



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 15651.4—2017/IEC 60747-5-4:2006

---

## 半导体器件 分立器件 第 5-4 部分:光电子器件 半导体激光器

Semiconductor devices—Discrete devices—Part 5-4: Optoelectronic devices—  
Semiconductor lasers

(IEC 60747-5-4:2006, IDT)

2017-05-31 发布

2017-12-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国国家标准化管理委员会



## 目 次

前言 .....	Ⅲ
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
3.1 物理概念 .....	2
3.2 器件类型——半导体激光器(激光二极管) .....	2
3.3 一般术语 .....	2
3.4 与额定值和特性有关的术语 .....	3
4 基本额定值和特性 .....	7
4.1 类型 .....	7
4.2 半导体 .....	7
4.3 外形与封装细节 .....	7
4.4 极限值(绝对最大额定值) .....	7
4.5 光电特性 .....	8
4.6 补充资料——温度对波长的影响 .....	9
5 测试方法 .....	10
5.1 功率测试 .....	10
5.2 输出功率稳定性 .....	10
5.3 时域分布 .....	12
5.4 寿命 .....	14
5.5 激光束的光学特性 .....	14
附录 A (资料性附录) 空间分布和光谱特性相关术语及定义参照表 .....	18
附录 B (资料性附录) 空间分布和光谱特性相关测试方法参照表 .....	22
附录 C (资料性附录) 功率测试和寿命相关术语、定义及测试方法参照表 .....	23
参考文献 .....	24
图 1 带端口无透镜器件 .....	3
图 2 开关时间 .....	4
图 3 激光二极管的阈值电流 .....	5
图 4 基本电路图 .....	10
图 5 基本电路图 .....	12
图 6 典型脉冲响应图 .....	13
图 7 基本电路图 .....	14

**GB/T 15651.4—2017/IEC 60747-5-4:2006**

图 8 半强度角 ..... 15

图 9 指定平面和机械参考面的关系 ..... 15

图 10 基本测量装置图 ..... 16

图 11  $D_{1/2}$  和  $D_{1/e^2}$  的测量装置 ..... 17

表 1 光电特性 ..... 8

## 前 言

GB/T 15651《半导体器件 分立器件和集成电路 第5部分:光电子器件》由以下部分组成:

- 第5-2部分:光电子器件 基本额定值和特性;
- 第5-3部分:光电子器件 测试方法;
- 第5-4部分:光电子器件 半导体激光器。

本部分为GB/T 15651的第5-4部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分使用翻译法等同采用IEC 60747-5-4:2006《半导体器件 分立器件 第5-4部分:光电子器件 半导体激光器》。

与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下:

- GB/T 13863—2011 激光辐射功率和功率不稳定性测试方法(ISO 11554:2006,MOD);
- GB/T 15313—2008 激光术语(ISO 11145:2006,MOD);
- GB/T 17573—1998 半导体器件和集成电路 第1部分 总则(IEC 747-1:1983,IDT);
- GB/T 26599.1—2011 激光和激光相关设备 激光光束宽度、发散角和光束传输比的试验方法 第1部分:无象散和简单象散光束(ISO 11146-1:2005,IDT);
- GB/T 27662—2011 激光光束指向和位置稳定性测试方法(ISO 11670:2003,IDT)。

本部分做了下列编辑性修改:

- 在第2章规范性引用文件中,增加了“IEC 60747-1”;
- 图1中接收角或束散角 $\alpha$ 对应为全角;
- 3.4.1 开关时间中“(见图3)”改为“(见图2)”;
- 3.4.3 注3中微分输出(辐射)功率量子效率中“ $\eta_{ed}$ ”改为“ $\eta_d$ ”;
- 3.4.7 激光束光学特性中“(见ISO 1146-3)”改为“(见ISO 11146-3)”;
- “4.2.1.1”改为“4.2.1”;
- 表1中,4.5.12 边模抑制比“SMS”改为“SMSR”;
- 5.5.4a)注中“根据 $\phi$ 依次确定指定平面后确定”后增加“如图8所示。”;
- 附录A中,术语“相干性~脉冲重复频率”引用ISO 11145由“3.14~3.51”改为“3.15~3.52”,术语“量子效率~非稳腔”引用ISO 11145由“3.52~3.56”改为“3.54~3.58”,术语“偏振”引用ISO 11145由“3.36”改为“3.37”;
- 附录A中,删除术语“峰值发射波长”、“光谱辐射带宽”引用的ISO 11145的“3.54”;
- 附录C中,“开通延迟时间”引用IEC 60747-5-4由“3.4.1.4”改为“3.4.1.3”,“寿命”引用ISO 11145由“3.33”改为“3.34”。

本部分由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本部分由全国半导体器件标准化技术委员会(SAC/TC 78)归口。

本部分起草单位:中国电子科技集团公司第十三研究所。

本部分主要起草人:刘小文、陈海蓉、安振峰、牛江丽、王晓燕、任浩。





# 半导体器件 分立器件

## 第 5-4 部分:光电子器件

### 半导体激光器

#### 1 范围

GB/T 15651 的本部分规定了半导体激光器的基本额定值、特性及测试方法。

#### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

IEC 60747-1 半导体器件 分立器件和集成电路 第 1 部分:总则(Semiconductor devices—Discrete devices and integrated circuits—Part 1: General)

IEC 62007-1 光纤光学系统用半导体光电器件 第 1 部分:基本额定值和特性(Semiconductor optoelectric devices for fibre optic system applications—Part 1: Essential ratings and characteristics)

IEC 62007-2 光纤光学系统用半导体光电器件 第 2 部分:测试方法(Semiconductor optoelectric devices for fibre optic system applications—Part 2: Measuring methods)

ISO 11145 光学和光学仪器 激光和激光相关设备 术语和符号(Optics and optical instruments—Lasers and laser related equipment—Vocabulary and symbols)

ISO 11146-1 激光和激光相关设备 激光光束宽度、发散角和光束传输比的试验测试方法 第 1 部分:无像散和简单像散光束(Lasers and laser-related equipment—Test methods for laser beam widths, divergence angles and beam propagation ratios—Part 1: Stigmatic and simple astigmatic beams)

ISO 11146-2 激光和激光相关设备 激光光束宽度、束散角和光束传输比的测试方法 第 2 部分:广义像散光束(Lasers and laser-related equipment—Test methods for laser beam widths, divergence angles and beam propagation ratios—Part 2: General astigmatic beams)

ISO 11146-3 激光和激光相关设备 激光光束宽度、束散角和光束传输比的测试方法 第 3 部分:本征和几何的激光束分类,传输和测试方法的细节(Lasers and laser-related equipment—Test methods for laser beam widths, divergence angles and beam propagation ratios—Part 3: Intrinsic and geometrical laser beam classification, propagation and details of test methods)

ISO 11554 光学和光学仪器 激光和激光相关设备 激光束功率、能量和时间特性测试方法(Optics and optical instruments—Lasers and laser-related equipment—Test methods for laser beam power, energy and temporal characteristics)

ISO 11670 激光和激光相关设备 激光束参数测试方法 光束位置稳定性(Lasers and laser-related equipment—Test methods for laser beam parameters—Beam positional stability)

ISO 12005 激光和激光相关设备 激光束参数测试方法 偏振(Lasers and laser-related equipment—Test methods for laser beam parameters—Polarization)

ISO 13694 光学和光学器件 激光和激光相关设备 激光束功率(能量)密度分布测试方法

GB/T 15651.4—2017/IEC 60747-5-4:2006

[Optics and optical instruments—Lasers and laser-related equipment—Test methods for laser beam power (energy) density distribution]

ISO 13695 光学和光子学 激光和激光相关设备 激光光谱特性测试方法 (Optics and photonics—Laser and laser-related equipment—Test methods for the spectral characteristics of lasers)

ISO 17526 光学和光学器件 激光和激光相关设备 激光器寿命 (Optics and optical instruments—Lasers and laser-related equipment—Lifetime of lasers)。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 物理概念

- a) (电磁)辐射(IEV 845-01-01);
- b) 光学辐射(IEV 845-01-02);
- c) 可见辐射(IEV 845-01-03);

注：由于可见光光谱范围取决于有效辐射功率的大小和观测者眼睛的响应度，所以，可见光光谱区范围没有一个严格的界限，一般下限在 360 nm~400 nm 之间，上限在 760 nm~830 nm 之间。

- d) 红外辐射(IEV 845-01-04);
- e) 紫外辐射(IEV 845-01-05);
- f) 光(IEV 845-01-06,与注解 2 无关):
  - 可感知光(IEV 845-02-17);
  - 可见辐射(IEV 845-01-03)。

3.2 器件类型——半导体激光器(激光二极管)

当半导体二极管激励电流超过阈值电流时，自由电子与空穴复合引起受激发射，能够产生相干光辐射的器件。

注：激光二极管芯片一般安装在热沉上或封装在带有或不带有耦合装置(如透镜，尾纤)的管壳中。

3.3 一般术语

3.3.1

光束轴 beam axis  
(见 ISO 11145)

