



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 21548—2021  
代替 GB/T 21548—2008

---

## 光通信用高速直接调制半导体激光器的 测量方法

Methods of measurement of the high speed semiconductor  
lasers directly modulated for optical fiber communication systems

2021-04-30 发布

2021-08-01 实施

---

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 ..... I

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 缩略语 ..... 4

5 测量方法 ..... 5

附录 A（资料性附录） 半导体激光器组件结构 ..... 11

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 21548—2008《光通信用高速直接调制半导体激光器的测量方法》，本标准与 GB/T 21548—2008 相比，主要技术变化如下：

- 修改了范围描述(见第 1 章, 2008 年版的第 1 章)；
- 删除了 GB/T 17626 系列标准、YD/T 701—1993、YD/T 1111.2—2001、YD/T 767—1995 和 IEC 62007-2 的引用, 增加引用了 GB/T 15651—1995 和 GB/T 31359—2015(见第 2 章, 2008 年版的第 2 章)；
- 删除了峰值波长和中心波长、阈值电流、光功率-驱动电流线性度、分布反馈、光谱宽度、多量子阱分布反馈、边模抑制比、载噪比、组合二阶互调、组合三阶差拍的定义, 修改了半导体激光器及其组件的定义(见第 3 章, 2008 年版的 3.2)；
- 删除了模拟带宽等多个缩略语, 增加了 PAM4 的缩略语(见第 4 章, 2008 年版的 3.1)；
- 删除了激光器特性及分类(见 2008 年版的 5.2)；
- 增加了对波分复用半导体激光器组件测量方案的描述(见 5.1)；
- 修改了环境条件要求以及测量仪器要求(见 5.2 和 5.3, 2008 年版的 5.3.1)；
- 删除了测量设备和仪表要求(见 2008 年版的 5.3.1.2、5.3.2.1、5.3.3.1、5.3.4.1、5.3.5.1、5.3.6.1、5.3.7.1、5.3.8.1、5.3.9.1、5.3.10.1、5.3.11.1、5.3.12.1)；
- 修改了阈值电流的测量方法(见 5.4.2, 2008 年版的 5.3.3)；
- 增加了斜率效率的测量方法(见 5.4.2)；
- 增加了四电平脉冲幅度调制的眼图测量方法描述(见 5.4.6)；
- 修改了  $S_{11}$  参数的测量(见 5.4.7, 2008 年版的 5.3.8)；
- 修改了波长-温度漂移系数的测量(见 5.4.10, 2008 年版的 5.3.11)；
- 修改了相对强度噪声的测量方法(见 5.4.11, 2008 年版的 5.3.12)；
- 删除了载噪比、组合二阶互调和组合三阶差拍的测量方法, 可靠性试验和分类和产品检验方法(见 2008 年版的附录 A、附录 B、附录 C 和附录 D)；
- 增加了单通道半导体激光器组件封装结构和波分复用激光器组件封装结构示意图(见附录 A)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本标准由全国通信标准化技术委员会(SAC/TC 485)归口。

本标准起草单位：烽火科技集团有限公司、中兴通讯股份有限公司、中国信息通信研究院、深圳新飞通光电子有限公司。

本标准主要起草人：江毅、李世瑜、马卫东、罗飏、武成宾、赵文玉、陈悦、龚雪、曹丽、何万晖。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 21548—2008。



# 光通信用高速直接调制半导体激光器的 测量方法

## 1 范围

本标准规定了光通信用高速直接调制激光器及其组件的分类和测量方法。

本标准适用于光传送网、光接入网及数据中心等光通信系统中所用高速直接调制激光器及其组件的光电特性测量,模拟光通信系统和其他光系统中所用激光器及其组件的光电特性测量也可参考使用。

## 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。

GB/T 15651—1995 半导体器件 分立器件和集成电路 第5部分:光电子器件

GB/T 31359—2015 半导体激光器测试方法

## 3 术语和定义

GB/T 15651—1995 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**半导体激光器 semiconductor laser**

