ(仲裁方法)

6.10.2.1 方框图如图13所示。

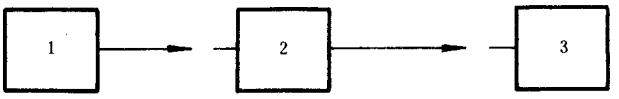



图13

1—激光器激励源；2—脉冲(连续波)激光器；3—能量(功率)计

6.10.2.2 测试程序

6.10.2.2.1 测试准备见4.3条。

6.10.2.2.2 将能量(功率)计探头对准激光器的输出端使其输出全部被接收。

6.10.2.2.3 使激光器在小能量(功率)输入状态下工作，逐渐加大输入，并测量每个相应的输出。对每个输入至少测量3次输出，取其算术平均值。至少取5对测试点。

a. 激光器脉冲运转时，测量激励源的贮能电容器的充电电压，以计算激光器的输入能量。其关系为：

$$W = \frac{1}{2}CU^2 \qquad \cdots\cdots(22)$$

式中：$C$——储能电容器的电容量，F；

$U$——电容器充电电压，V。

b. 激光器连续波工作时，测量泵浦灯的工作电流，以计算激光器的相应输入功率。

6.10.2.2.4 由输入、输出测量值绘制该激光器的输入输出特性曲线(如图14)，曲线外拓与输入轴线的交点，即为该激光器的阈值。

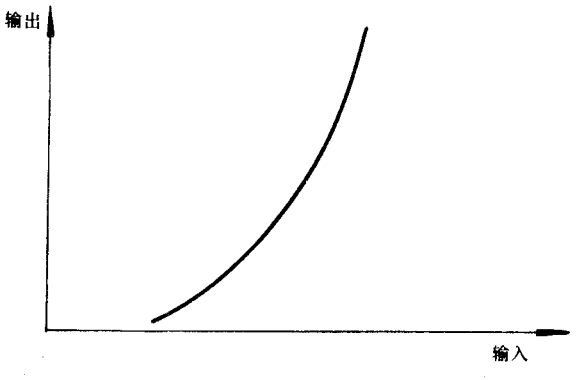



图14

6.10.2.3 主要误差来源

a. 激励源的电压、电流的读书误差；



需要全本请访问 www.ertongbook.com