3.3.2

光学端口 optical port

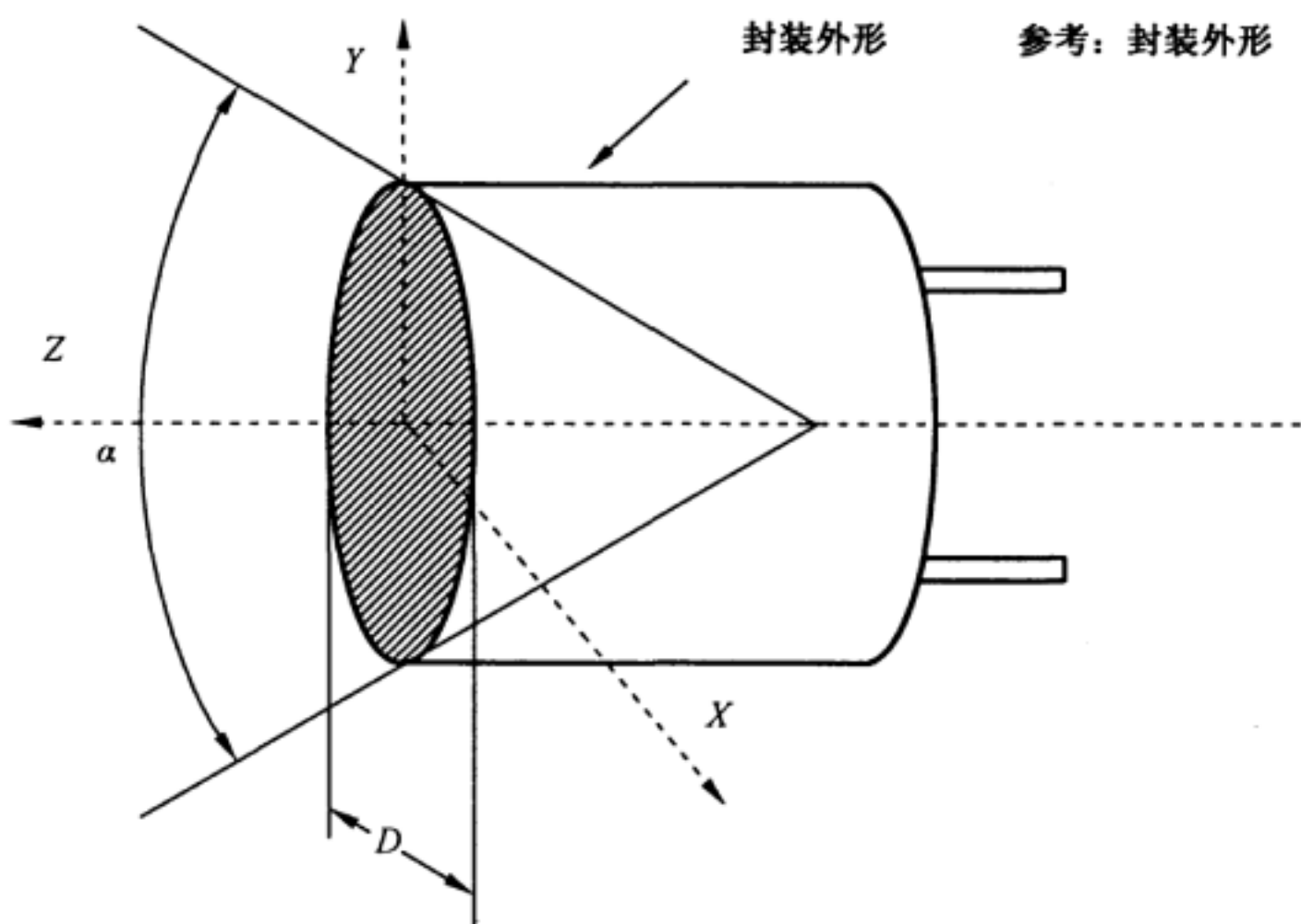
用于描述发射器件的光学辐射的几何结构，以器件表面或外部某一平面为参考。

注：制造厂商应使用几何信息对几何结构进行描述，见图 1。例如：

- 发射区的位置、形状和尺寸；
- 发射或接收角；
- 其他参数，如光纤的数值孔径；
- 光束轴方向。



示例：



说明：


- $\alpha$  ——接收角或发射角；
-  ——光学端口直径  $D$ ；
- 参考 ——定义光学端口参考位置。

图 1 带端口无透镜器件

3.4 与额定值和特性有关的术语

3.4.1

开关时间 switching times

注：3.4.1.1～3.4.1.6 中给定的下限和上限值通常为稳态最大值的 10%和 90%(见图 2)。

3.4.1.1

上升时间 rise time

$t_r$   
(见 ISO 11554)

3.4.1.2

下降时间 fall time

$t_f$   
(见 ISO 11554)

注：当前版本的 ISO 11554 没有关于下降时间的定义，在包含其定义的完整版 ISO 11554 颁布之前，暂时参考图 2 的描述。

3.4.1.3

开通延迟时间 turn-on delay time

$t_{d(on)}$   
在电输入信号达到一个指定水平(除另有规定外为 10%)和光输出信号达到一个指定水平(除另有规定外为稳态最大值的 10%)之间的时间间隔。

3.4.1.4

开通时间 turn-on time

$t_{on}$   
在电输入信号达到一个指定水平(除另有规定外为 10%)和光输出信号达到一个指定水平(除另有

规定外为稳态最大值的 90%)之间的时间间隔。

$$t_{on} = t_{d(on)} + t_r$$

3.4.1.5

关断延迟时间 turn-off delay time

$t_{d(off)}$

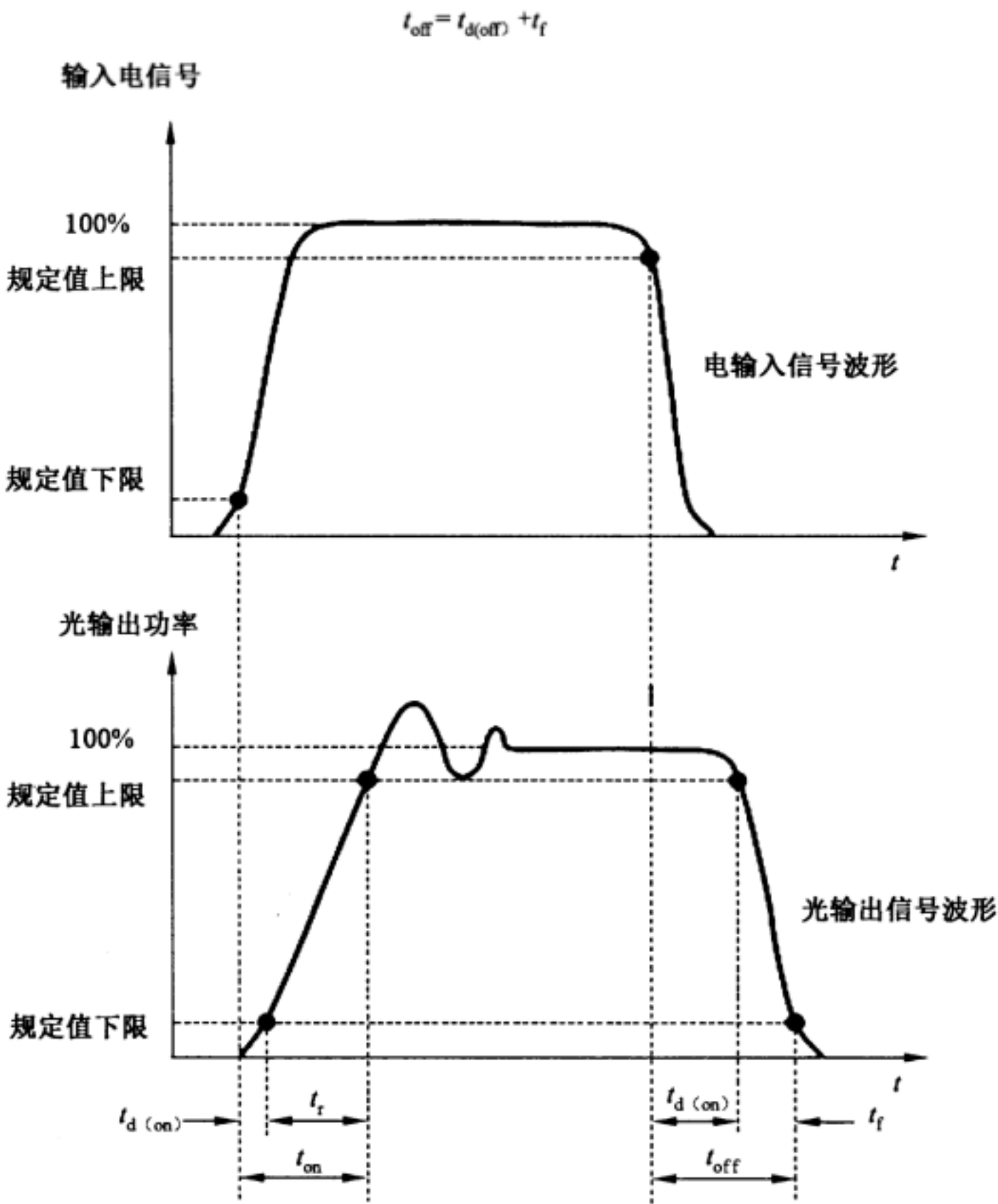
在电输入信号降到一个指定水平(除另有规定外为 90%)和光输出信号降到一个指定水平(除另有规定外为稳态最大值的 90%)之间的时间间隔。

3.4.1.6

关断时间 turn-off time

$t_{off}$

在电输入信号降到一个指定水平(除另有规定外为 90%)和光输出信号降到一个指定水平(除另有规定外为稳态最大值的 10%)之间的时间间隔。



注：除另有规定外下限值和上限值分别为 10%和 90%。

图 2 开关时间

3.4.2

输出功率 output power

$P$

(见 ISO 13694)

## 3.4.3

微分效率 differential output (radiant) power efficiency

 $\eta_d$ 

小信号调制输出功率效率:

$$\eta_d = dP/dI_F$$

注 1:  $\eta_d$  的量纲是 W/A。

注 2: 与“小信号调制效率”同义。

注 3: 微分输出功率量子效率  $= \eta_d q / h\nu$ 。 $q$  —— 电子电荷; $\nu$  —— 光频率; $h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ Js}$  (普朗克常数)。