采用Ⅲ-V族化合物半导体异质结构材料制作的激光器。

注:Ⅲ-V族化合物半导体异质结构材料(如GaAlAs/GaAs、InGaAsP/InP、InAlGaAs/InP)。

### 3.2

**半导体激光器组件 semiconductor laser subassembly**

由半导体激光器芯片、外围连接元件、背光探测器、微透镜、光隔离器、耦合光纤、管壳等组成的混合集成件。

### 3.3

**光强度直接调制 directly modulation of optical power density**

调制电信号直接控制激光器驱动电流,使激光器输出光强度随调制电信号的幅度而变化的一种调制方式。

### 3.4

**斜率效率 slope efficiency**

**差分效率**

激光器输出光功率差与其相应驱动电流差之比。

注1:以 $S$ 表示,单位为毫瓦每毫安(mW/mA),定义见公式(1):

$$S = \Delta P / \Delta I = (P_{01} - P_{02}) / (I_{01} - I_{02}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$P_{01}$ ——线性区的输出光功率值,通常取额定光功率的90%,单位为毫瓦(mW);

$P_{02}$ ——线性区的输出光功率值,通常取额定光功率的10%,单位为毫瓦(mW);

$I_{01}$ ——输出光功率为  $P_{01}$  时的驱动电流值,单位为毫安(mA);

$I_{02}$ ——输出光功率为  $P_{02}$  时的驱动电流值,单位为毫安(mA)。

注 2: 斜率效率示意图如图 1 所示,它反映了激光器电光功率转换效率。

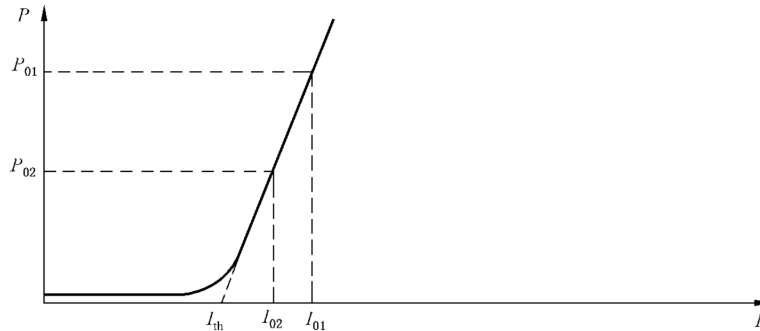


图 1 激光器斜率效率示意图

### 3.5

#### 消光比 extinction ratio

激光器在逻辑高电平时的输出光功率  $A$  与逻辑低电平时的输出的光功率  $B$  之比的对数。

注: 以 ER 表示,单位为分贝(dB),定义见公式(2):

$$ER = 10\lg(A/B) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$A$  ——逻辑“1”(NRZ)或逻辑“11”(PAM4)高电平时的输出光功率,单位为毫瓦(mW);

$B$  ——逻辑“0”(NRZ)或逻辑“00”(PAM4)低电平时的输出光功率,单位为毫瓦(mW)。

### 3.6

#### 相对强度噪声 relative intensity noise

光强度随机波动的均方根值与平均光强度之比。

注: 单位为分贝每赫兹(dB/Hz),常用的计算表达式见公式(3):

$$RIN = -\lg [(N_i - N_d)/(R_L \times G \times \Delta f_N \times I_{R(H)})] \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$N_i$  ——被测激光器的噪声功率,单位为瓦每赫兹(W/Hz);

$N_d$  ——宽光谱辐射源的噪声功率,单位为瓦每赫兹(W/Hz);

$R_L$  ——负载电阻,单位为欧姆( $\Omega$ );

$G$  ——交流放大器的放大倍数;

$\Delta f_N$  ——滤波器带宽,单位为赫兹(Hz);

$I_{R(H)}$  ——探测器反向电流,单位为安培(A)。

### 3.7

#### 啁啾参数 chirp parameter

激光器由于在高速调制时电流急剧变化,将导致激光器有源层中的载流子浓度急剧变化,从而引起的激光器发射波长的瞬时动态偏移。

注: 可用啁啾因子  $\alpha$  来衡量,单位为赫兹(Hz), $\alpha$  因子的定义见公式(4):

$$\alpha = (d\varphi/dt)/[(1/2P) \times (dP/dt)] \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$\varphi$  ——光信号的相位,单位为弧度(rad);

$t$  ——时间,单位为秒(s);

$P$  ——输出光功率,单位为毫瓦(mW)。

## 3.8

**跟踪误差 tracking error**

半导体激光器在驱动电流相同、当管壳温度不同( $T_1$ 、 $T_2$ )时激光器输出功率( $P_1$ 、 $P_2$ )比的对数。

注：以 TE 表示，单位为分贝(dB)，定义见公式(5)：

$$TE = 10\lg(P_1/P_2) \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$P_1$  ——温度在  $T_1$  (通常取 0 ℃ 或 65 ℃) 时，激光器输出光功率，单位为毫瓦(mW)；

