

ICS 31.260

CCS L 51

SJ

中华人民共和国电子行业标准

SJ/T 11997.1-2025

光纤通信用半导体激光器芯片测试方法

第1部分：基本光电特性

Test methods for semi-conductor laser chips of optical fibre communications
Part 1: Basic photoelectric characteristics

2025-05-09

发布

2025-11-01

实施

中华人民共和国工业和信息化部

发布

目次

前言..... II

引言..... III

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 符号和缩略语..... 2

 4.1 符号..... 2

 4.2 缩略语..... 2

5 测试条件..... 3

 5.1 环境条件..... 3

 5.2 测试仪器及计量要求..... 3

 5.3 激光安全要求..... 3

 5.4 被测产品正常工作要求..... 3

6 测试方法..... 3

 6.1 电特性参数测试..... 3

 6.1.1 测试目的..... 3

 6.1.2 测试原理..... 3

 6.1.3 测试步骤..... 4

 6.1.4 数据处理..... 4

 6.2 光谱特性参数测试..... 17

 6.2.1 测试目的..... 17

 6.2.2 测试原理..... 17

 6.2.3 测试步骤..... 17

 6.2.4 数据处理..... 17

 6.3 发散角度参数测试..... 23

 6.3.1 测试目的..... 23

 6.3.2 测试原理..... 23

 6.3.3 测试步骤..... 24

 6.3.4 数据处理..... 24

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是SJ/T XXXX.1-XXXX《光纤通信用半导体激光器芯片测试方法》的第1部分。

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专利的责任。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本文件由中国电子技术标准化研究院归口。

本文件起草单位：河北圣昊光电科技有限公司、中国电子技术标准化研究院、河北圣源光电有限公司、中国电子科技集团公司第十三研究所、河南仕佳光子科技股份有限公司、青岛海信宽带多媒体技术有限公司、陕西源杰半导体科技股份有限公司、武汉敏芯半导体股份有限公司。

本文件主要起草人：杨勇峰、苗惠霞、侯彩波、杨木、赵莉娜、杜海洋、牛超凡、申卫、陈丽芳、郭岩、张戈、王伟明、张坤伟、焦梦丽、黄永光、张晓光、朱彦霖、刘志程、王扩、邢晶、潘彦廷、王昱玺、王良波、王任凡、刘应军、周志强。

引 言

本文件为光纤通信用半导体激光芯片测试方法标准，属于纤维光学有源器件和组件标准，为通用基础标准。本文件坚持适用性和有效性为准则，旨在规范光纤通信用半导体激光芯片光电特性的测试指标和测试方法，提高实用性和可操作性。

SJ/T XXXX.1-XXXX系列由光纤通信用半导体激光器芯片测试方法标准由5部分组成。

- 第1部分：基本光电特性；
- 第2部分：垂直腔面发射型半导体激光器芯片光电特性；
- 第3部分：光源用电吸收调制型半导体激光器芯片光电特性；
- 第4部分：光源用布拉格反射型光栅可调谐半导体激光器芯片光电特性；
- 第5部分：单模泵浦半导体激光器芯片光电特性。

光纤通信用半导体激光器芯片测试方法

第1部分：基本光电特性

1 范围

本文件规定了光纤通信用半导体激光器芯片基本光电特性参数的测试条件、测试原理、仪器设备、测试方法和数据处理。

本文件适用于光纤通信用半导体激光器芯片（以下简称激光器芯片）基本光电特性参数的测试。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 15313-2008 激光术语

GB/T 25915.1-2021 洁净室及相关受控环境 第1部分：按粒子浓度划分空气洁净度等级

GB/T 31358-2015 半导体激光器总规范

GB/T 31359-2015 半导体激光器测试方法

3 术语和定义

GB/T 31358界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

阈值电流 threshold current

使激光器芯片内光子增益等于或大于腔内总损耗，从而产生激光的最小驱动电流。

[来源：GB/T31358-2015，3.7，有修改]

3.2

微分效率 slope efficiency

表示激光器芯片输出光功率随电流差的变化比值，反映了激光器电光功率转换效率。也称差分效率

[来源：GB/T 15313-2008，2.1.105，有修改]

3.3

峰值波长 peak wavelength

激光器芯片辐射光谱中发光强度或辐射功率最大处所对应的波长。

[来源：GB/T31358-2015，3.9，有修改]