## 3.4.4

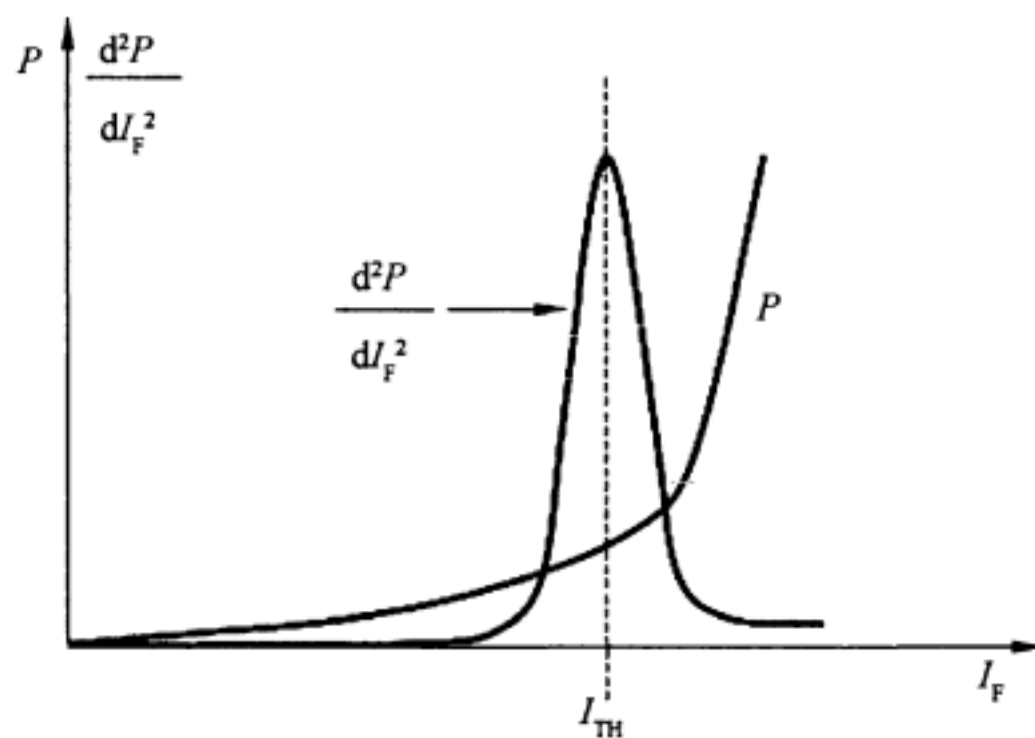
阈值电流(半导体激光器) threshold current (of a semiconductor laser)

 $I_{TH}$ 

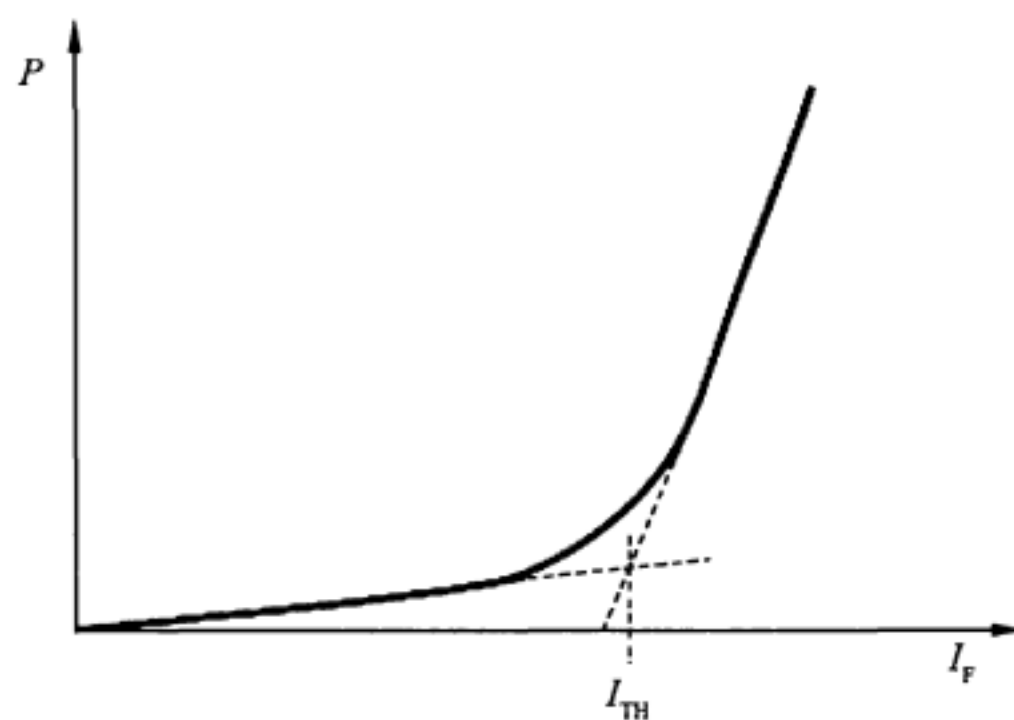
阈值电流可由以下两种方法得出:

a) 微分阈值电流  $I_{TH(D)}$ 输出功率  $P$  对  $I_F$  二次导数曲线上的第一个极大值处所对应的正向电流  $I_F$  值[见图 3a)]。

b) 外推阈值电流

受激辐射和自发辐射两段曲线的切线交叉点对应的正向电流  $I_F$  值[见图 3b)]。

a) 激光二极管微分阈值电流



b) 激光二极管外推阈值电流

图 3 激光二极管的阈值电流

3.4.5

噪声特性(半导体激光器) noise characteristics (of a semiconductor laser)

3.4.5.1

相对强度噪声 relative intensity noise

RIN

(见 ISO 11554)

3.4.5.2

载噪比 carrier-to-noise ratio

$C/N$

下列二者的商:

——规定频率下均方辐射功率,除以

——以载波频率为中心,归一化到单位带宽的均方辐射功率波动。

3.4.6

小信号截止频率 small signal cut-off frequency

$f_c$

(见 ISO 11554)

3.4.7

激光束的光学特性 optical characteristics of the laser beam

(见 ISO 11146-1, ISO 11146-2, ISO 11146-3, ISO 11670, ISO 13694 和 ISO 13695)

3.4.7.1

空间分布 spatial profile

(见 ISO 11146-1, ISO 11146-2, ISO 11146-3, ISO 11670 和 ISO 13694)

3.4.7.2

光谱特性 spectral characteristics

(见 ISO 13695)

3.4.8

半强度角 half-intensity angle

$\theta_{1/2}$

在辐射图中,辐射强度大于或等于最大强度一半所对应的角度。

3.4.9

$1/e^2$  强度角  $1/e^2$ -intensity angle

$\theta_{1/e^2}$

在辐射图中,辐射强度大于或等于最大强度的  $1/e^2$  所对应的角度。

3.4.10

半强度宽度 half-intensity width

$D_{1/2}$

在沿着光束传播方向指定位置  $z$  处,功率密度大于或等于光束最大功率密度一半时所对应的光束全宽宽度。

3.4.11

$1/e^2$  强度宽度  $1/e^2$ -intensity width

$D_{1/e^2}$

在沿着光束传播方向指定位置  $z$  处,功率密度大于或等于光束最大功率密度的  $1/e^2$  时所对应的光束全宽宽度。

## 4 基本额定值和特性

注：基本额定值和特性的术语和条件的定义见 IEC 60747-1。

### 4.1 类型

环境额定或管壳额定半导体激光器。

### 4.2 半导体

#### 4.2.1 材料

镓铝砷、铟镓砷磷、铟镓铝磷、铟镓铝氮等材料。

#### 4.2.2 结构

##### 4.2.2.1 外延结构

(单或多)量子阱、量子点、面发射等结构。

##### 4.2.2.2 侧面结构

增益导引、折射率导引、分布反馈、宽面、相耦合阵列等结构。

### 4.3 外形与封装细节

- a) 引用的 IEC 和/或国家标准外形代号；
- b) 封装形式：玻璃/金属/塑料/其他；
- c) 引出端标识和任何引出端与管壳之间的电连接的标识；
- d) 光学端口的特性：相对于机械轴的方向以及位置、区域和数值孔径。

注：数值孔径宜取决于实际应用。

### 4.4 极限值(绝对最大额定值)

除另有规定外,适用整个工作温度范围。

#### 4.4.1 最低和最高贮存温度( $T_{stg}$ )

无。

#### 4.4.2 最低和最高工作温度

——环境或管壳温度( $T_{amb}$  或  $T_{case}$ )；

——适用时,热沉温度( $T_{sub}$ )。

#### 4.4.3 最高焊接温度(规定的焊接时间以及到管壳的最短距离)( $T_{sld}$ )

无。

#### 4.4.4 最大反向电压( $V_{RM}$ )

无。



4.4.5 环境或管壳温度为 25 ℃ 时,下面的一个或多个参数及其与温度相关的降额曲线或降额系数

- 最大直流正向电流( $I_{FM}$ );
- 最大连续输出功率( $P_M$ );
- 在规定频率和脉冲持续时间下的最大脉冲正向电流( $I_{FM}$ );
- 在规定频率和脉冲持续时间下的最大脉冲输出功率( $P_M$ )。

4.5 光电特性

光电特性参见表 1。规定输出功率时应指明器件是以连续方式或脉冲方式工作。 $\Delta I_F$  指超过被测器件阈值电流  $I_{TH}$  的正向电流值。