$P_2$  ——温度在  $T_2$  (通常取 25 ℃) 时，激光器输出光功率，单位为毫瓦(mW)。

## 3.9

**光回波损耗 optical return loss**

反射光功率与入射光功率之比的对数。

注：以 RL 表示，单位为分贝(dB)，定义见公式(6)：

$$RL = -10\lg(P_{re}/P_{in}) \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$P_{re}$  ——后向反射光功率，单位为毫瓦(mW)；

$P_{in}$  ——输入光功率，单位为毫瓦(mW)。

## 3.10

**背光检测电流 monitor response current**

采用 PIN 光探测器监测激光器背面发出的光并转换的电流。

注：激光器背面发出的光功率与正面发出的光功率有确定的比例关系。

## 3.11

**散射参数 scattering parameters**

激光器在高(或射)频信号激励下的传输特性或反射特性。

注：激光器的散射参数主要是前向散射参数，如图 2 所示。 $S_{11}$  表示端口 1 的反射特性，是端口 1 的输入信号与反射信号的比值； $S_{21}$  表示端口 1 至端口 2 的传输特性，是端口 2 的输出信号与端口 1 的输入信号的比值。

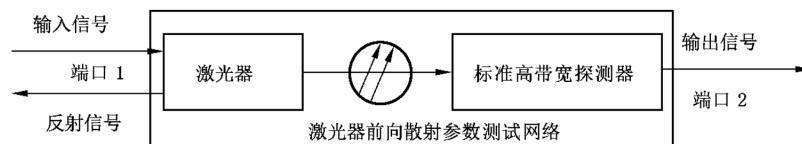


图 2 激光器前向散射参数

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

NRZ:非归零(Non Return to Zero)

PAM4:4 电平脉冲幅度调制(4-Level Pulse Amplitude Modulation)

SMSR:边模抑制比(Side Mode Suppression Ratio)

WDM:波分复用(Wavelength Division Multiplexing)

## 5 测量方法

## 5.1 总则

本标准中测量方法均针对半导体激光器及单通道半导体激光器组件。对于波分复用半导体激光器

组件,可通过光开关、光滤波器或波分解复用器等,实现对被测半导体激光器组件每个波长通道单独测量,如图 3 所示。

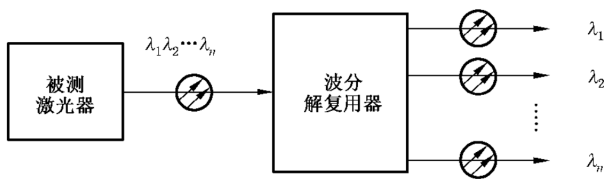


图 3 波分复用半导体激光器组件分波测量示意图

5.2 测量环境要求

测量环境要求如下:

- 温度:15 ℃~35 ℃;
- 相对湿度:45%~75%;
- 大气压力:86 kPa~106 kPa。

当不能在标准大气条件下进行测量时,应在测量报告上写明测量环境条件。

5.3 测量仪器要求

测量所用的仪器仪表应在规定的有效校准期内,如无特殊说明,其精度应高于所测参数精度至少一个数量级。

5.4 参数测量

5.4.1 峰值波长、光谱宽度、边模抑制比的测量

5.4.1.1 测量框图

测量框图见图 4。

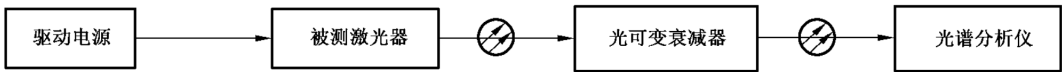


图 4 峰值波长、光谱宽度、边模抑制比测量框图

5.4.1.2 测量步骤

测量步骤如下:

- 按图 4 中测量配置连接好线路;
- 开启光谱分析仪,使其处于准备状态;调节光可变衰减器处于最大衰减位置;  
开启驱动电源,使其驱动电流慢慢达到适当电流值;
- 把被测光通入光谱分析仪,调节光可变衰减器的衰减量,使其符合光谱分析仪输入光功率要求;
- 观察并记录光谱分析仪上显示的峰值波长  $\lambda_p$ ,光谱宽度  $\Delta\lambda$  (−3 dB 谱宽或 −20 dB 谱宽)和边模抑制比 SMSR。