3.4

垂直发散角 vertical axis divergence angle

对于边发射半导体激光器，输出激光在垂直于 p-n 结平面的最大张角。

[来源：GB/T31358-2015，3.4，有修改]

3.5

水平发散角 horizontal axis divergence angle

对于边发射半导体激光器，输出激光在平行于 p-n 结平面的最大张角。

[来源：GB/T31358-2015，3.5，有修改]

3.6

边模抑制比 side-mode suppression ratio

指激光器芯片在规定的光输出功率所对应的电流驱动下或者规定的驱动电流下，发射光谱中的最高光谱峰强度和次高峰强度的强度差值。

4 符号和缩略语

4.1 符号

下列参数符号适用于本文件，见表1。

表1 参数符号

名称	符号	说明
阈值电流	I_{th}	单位A或mA
规定电流	I_{fl}	单位A或mA
扭折点电流	I_K	单位A或mA
最大驱动电流	I_{max}	单位A或mA
指定功率点电流	I_{op}	单位A或mA
反向电流	I_r	单位A或mA
饱和电流	I_{sat}	单位A或mA
输出光功率	P_o	单位W或mW
最大光功率值	P_{max}	单位W或mW
背光功率	BP_o	单位W或mW
指定电流下的功率值	P_f	单位W或mW
扭折点功率	P_K	单位W或mW
阈值电流对应的输出光功率	P_{lth}	单位W或mW
规定功率下正背光功率比率	P_{ffb}	/
规定电流下正背光功率比率	P_{ofb}	/
指定电流下的正向电压值	V_f	单位V或mV
指定功率点电压	V_{op}	单位V或mV
反正电压	V_r	单位V或mV
电阻	R_i	单位Ω
中心波长	λ_c	单位nm
峰值波长	λ_p	单位nm
光谱宽度	$\Delta\lambda$	单位nm
增益谱波长	$\lambda_{P,EL}$	单位nm
斜率效率	SE	/
水平发散角	$\theta_{//}$	单位°
垂直发散角	$\theta_{\perp}$	单位°
水平角度偏差	$d\theta_{//}$	单位°
垂直角度偏差	$d\theta_{\perp}$	单位°
边模抑制比	$SMSR$	/
线性功率偏差	L_iP_{o1}	/
光功率线性度	L_iP_{o2}	/
抑制频带	$STBND$	/
扭折率	$KINK$	/

4.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件，见表2。

表2 缩略语

参数	符号
垂直发散角	FFPV
水平发散角	FFPH
均方根	RMS

表2 缩略语（续）

参数	符号
搜索	SCH
边模抑制比	SMSR
抑制频带	STBND
扭折率	KINK

5 测试条件

5.1 环境条件

测试环境条件应符合GB/T 31359-2015中4.1及以下规定：

- a) 相对湿度：20%~80%；
- b) 环境洁净度：不低于 GB/T 25915.1-2021 中 4.3 表 1 中 ISO 7 级。

5.2 测试仪器及校准要求

5.2.1 测试仪器应满足 GB/T 31359-2015 中 4.2 规定并良好接地。

5.2.2 源测量单元

源测量单元的输出误差不大于0.3%，测量精度不大于0.2%。

5.2.3 光谱分析仪

波长不确定度不大于0.04nm，绝对功率不确定度不大于0.5dB。

5.3 激光安全要求

半导体激光器的安全要求应符合GB/T 31359-2015中4.3的规定。

5.4 被测产品正常工作要求

被测产品正常工作要求应满足GB/T 31359-2015中4.4的规定。

6 测试方法

6.1 电特性

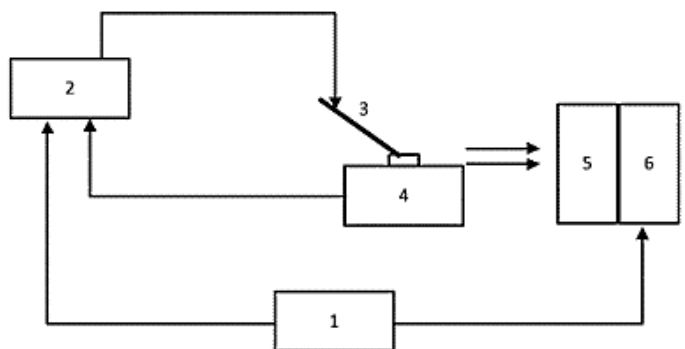
6.1.1 测试目的

通过源测量单元对激光器芯片进行驱动，对激光器芯片的电特性进行测试。

6.1.2 测试原理

通过计算机控制源测量单元，输出驱动电流，电流通过探针施加在激光器芯片电极上，通过源测量单元内部的电压表采集芯片两端电压，同时通过光功率计同步读取光功率值。依据测试的电压和光功率值绘制对应的电压曲线和光功率曲线，通过一定的数据处理，计算相关的电特性参数。