表 1 光电特性

序号	特性	条件 除另有规定外, $T_{amb}$ 或 $T_c=25\text{ }^{\circ}\text{C}$	符号	说明		
				要求	可选 <sup>c</sup>	要求值
4.5.1	正向电压	规定 $I_F$ 或 $P$	$V_F$	×		最大
4.5.2	阈值电流		$I_{TH}$	×		最小和最大
4.5.3	阈值输出功率	规定 $I_{TH}$	$P_{TH}$	×		最大
4.5.4	超阈值正向电流	规定 $P$	$\Delta I_F$	×		最大
4.5.5	超阈值正向电流	规定 $P$ , $T=T_{amb}$ 最大值或 $T_{case}$ 最大值	$\Delta I_F$	×		最大
4.5.6	微分效率	规定 $P$ 或 $\Delta I_F$	$\eta_d$	×		最小和最大
4.5.7	峰值发射波长	规定 $\Delta I_F$ 或 $P$	$\lambda_P$	×		最小和最大
4.5.8	中心波长	规定 $\Delta I_F$ 或 $P$	$\lambda_C$	×		最小和最大
4.5.9	光谱带宽	规定 $\Delta I_F$ 或 $P$	$\Delta\lambda$	×		最小和最大
4.5.10	或:RMS 光谱带宽	规定 $\Delta I_F$ 或 $P$	$\Delta\lambda_{rms}$	×		最小和最大
4.5.11	或:规定光谱 带宽内的纵模 数和波长域内 模间隔	规定 $\Delta I_F$ 或 $P$	$n_m$	×		最小和最大
			$s_m$	×		最小和最大
4.5.12	边模抑制比	规定 $\Delta I_F$ 或 $P$	SMSR		×	最小
4.5.13	束散角 <sup>d,e</sup> 或者	规定 $\Delta I_F$ 或 $P$	$\theta_o$		×	最小
4.5.14	两个指定面半 强度角 <sup>d</sup>	规定 $\Delta I_F$ 或 $P$	$\theta_{1/2}(1)^a$ $\theta_{1/2}(2)^b$		×	最大
4.5.15	两个指定面 $1/e^2$ 强度角 <sup>e</sup>	规定 $\Delta I_F$ 或 $P$	$\theta_{1/e^2}(1)^a$ $\theta_{1/e^2}(2)^b$		×	最大
4.5.16	偏移角	规定 $\Delta I_F$ 或 $P$	$\Delta\theta$		×	最大

表 1 (续)

序号	特性	条件 除另有规定外, $T_{amb}$ 或 $T_c=25\text{ }^{\circ}\text{C}$	符号	说明		
				要求	可选 <sup>c</sup>	要求值
4.5.17	激光二极管腔面半强度宽度	规定 $\Delta I_F$ 或 $P$ , 规定参考轴	$D_{1/2}(x)^a$ $D_{1/2}(y)^b$		×	最小和最大
4.5.18	或者激光二极管腔面的 $1/e^2$ 强度宽度	规定 $\Delta I_F$ 或 $P$ , 规定参考轴	$D_{1/e^2}(x)^a$ $D_{1/e^2}(y)^b$		×	最小和最大
4.5.19	像散差 <sup>f</sup>	规定 $\Delta I_F$ 或 $P$ , 规定参考轴	$dA$		×	最大
4.5.20	开关时间 上升时间和 下降时间 或:开通时间 和关断时间	规定偏置条件 ( $\Delta I_F$ 或 $P$ )	$t_r, t_f$		×	最大
4.5.21		规定输入脉冲电流, 宽度和负载	$t_{on}, t_{off}$		×	最大
4.5.22	小信号截止频率	规定 $\Delta I_F$ 或 $P$	$f_c$		×	最小
4.5.23	相对噪声强度	规定 $P, f_o, \Delta f_N$	RIN		×	最大
4.5.24	载噪比	规定 $P, f_o, \Delta f_N$ , $f_m, m$	$C/N$		×	最大
4.5.25	总电容	规定 $\Delta I_F$ 或 $P$ 或 $V_R$ 规定频率	$C_{tot}$		×	最大
4.5.26	总电感	规定 $\Delta I_F$ 或 $P$ 或 $V_R$ 规定频率	$L_{tot}$		×	最大
4.5.27	$S_{11}$ 参数	规定 $\Delta I_F$ 或 $P$ 规定频率	$S_{11}$		×	最大
<p><sup>a</sup> 与参考面平行。</p> <p><sup>b</sup> 与参考面垂直。</p> <p><sup>c</sup> 可选项根据实际应用规定。</p> <p><sup>d</sup> 根据 ISO 11145 只能使用束散角。目前,数据表中既可以使用束散角,也可以使用半强度角。制造商和用户应根据应用决定使用哪一个参数。</p> <p><sup>e</sup> 应注意区分束散角与半强度角,因为它们定义的是完全不同的概念。</p> <p><sup>f</sup> 像散差应根据 ISO 11146 确定。</p>						

4.6 补充资料——温度对波长的影响

无。

5 测试方法

5.1 功率测试

(见 ISO 11554)

注：功率测试准备符合 ISO 11554 中 6.1.1 或 6.1.2 的适用部分。

5.2 输出功率稳定性

5.2.1 相对强度噪声

(见 ISO 11554)

5.2.2 载噪比

a) 目的

在规定调制条件,规定输出功率(CW)下,测量半导体激光器的载噪比(C/N)。

b) 电路图

见图 4。

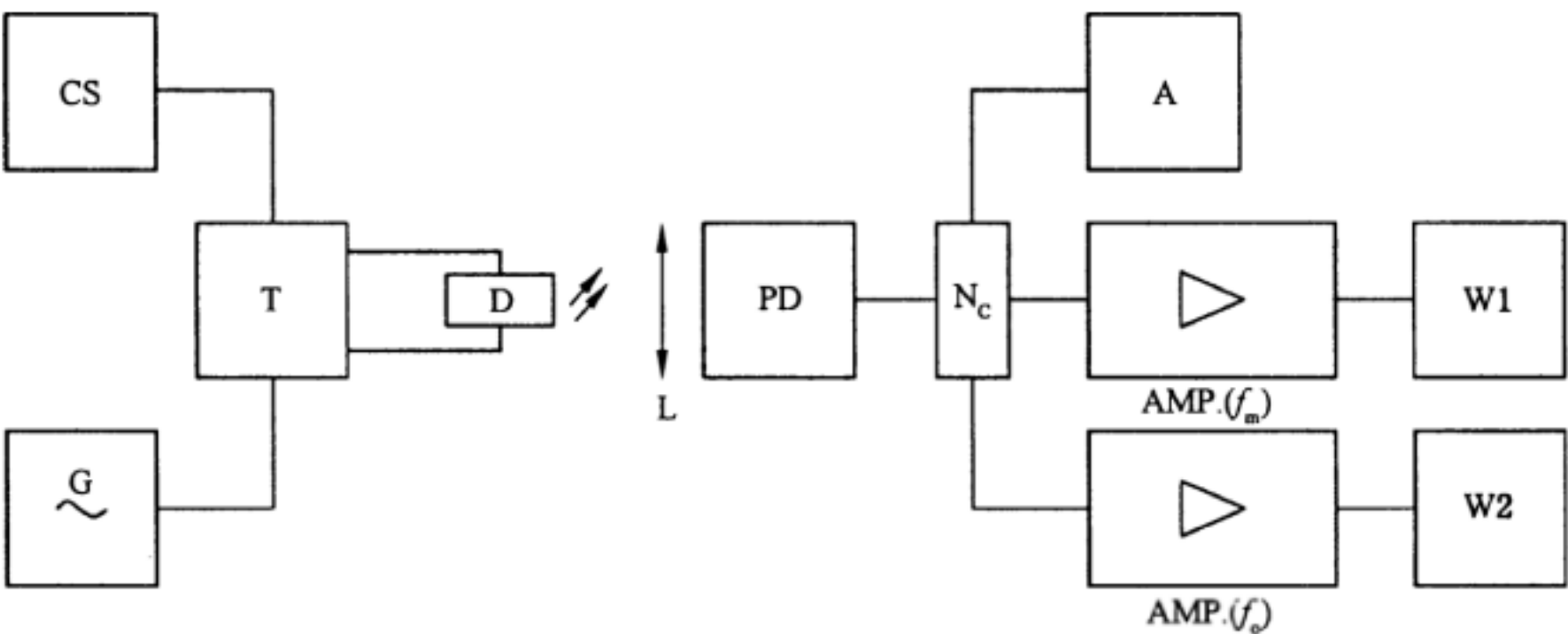


图 4 基本电路图

c) 电路说明

- CS —— 直流电流源；
- D —— 被测器件；
- G —— 交流信号发生器；
- T —— 偏置 T 或无源偏置电路；
- L —— 聚焦透镜系统；
- PD —— 光电探测器；
- A —— 电流测量仪；
- AMP.( $f_m$ ) —— 工作频率  $f_m$  的放大器；
- W1 —— 功率计；
- AMP.( $f_o$ ) —— 工作频率  $f_o$  的放大器和滤波器；
- W2 —— 功率计；
- $N_c$  —— 阻抗匹配和分信号网络。

d) 注意事项

在规定的波长范围内,“光电探测器+电流表”应作为一个输出功率计单元进行校准。

聚焦系统设计应考虑：

- 避免辐射被反射回激光二极管或激光模块；
- 使被测器件的光学端口聚集在光电探测器的光学端口上。

#### e) 测试步骤

给被测器件 D 施加规定的电源和驱动条件。首先测量和记录由光电探测器(规定功率  $P$  下)接收光辐射所产生的光电流  $I_{ph}$ 。通过偏置电路将射频调制施加到被测器件上：正弦波频率  $f_m$ 、调制深度  $m$ 。用功率计 W1 测量在频率  $f_m$  时的电功率  $P_1$ 。电功率  $P_1$  与调制输出功率平方有如下关系：

$$(\Delta\phi_m)^2 = \frac{P_1}{S^2 \times R_c}$$

式中

$S$  ——光电探测器 PD 的响应度；

$R_c$  ——PD[AMP( $f_m$ )输入端]的负载电阻。

用功率表 W2 测量在频带  $\Delta f$  内的频率  $f_0$  处的噪声电功率  $N_{tot}$ ，(理论上  $f_0$  应尽可能接近  $f_m$ )。这是光电流  $I_{ph}$  有关的纯散粒噪声和由辐射源强度波动引起的过量噪声综合的结果。纯散粒噪声必须在相同照度条件下(相同  $I_{ph}$ )使用一个“宽光谱”射线源测量。对应于纯散粒噪声等效输出功率波动( $N_s$ )电噪声功率可以用 W2 测量：

$$\left(\frac{C}{B}\right)_{lin} = \frac{(\Delta\phi_m)}{\langle\Delta\phi_e^2\rangle} = \frac{P_1}{(N_{tot} - N_s)} \times (\Delta f)$$