注: 激光器是正向使用的器件,使用电压很低,受到浪涌电压或过电流冲击很容易损坏。加载驱动电流时需极其小心。



5.4.2 阈值电流、斜率效率的测量

按照 GB/T 31359—2015 中 5.9 和 5.10 的规定进行测量。

5.4.3 带宽的测量

5.4.3.1 测量框图

测量框图见图 5。

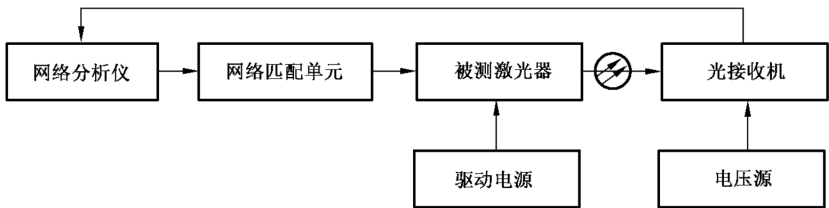


图 5 带宽测量框图

5.4.3.2 测量步骤

测量步骤如下：

- a) 按图 5 中测量配置连接好线路；
- b) 先设置网络分析仪的起始频率和终止频率，其终止频率应设置比被测激光器带宽高；
- c) 开启驱动电源，调节驱动电流到适当数值，同时，将网络分析仪输出的信号接入被测激光器输入端，调制激光器，使激光器输出扫频光信号；
- d) 将被测激光器输出端接入光接收机，其中光接收机的带宽应大于被测激光器带宽；
- e) 将光接收机的输出端接入网络分析仪，观察网络分析仪扫描出的频响曲线，取增益下降 3 dB 处，即可读出被测激光器的带宽。

5.4.4 动态光谱的测量

5.4.4.1 测量框图

测量框图见图 6。

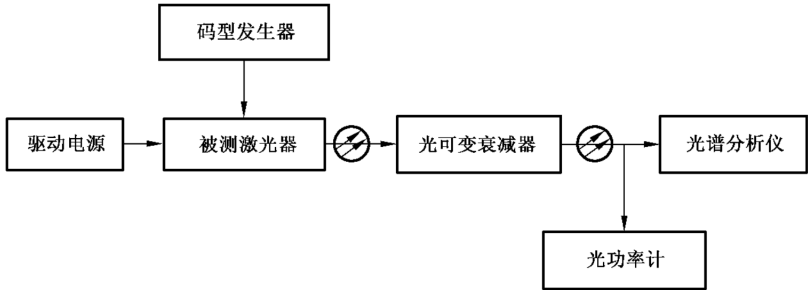


图 6 高速激光器动态光谱测量框图

5.4.4.2 测量步骤

测量步骤如下：

- a) 按图 6 配置连接好线路；
- b) 开启光谱分析仪,使其处于准备状态；
- c) 开启驱动电源,调节驱动电流到适当数值；
- d) 把被测光通入光谱分析仪,并加入码型发生器,记录光谱信息。

5.4.5 啁啾的测量

5.4.5.1 测量框图

测量框图见图 7。

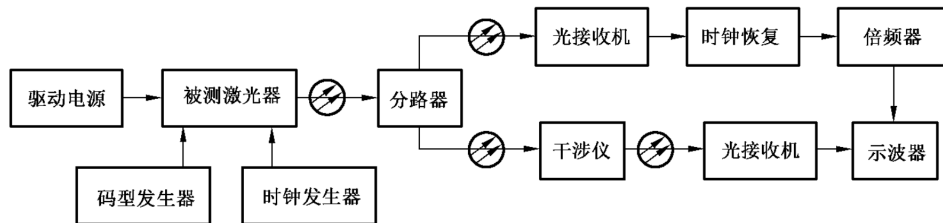


图 7 高速激光器啁啾测量框图

5.4.5.2 测量步骤

测量步骤如下：

- a) 按图 7 配置连接好线路；
- b) 开启驱动电源,调节驱动电流到适当数值；
- c) 调节干涉仪,记录示波器采集的数据；
- d) 根据采集的数据,按照公式(4)计算  $\alpha$  参数。