原理示意图见图1：



标引序号说明：
1 ——计算机；
2 ——源测量单元；
3 ——探针结构；
4 ——载台治具；
5 ——衰减器（适用时）；
6 ——光功率计。

图1 电特性测试原理方框图

6.1.3 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 按图 1 连接测试系统，对位摆放待测激光器芯片于载台治具上；
- b) 选取衰减器（适用时），调整被测激光器芯片的发光点的中心位置，保证被测光斑投射到光功率计的光接收器的光敏面（直径 2/3 区域）内，探针下压形成通电回路；
- c) 根据测试需求，选择合适电源量程，调整电源零点，除非另有规定，一般电源量程要求：电流 0~10 A，电压 0~40 V；
- d) 对待测激光器芯片从 0 开始施加步进电流至规定最大正向电流 I_f ，除非另有规定，一般步进电流宜大于等于 0.1 mA。用光功率计得到每个步进点的光功率，监测激光器芯片功率值；
- e) 记录源测量单元数值和光功率值。

6.1.4 数据处理

6.1.4.1 阈值电流的数据处理方法

将源测量单元发出的电流数据和采集到的功率数据传送到计算机中，将电流值作为X轴，将功率值作为Y轴，绘制得到 $P-I$ 曲线。根据 $P-I$ 曲线，计算阈值电流，计算方法有以下五种，通常使用第一种方法。

6.1.4.1.1 两点法

将源测量单元发出的电流数据和采集到的功率数据传送到计算机中，将电流值作为X轴，将功率值作为Y轴，绘制得到 P_0-I_f 曲线，测试曲线见图2。选取功率曲线上升过程中紧邻拐点以上部分的两功率点（ P_{1th0} 、 P_{1th1} ）用直线连接，做其延长线和 I_f 轴交点的电流值即为阈值电流 I_{th} 。该方法优先采用。

曲线测试点按客户需求确定，两点间功率分别记录为： P_{1th1} 、 P_{1th2} ， $P_{1th2} > P_{1th1}$ ，通常取 P_{1th1} 取值为 1 mW， P_{1th2} 取值 3 mW。

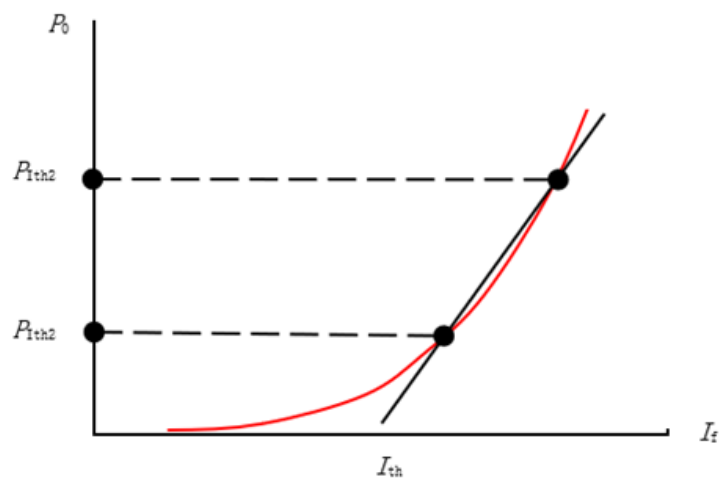


图2 两点法确定阈值电流示意图

6.1.4.1.2 四点法

将源测量单元发出的电流数据和采集到的功率数据传送到计算机中，将电流值作为 x 轴，将功率值作为 y 轴，得到 P_o-I_f 曲线，测试曲线见图 3。曲线上升初期两个较小功率 (P_{1th1} 、 P_{1th2}) 点和两个较大功率 (P_{1th3} 、 P_{1th4}) 点分别连成两条直线，两条直线的延长线交叉点对应的 I_f 轴的电流值即为阈值电流 I_{th} 。