或

$$\left(\frac{C}{N}\right) = 10 \log_{10} \left(\frac{C}{N}\right)_{lin}$$

式中

$C$  ——载波功率；

$B$  ——噪声带宽；

$\Delta\phi_e^2$  ——均方输入噪声功率；

$\Delta f$  ——噪声带宽；

$N$  ——噪声功率。

#### f) 规定条件

- 环境温度，管壳或热沉温度；
- 测量偏置条件( $P, I_F$  或  $\Delta I_F$ )；
- 频率和带宽( $f_0, \Delta f$ )；
- 驱动频率( $f_m$ )；
- 调制深度( $m$ )。

### 5.2.3 输出功率稳定度

(见 ISO 11554)

### 5.2.4 输出能量稳定度

(见 ISO 11554)

### 5.2.5 瞬时脉冲波形

(见 ISO 11554)

## 5.3 时域分布

## 5.3.1 开关时间

## 5.3.1.1 上升时间和下降时间

(见 ISO 11554)

注：当前版本的 ISO 11554 没有关于下降时间测量方法的描述。在包含其测量方法的完整版 ISO 11554 颁布之前，暂时参考 5.3.1.2 的描述。

## 5.3.1.2 开通延迟时间和关断延迟时间

## a) 目的

在规定条件下测量半导体激光器的开通时间  $t_{on}$  (开通延迟时间  $t_{d(on)}$  + 上升时间  $t_r$ ) 和关断时间  $t_{off}$  (关断延迟时间  $t_{d(off)}$  + 下降时间  $t_f$ )。

## b) 电路图

见图 5。

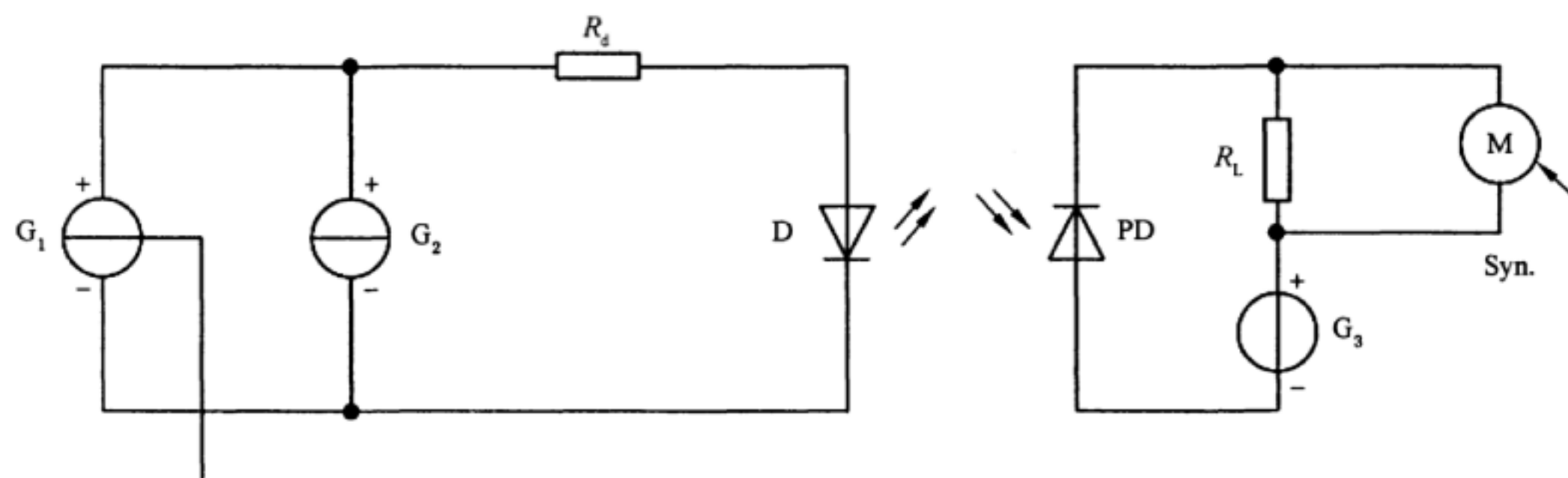


图 5 基本电路图

## c) 电路说明

- $G_1$  ——高阻抗脉冲信号发生器；
- $G_2$  ——直流电流偏置源；
- $G_3$  ——直流电压偏置源；
- $R_d$  ——阻抗匹配的电阻；
- D ——被测器件；
- PD ——光电二极管；
- $R_L$  ——负载电阻；
- M ——测量仪器；
- Syn. ——同步信号。

## d) 注意事项

光电二极管的开关时间、电路和测试设备的延迟时间、输入电流脉冲的上升和下降时间应该足够短，以不至于影响测量精度。例如：包含电路的光电二极管上限截止频率  $f_D$  (灵敏度下降 6 dB)，应该至少是激光脉冲上升时间  $t_r$  倒数值值的 3 倍。

$$f_D \geq 3 \frac{1}{t_r}$$

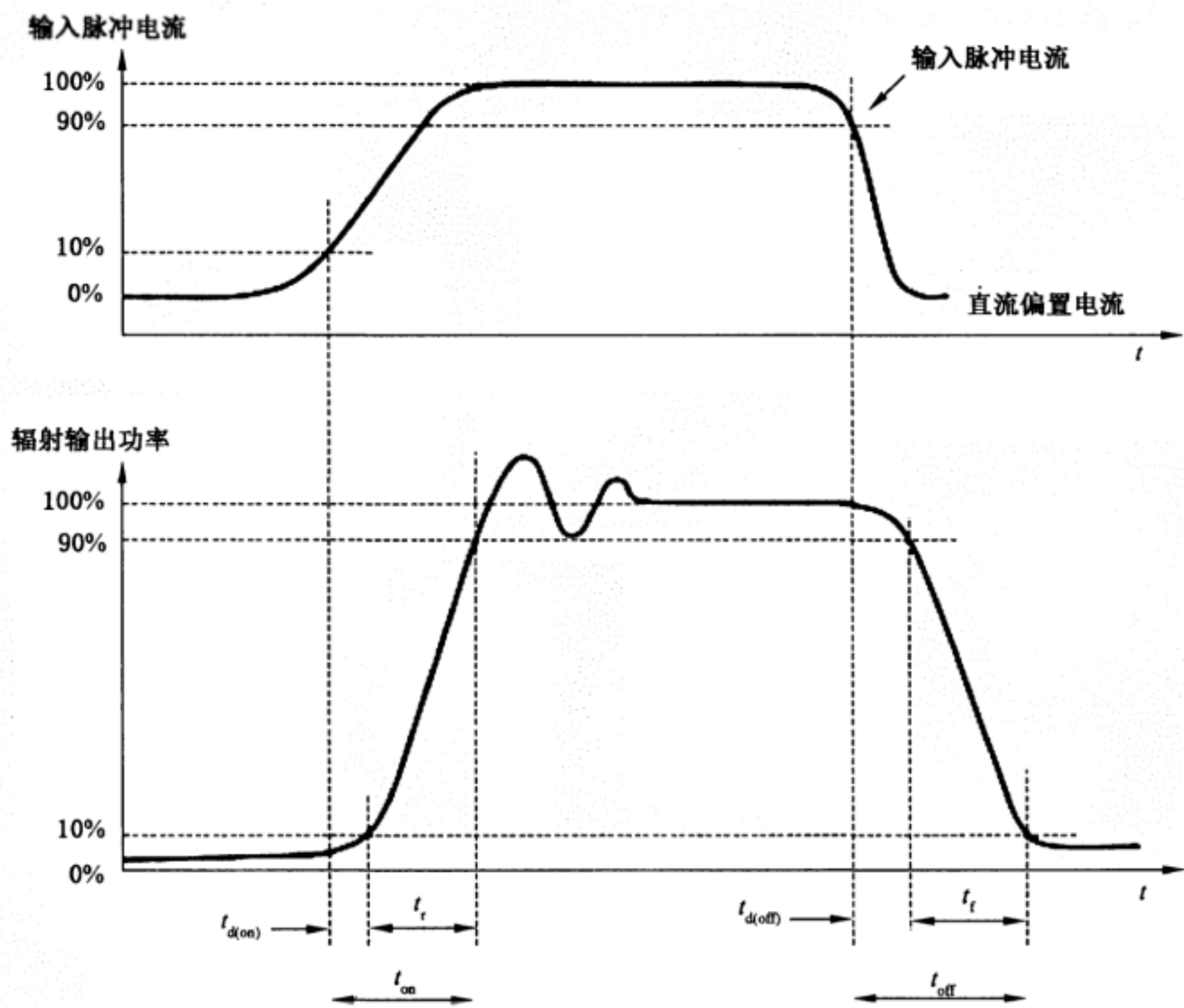
下限截止频率应该为零。



在光脉冲顶部获得的平均输出功率(见图 6)不一定等于直流偏置和输入脉冲电流总和的连续波输出功率。  
仅需考虑被测器件的光学端口。

e) 测试步骤

给被测器件施加规定的直流和脉冲电流。  
使用测量仪器 M 测量开关时间。  
100%输出功率电平是辐射脉冲顶部获得的平均输出功率。0 电平是在直流偏置电流下获得的输出功率。