5.4.6 眼图、消光比、光调制幅度的测量

5.4.6.1 测量框图

高速激光器 NRZ 系统的测量框图见图 8。

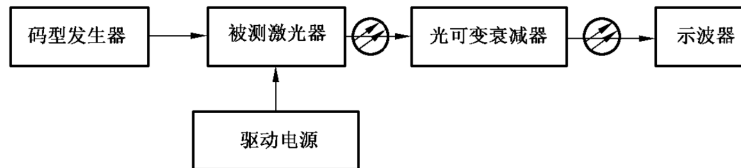


图 8 高速激光器 NRZ 系统眼图、消光比、光调制幅度测量框图

高速激光器 PAM4 系统的测量框图见图 9。

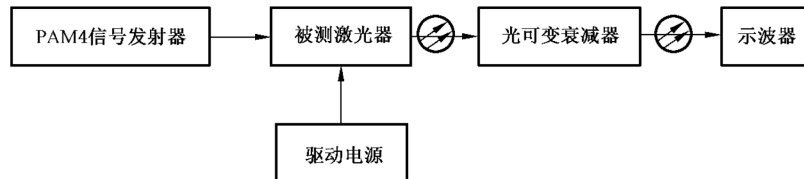


图 9 高速激光器 PAM4 系统眼图、消光比、光调制幅度测量框图

5.4.6.2 测量步骤

- 测量步骤如下：
- a) 测量 NRZ 系统时,按图 8 配置连接好线路;测量 PAM4 系统时,按图 9 配置连接好线路;
  - b) 开启驱动电源,调节驱动电流到适当数值;
  - c) 码型发生器或 PAM4 信号发射器输出信号,激光器输出端通过可变衰减器连接到带光探测接口的示波器上;
  - d) 根据示波器的显示适当调整器件工作状态,使测试眼图在显示屏上处于合适的位置与大小;
  - e) 从示波器上观察眼图,当采样值大于 1 000 时,读取光调制幅度值,并按照公式(2)计算 NRZ 的消光比。

注：PAM4 信号有多种产生方式,图 11 中均统一以 PAM4 信号发射器来示意。

5.4.7 散射参数  $S_{11}$  的测量

按照 GB/T 15651—1995 中 1.13 的规定进行测量。

5.4.8 光回波损耗的测量

5.4.8.1 测量框图

测量框图见图 10。

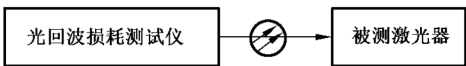


图 10 光回波损耗测量框图

5.4.8.2 测量步骤

- 测量步骤如下：
- a) 校准光回波损耗测量仪;
  - b) 按图 10 配置连接好线路;
  - c) 记录光回波损耗测量仪上的数值。

5.4.9 背光监测和跟踪误差测量

5.4.9.1 测量框图

测量框图见图 11。

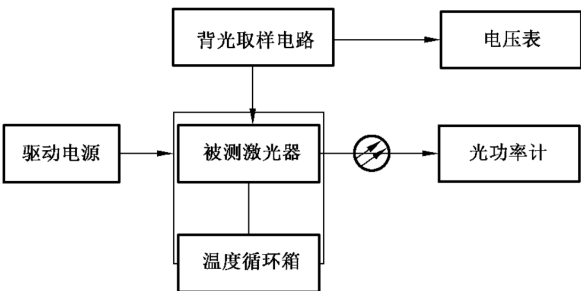


图 11 高速半导体激光器组件背光监测和跟踪误差测量框图

5.4.9.2 测量步骤

测量步骤如下：

- a) 按图 11 配置连接好线路；
- b) 开启驱动电源,根据光功率计读数调节驱动电流到适当数值；
- c) 记录光功率计读数并记录此时电压表的读数,经换算电压表读数即为半导体激光器组件的背光检测电流值；
- d) 将被测器件放入温度循环箱中并设置相应温度值；
- e) 当设定温度稳定后,调节驱动电流使此时电压表读数与先前记录的读数一致,并记录调整后的光功率计读数；
- f) 比较两次光功率计读数,按照公式(5)计算跟踪误差。