曲线上四点间功率分别为: P_{1th1} 、 P_{1th2} 、 P_{1th3} 、 P_{1th4} ， $P_{1th4} > P_{1th3} > P_{1th2} > P_{1th1}$ 。

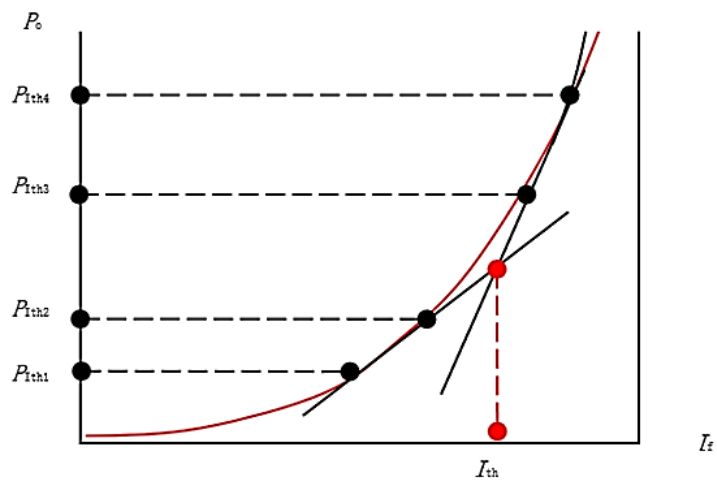


图3 四点法阈值电流示意图

6.1.4.1.3 二次微分法

将源测量单元发出的电流数据和采集到的功率数据传送到计算机中，将电流值作为 x 轴，将功率值作为 y 轴，得到 P_o-I_f 曲线，测试曲线见图4。对光功率曲线进行求导，得到一阶导数曲线，对该曲线做二阶导数处理，得到二阶导数曲线，查找 $0 \sim P_{osch}$ 内的功率二次微分 d^2P_o/dI_f^2 的最大点所对应的 I_f 轴的电流值即为阈值电流 I_{th} 。该方法可清晰的计算出功率的变化拐点，但是容易受到功率的起始段噪声影响。 P_{osch} 为规定二次微分法的功率值。该方法为仲裁方法。

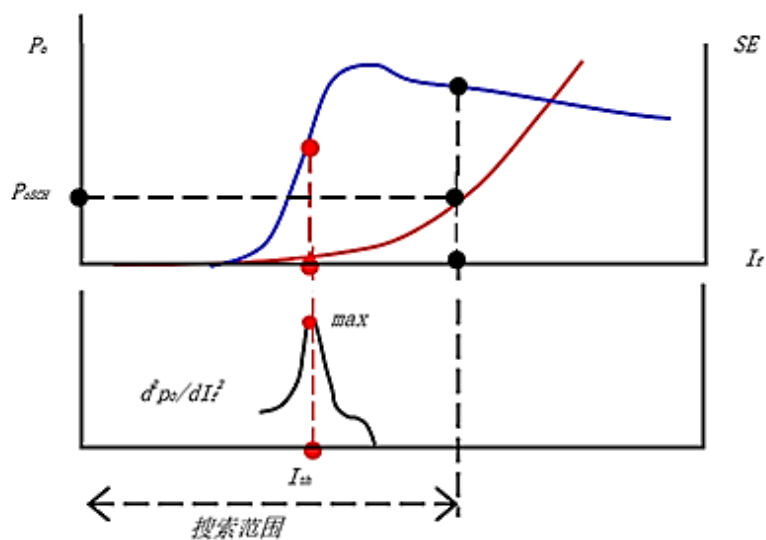


图4 二次微分法阈值电流示意图

6.1.4.1.4 1/N 法

将源测量单元发出的电流数据和采集到的功率数据传送到计算机中，将电流值作为X轴，将功率值作为Y轴，得到 P_o-I_f 曲线，测试曲线见图5。查找 $0\sim P_{oSCH}$ 内的最大点 SE_{max} 的 $1/N$ 点所对应的电流值即为阈值电流 I_{th} 。