说明:

- |                        |                         |
|------------------------|-------------------------|
| $t_{d(on)}$ —— 开通延迟时间; | $t_{d(off)}$ —— 关断延迟时间; |
| $t_r$ —— 上升时间;         | $t_f$ —— 下降时间;          |
| $t_{on}$ —— 开通时间;      | $t_{off}$ —— 关断时间。      |

图 6 典型脉冲响应图

f) 规定条件

- 环境或管壳温度;
- 直流偏置电流;
- 输入脉冲电流、宽度和占空比;
- 光学端口;
- 光学结构。

5.3.2 小信号截止频率( $f_c$ )

(见 ISO 11554)

注: 当前版本的 ISO 11554 没有关于截止频率测量方法的描述。在包含其测量方法的完整版 ISO 11554 发布之前,

暂时参考以下的描述。

a) 目的

在规定条件下测量半导体激光器的小信号截止频率( $f_c$ )。

b) 电路图

见图 7。

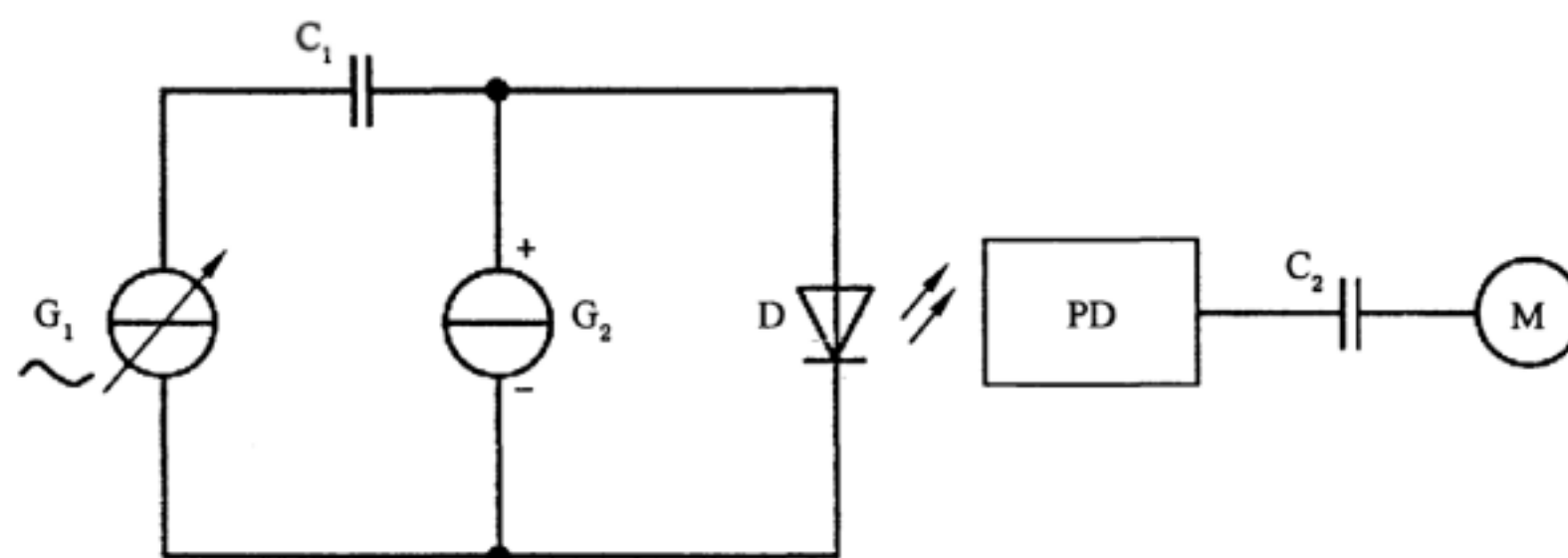


图 7 基本电路图

c) 电路说明及要求

D —— 被测器件；

$G_1$  —— 频率可调交流信号发生器；

$G_2$  —— 直流电源；

PD —— 光电探测器；

M —— 交流输出功率测量仪；

$C_1, C_2$  —— 耦合电容。

d) 注意事项

为避免失真影响测量的准确性,应当尽量减小反射回激光二极管的输出功率。光电探测器的频率响应必须大于  $f_c$ 。

e) 测试步骤

调节正向电流,使连续的正向电流在阈值或额定输出功率之上。

在低频(小于  $f_c/100$ )时,用频率可调交流信号发生器  $G_1$  调制正向电流,用测量仪 M 测量交流输出功率。

增大调制频率,保持调制电平不变使得测量仪 M 指示的输出功率达到低频值的一半。此时频率即为小信号截止频率( $f_c$ )。

## 5.4 寿命

(见 ISO 17526)

注:参考 IEC 61751。

## 5.5 激光束的光学特性

(见 ISO 11146-1, ISO 11146-2, ISO 11146-3, ISO 12005 和 ISO 13695)

### 5.5.1 空间分布

(见 ISO 11146-1, ISO 11146-2 和 ISO 11146-3)

### 5.5.2 光谱特性

(见 ISO 13695)

5.5.3 偏振

(见 ISO 12005)

5.5.4 半强度角  $\theta_{1/2}$  和  $1/e^2$  强度角  $\theta_{1/e^2}$

a) 目的

在规定条件下测量半导体激光器的半强度角和  $1/e^2$  强度角。

注：半导体激光器的半强度角  $\theta_{1/2}$  或  $1/e^2$  强度角  $\theta_{1/e^2}$  是辐射强度大于或等于最大强度一半或  $1/e^2$  时的角度。角  $\theta_{1/2}$  在根据  $\phi$  依次确定指定平面后确定，如图 8 所示。角  $\phi$  确定了器件 D 在机械参考面上的方向，如图 9 所示。

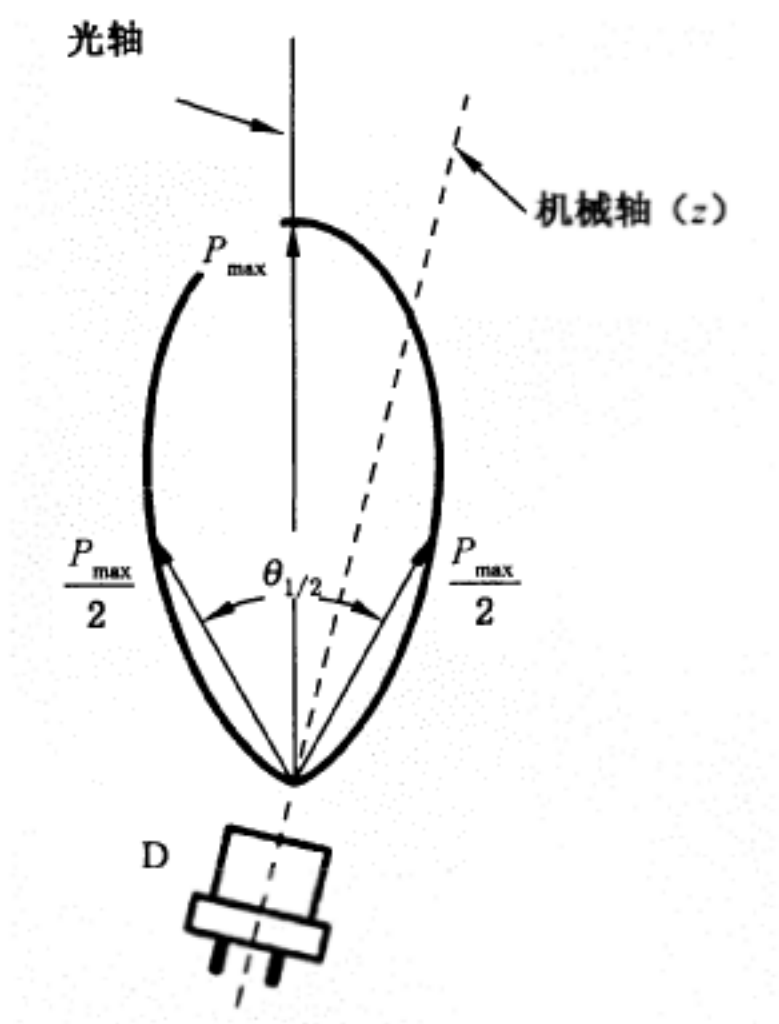
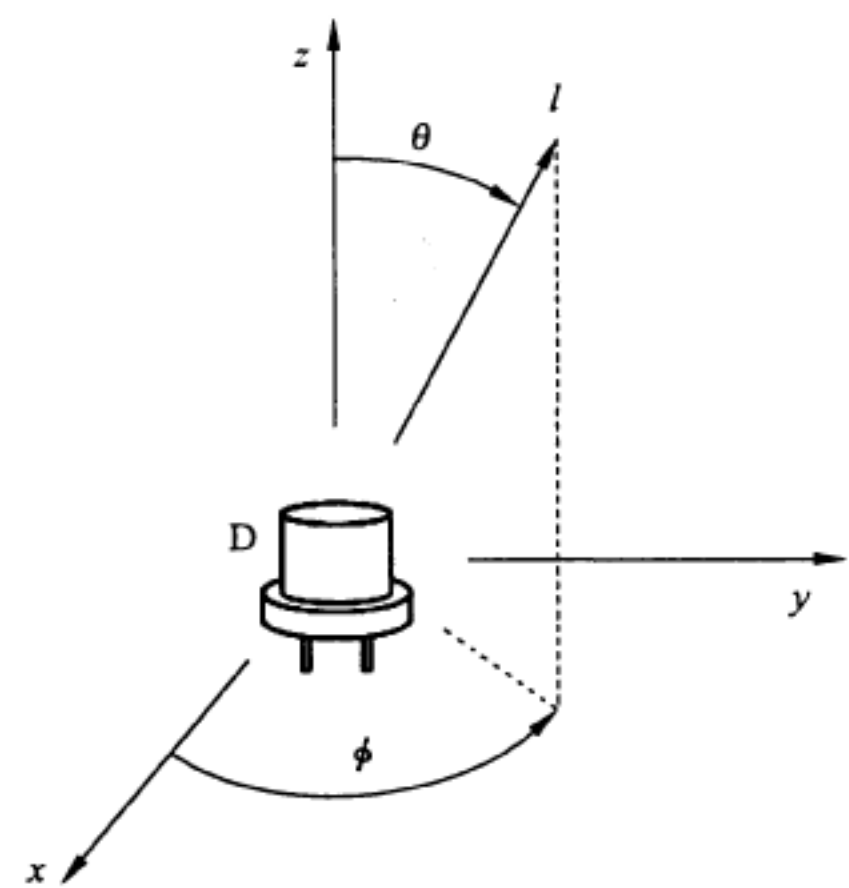