5.4.10 波长-温度漂移系数的测量

5.4.10.1 测量框图

测量框图见图 12。

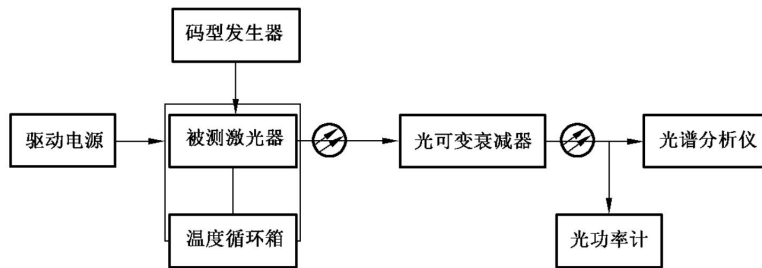


图 12 高速激光器波长-温度漂移系数测量框图

5.4.10.2 测量步骤

测量步骤如下：

- a) 按图 12 配置连接好线路；
- b) 开启驱动电源,调节驱动电流到适当数值,加入码形发生器；
- c) 调节光可变衰减器使被测激光器的输出光功率为一合适值,将光通入光谱分析仪,记录光谱的峰值波长  $\lambda_1$ ,以及此时对应的温度值  $T_1$ ,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ )；
- d) 将被测器件放入温度循环箱中并设置相应温度值  $T_2$ ,单位为摄氏度( $^{\circ}\text{C}$ )；
- e) 当设定温度  $T_2$  稳定后,再次记录光谱的峰值波长  $\lambda_2$ ；
- f) 比较两次测量数据,按照公式(7)计算波长温度漂移系数  $k$ ,单位为纳米每摄氏度( $\text{nm}/^{\circ}\text{C}$ )：

$$k = |(\lambda_1 - \lambda_2) / (T_1 - T_2)| \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中：

- $\lambda_1$ ——温度在  $T_1$  时,激光器的峰值波长,单位为纳米( $\text{nm}$ )；
- $\lambda_2$ ——温度在  $T_2$  时,激光器的峰值波长,单位为纳米( $\text{nm}$ )。

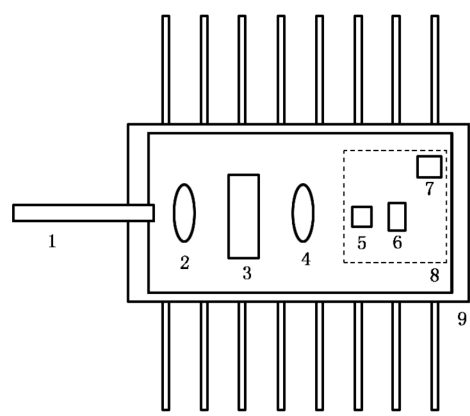
5.4.11 相对强度噪声的测量

按照 GB/T 15651—1995 第Ⅳ章中 1.8 的规定进行测量。

附 录 A  
(资料性附录)  
半导体激光器组件结构

A.1 单通道半导体激光器组件封装结构示意图

单通道半导体激光器组件封装结构示意图如图 A.1 所示。

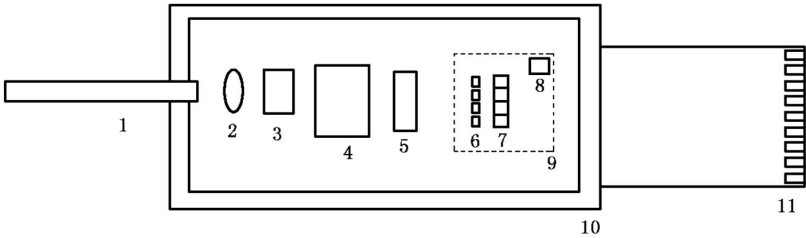


- 说明：
- |           |           |
|-----------|-----------|
| 1——光纤；    | 6——背光探测器； |
| 2——后透镜；   | 7——热敏元件；  |
| 3——隔离器；   | 8——制冷器；   |
| 4——前透镜；   | 9——管壳。    |
| 5——激光器管芯； |           |

图 A.1 单通道半导体激光器组件封装结构示意图

A.2 波分复用半导体激光器组件封装结构示意图

波分复用半导体激光器组件封装结构示意图如图 A.2 所示。



说明：

- |           |               |
|-----------|---------------|
| 1——光纤；    | 7 —— 背光探测器阵列； |
| 2——后透镜；   | 8 —— 热敏元件；    |
| 3——隔离器；   | 9 —— 制冷器；     |
| 4——波分复用器； | 10——管壳；       |
| 5——前透镜阵列； | 11——柔性电路板。    |
| 6——激光器管芯； |               |

图 A.2 波分复用半导体激光器组件封装结构示意图



中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
光通信用高速直接调制半导体激光器的  
测量方法

GB/T 21548—2021

\*

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.org.cn](http://www.spc.org.cn)

服务热线: 400-168-0010

2021年4月第一版

\*

书号: 155066 · 1-66418

版权专有 侵权必究



GB/T 21548-2021