图 8 半强度角



$x$  轴和  $y$  轴确定了被测器件 D 的机械参考面，例如：安装角度。角  $\phi$  确定了器件 D 在机械参考面上的方向。

图 9 指定平面和机械参考面的关系

b) 装置图

轴线的基本布局 and 定义如图 10 所示。

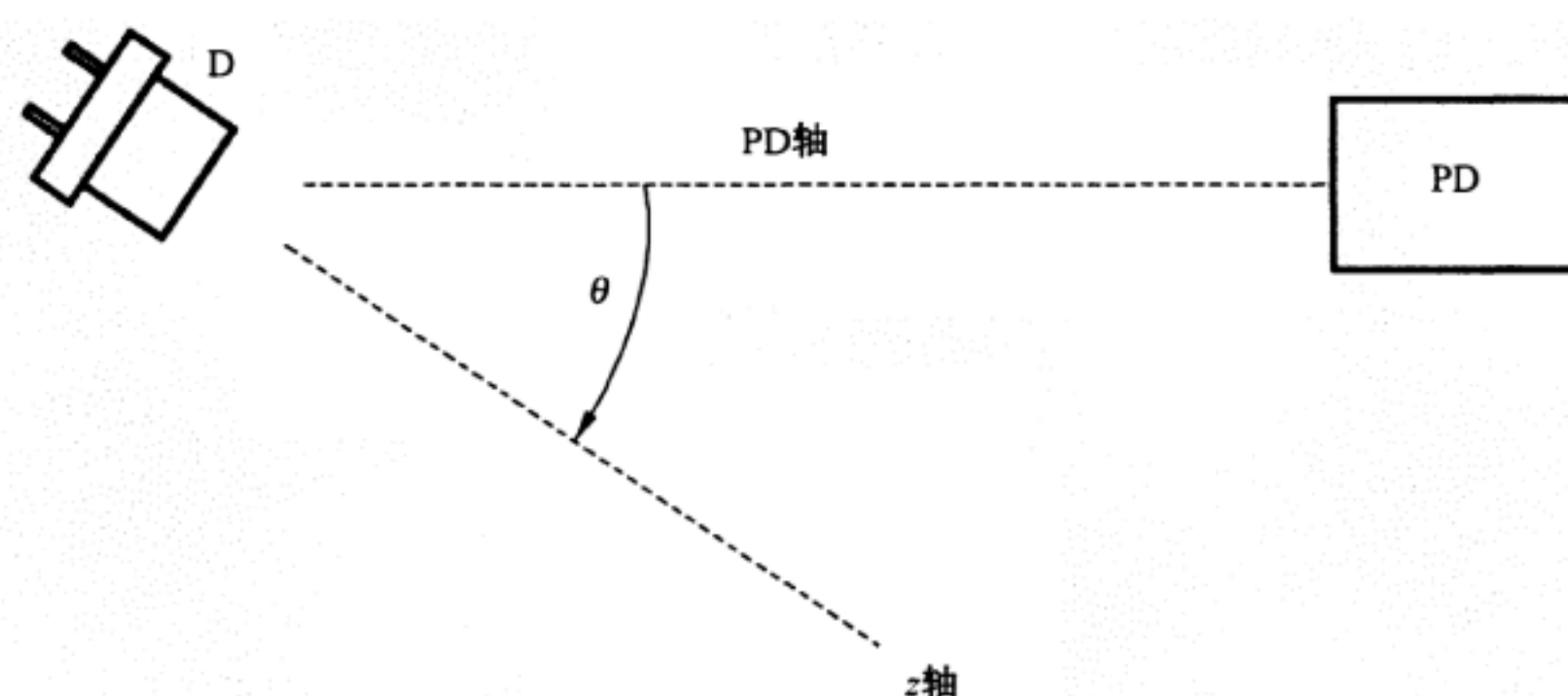


图 10 基本测量装置图

## c) 测量说明及要求

- D —— 被测器件；  
 PD —— 光电探测器；  
 $z$  轴 —— 被测器件已确定的机械轴；  
 PD 轴 —— 光探测器的轴线；  
 $\theta$  ——  $z$  轴和 PD 轴间的夹角。

注：由被测器件和光电二极管孔径确定的立体角应该很小。如果立体角减半而测量结果没有明显变化，则表示立体角很小。

被测器件 D 应该安装在如下要求的装置中：

- 器件 D 位置精确、可重复定位；
- 改变角  $\theta$ ，能保持器件 D 光学端口中心不变；
- 夹角  $\theta$  可测量；
- 器件 D 可绕  $z$  轴旋转；
- 对于  $x$  轴旋转角度可测量。

## d) 测试步骤

给被测器件 D 施加规定的电流。

将器件 D 的机械轴与光电探测器接收光轴对齐，即  $\theta=0$ ，然后测量光电探测器上的信号值。此值设置为  $P_0$ 。

将器件 D 倾斜，绘出相对强度  $P/P_0$  与  $\theta$  的关系图。

优先选择极坐标图。当空白详细规范规定时，也可使用其他形式的坐标，如笛卡尔坐标。

半强度角  $\theta_{1/2}$  是  $P = P_{\max}/2$  两点之间的夹角。

$1/e^2$  强度角  $\theta_{1/e^2}$  是  $P = P_{\max}/e^2$  两点之间的夹角。

## e) 规定条件

- 环境温度，管壳或热沉温度；
- 测量偏置条件 ( $P, I_F$  或  $\Delta I_F$ )；
- 机械参考面；
- 角  $\phi$ 。

5.5.5 半强度宽度  $D_{1/2}$  和  $1/e^2$  强度宽度  $D_{1/e^2}$ 

## a) 目的

在相应定义的轴上，测量激光二极管腔面 ( $z=0$ ) 半强度宽度和  $1/e^2$  强度宽度。

## b) 测量装置

测量装置见图 11。

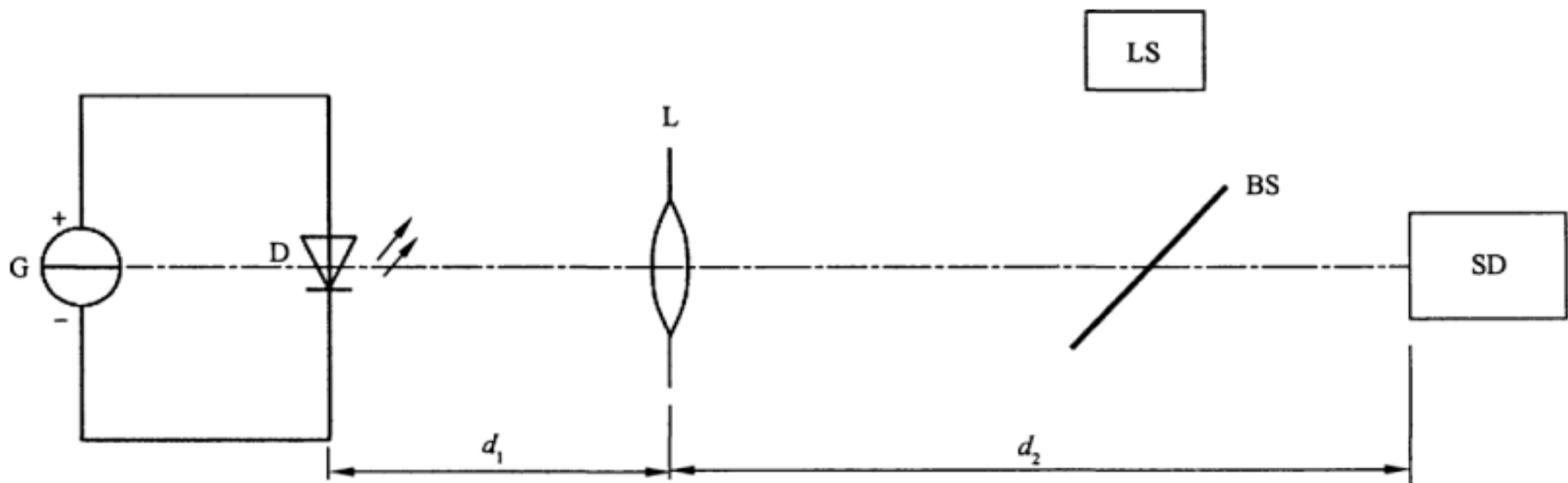


图 11  $D_{1/2}$  和  $D_{1/e^2}$  的测量装置

c) 装置说明及要求

- G —— 电流源；
- D —— 被测器件；
- L —— 透镜系统；
- SD —— 有狭缝的扫描光电探测器；
- LS —— 有滤波器的光源或发射波长接近被测器件的 LED；
- BS —— 分束器。

$d_2 \gg d_1$ 。

d) 注意事项

在光源 LS 和器件 D 的波长范围内，透镜系统 L 应该充分地消除色差。

e) 测量步骤

打开光源 LS，调节透镜系统 L，在探测器 SD 上获得器件 D 前腔面聚焦图像。读出距离  $d_1$  和  $d_2$ 。

对被测器件 D 施加规定的直流电流或与指定辐射功率  $\phi_e$  对应的直流电流。

光电探测器 SD 的扫描方向与聚焦图像的主轴和次轴对齐。

光电探测器 SD 沿着主轴和次轴扫描。发射源的半强度宽度和  $1/e^2$  强度宽度分别由沿主次轴半强度点 (3 dB) 和  $1/e^2$  功率点之间距离乘以  $d_1/d_2$  得到。

f) 规定条件

- 环境，管壳或热沉温度；
- 正向电流或辐射功率；
- 参考轴 (主次轴)；
- 需要时，沿着光束传播方向的位置  $z$ 。

注：除另有规定外，指定位置  $z$  位于激光二极管的腔面上。



## 附录 A

(资料性附录)

## 空间分布和光谱特性相关术语及定义参照表

表 A.1 空间分布和光谱特性相关术语及定义参照表

	ISO 11145	ISO 11146-1	ISO 11146-2	ISO 11670	ISO 12005	ISO 13694	ISO 13695	ISO 15367-1	IEC 60747-5-4
光学端口									3.3.2
光束轴	3.1			4.1、4.2					
光束横截面积	3.2								
光束直径	3.3	3.8	3.1						
光束半径	3.4								
光束宽度	3.5	3.5	3.14						
光束参数积	3.6								
光束传输比	3.7	3.16	3.9						
光束位置	3.8								
光束位置稳定度	3.9			3.6					
角向移动				3.1					
光束指向稳定性				3.2					
轴线				3.3					
横向位移				3.4					
光束位置移动				3.5					
光束相对指向稳定性				3.7					
光束相对位置稳定性				3.8					
光束稳定性参数积				3.9					
光束冷启动时的位置改变				3.10					
短期稳定性				3.11					
中期稳定性				3.12					
长期稳定性				3.13					
束腰	3.10								
束腰直径	3.11	3.14							

表 A.1 (续)

	ISO 11145	ISO 11146-1	ISO 11146-2	ISO 11670	ISO 12005	ISO 13694	ISO 13695	ISO 15367-1	IEC 60747-5-4
束腰半径	3.12								
束腰宽度	3.13	3.13							
相干性	3.15								
相干长度	3.16								
相干时间	3.17								
装置效率	3.18								
束散角	3.19	3.15							
有效 $f$ 数	3.20								
平均能量密度	3.21								
脉冲能量	3.22					3.1.3			
能量密度	3.23					3.1.4			
远场	3.24								
激光器	3.25								
连续激光器	3.26								
脉冲激光器	3.27								
激光组件	3.28								
激光光束	3.29								
激光装置	3.30								
激光器效率	3.31								
激光辐射	3.32								
激光设备	3.33								
寿命	3.34								
纵模	3.35								
横模	3.36								
偏振	3.37				×				
圆偏振	3.38				×				
椭圆偏振	3.39				×				
线偏振	3.40				×				
线偏振度	3.41				×				
部分偏振	3.42				×				
随机偏振辐射	3.43				×				
平均功率密度	3.44								

表 A.1 (续)

	ISO 11145	ISO 11146-1	ISO 11146-2	ISO 11670	ISO 12005	ISO 13694	ISO 13695	ISO 15367-1	IEC 60747-5-4
连续功率	3.45								
功率密度	3.46					3.1.1			
脉冲功率	3.47								
平均功率	3.48								
峰值功率	3.49								
脉冲持续时间	3.50								
10%脉冲持续时间	3.51								
脉冲重复频率	3.52								
量子效率	3.54								
瑞利长度	3.55		3.3						
谱宽度	3.56						3.11		
稳定腔	3.57								
非稳腔	3.58								
测量平面								3.1.4	
机械轴								3.1.5	
波阵面形状 /表面的主 轴								3.1.6	
功率密度 分布		3.1~3.4						3.2	
功率密度分 布主轴		3.3	3.12						
功率密度分 布方向		3.4	3.13						
(波前)方 位角		3.4		4.2.4				3.1.8	
功率密度分 布椭圆度		3.6							
圆功率密度 分布		3.7							
束腰位置		3.12	3.2						
半强度角									3.4.8
角向移动	待补充								
扭曲参数			3.11						
无像散		3.9							
像散		3.10、3.11						3.3.1	

表 A.1 (续)

	ISO 11145	ISO 11146-1	ISO 11146-2	ISO 11670	ISO 12005	ISO 13694	ISO 13695	ISO 15367-1	IEC 60747-5-4
简单像散		3.10						3.3.2	
广义像散		3.11						3.3.3	
本征像散			3.10						
像散束腰 分离								3.3.4	
像散波前 曲率								3.3.5	
像散差		待补充							
偏振	3.37				3				
峰值发射 波长							3.5		
光谱辐射 带宽							3.11		
光谱线宽							3.12		
纵模数	3.35						3.14		
模间隔							3.13		
中心波长							3.7		
RMS 带宽							3.9、3.10		
边模抑制比							3.17		
波长温度 系数							3.17		

附 录 B

(资料性附录)

空间分布和光谱特性相关测试方法参照表

表 B.1 空间分布和光谱特性相关测试方法参照表

	ISO 11146-1	ISO 11146-2	ISO 11670	ISO 12005	ISO 15367-1	ISO 13695	ISO 60747-5-4
光束直径	7						
光束宽度	7						
光束传输比	9	8					
光束位置稳定性			7.2、8.1				
光束指向稳定性			7.3、8.2				
束腰直径	9						
束腰宽度	9						
光束束散角 <sup>a</sup>	8						
瑞利长度	9						
光谱宽度						6	
波前方位角	7、9		8.1		6.2.2		
束腰位置	9						
半强度角 <sup>a</sup>							5.5.4
角向移动 <sup>b</sup>							
扭曲参数		10					
本征像散		9					
像散波前曲率					6.2.4		
像散差	待完成						
偏振				4			
峰值发射波长						3.7、6	
光谱辐射宽度						3.11、6	
光谱线宽						3.12	
纵模						3.14、6	
模间隔						3.13	
中心波长						3.7	
RMS 带宽						3.9、3.10、6	
边模抑制比						3.15	
波长温度系数						3.17	
<sup>a</sup> 根据 ISO 11145,仅束散角可以使用。目前,数据表中发射角和半强度角均可以使用。制造商和用户应根据实际应用确定使用哪个参数。 <sup>b</sup> 将补充到 ISO 11145 中。							



附 录 C  
(资料性附录)

功率测试和寿命相关术语、定义及测试方法参照表

表 C.1 功率测试和寿命的相关术语、定义及测试方法参照表

	ISO 11145	ISO 11554	ISO 17526	IEC 60747-5-4
阈值电流				3.4.4
微分输出功率效率				3.4.3
上升时间		4、7.6、8.6		
下降时间		待完成		
开通延迟时间				3.4.1.3、5.3.1.2
关断延迟时间				3.4.1.5、5.3.1.2
相对强度噪声(RIN)		3.1、6.1.3		
载噪比(C/N)				5.2.2
小信号截止频率				(5.3.2) <sup>a</sup>
功率测量		6.1.1、6.1.2, 7.2、8.2		
输出功率稳定性		8.3、8.5		
输出能量稳定性		8.3、8.5		
瞬时脉冲波形		8.6		
寿命 <sup>b</sup>	3.34		×	
<sup>a</sup> ISO 11554 中将包括此内容。 <sup>b</sup> 如果器件应用到光纤,则参考 IEC 61751。				

### 参 考 文 献

- [1] GB/T 2421.1 电工电子产品环境试验 概述和指南
  - [2] GB/T 2900.65 电工术语 照明
  - [3] GB/T 7247.1 激光产品的安全 第1部分:设备分类、要求
  - [4] GB/T 7354 局部放电测量
  - [5] GB 8898 音频、视频及类似电子设备 安全要求
  - [6] GB/T 14733.12 电信术语 光纤通信
  - [7] GB/T 15651 半导体器件 分立器件和集成电路 第5部分:光电子器件
  - [8] GB/T 16935.1 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分:原理、要求和试验
  - [9] GB/T 17573 半导体器件 分立器件和集成电路 第1部分:总则
  - [10] IEC 60306-1 Measurement of photosensitive devices—Part 1: Basic recommendations
  - [11] IEC 60695-2-2 Fire hazard testing—Part 2: Test methods—Section 2: Needle-flame test
  - [12] IEC 60749 Semiconductor devices—Mechanical and climatic test methods
  - [13] IEC 61751 Laser modules used for telecommunication—Reliability assessment
  - [14] ISO 15367-1 Lasers and laser-related equipment—Test methods for determination of the shape of a laser beam wavefront—Part 1: Terminology and fundamental aspects
-



中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
半导体器件 分立器件  
第 5-4 部分:光电子器件  
半导体激光器

GB/T 15651.4—2017/IEC 60747-5-4:2006

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)  
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

\*

开本 880×1230 1/16 印张 2 字数 52 千字  
2017 年 6 月第一版 2017 年 6 月第一次印刷

\*

书号: 155066 • 1-55818 定价 30.00 元



GB/T 15651.4-2017