P_{oSCH} : 寻找最大功率点 SE_{max} 的规定功率。
N通常取值为4或5，也就是 SE_{max} 的20%~25%。

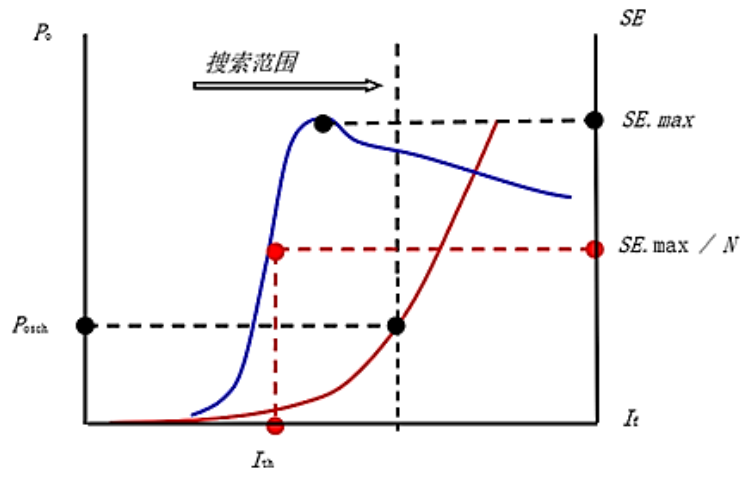


图5 1/N 法阈值电流示意图

6.1.4.1.5 最小二乘法

将源测量单元采集到的电压数据和光功率计采集到的功率数据传送到计算机中，得到 P_o-I_f 曲线，测试曲线见图6。在 P_{oC1} 、 P_{oC2} 区间内，利用最小二乘法计算出两点间 P_o-I_f 拟合曲线，在该曲线上连接两个规定功率（ P_{1th2} 、 P_{1th1} ）点，做其延长线和 I_f 轴的交点的电流值即为阈值电流 I_{th} 。

注：该方法对功率曲线拟合度好，计算数据比较稳定，重复性较好。

P_{1th2} 、 P_{1th1} : L计算用两个功率点， $P_{1th2} > P_{1th1}$ ； P_{oC1} 、 P_{oC2} 是计算用两个功率点 P_{1th2} 、 P_{1th1} 的选取范围区间。

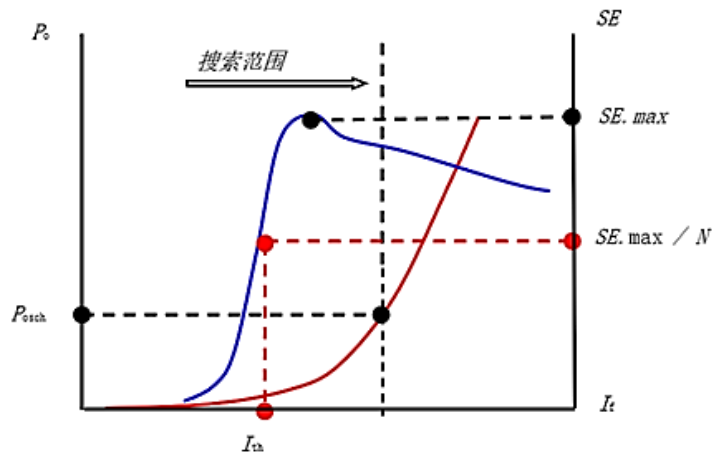
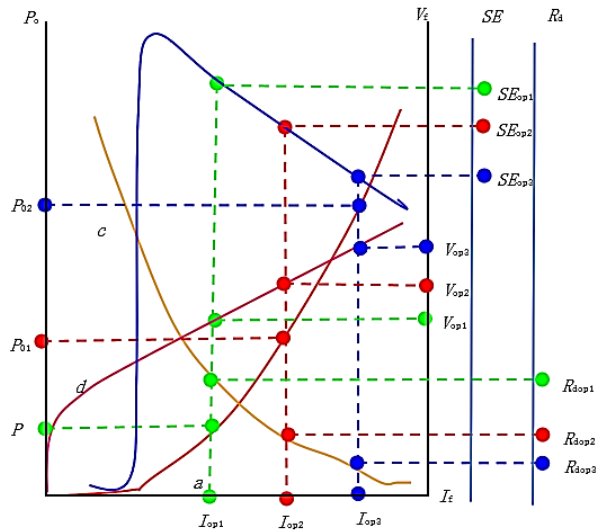


图6 最小二乘法阈值电流示意图

6.1.4.2 规定功率下的电流、电压、微分效率、电阻的数据处理方法

将源测量单元发出的电流数据、采集到的电压数据和功率数据传送到计算机中,将电流值作为X轴,将功率值作为Y轴(P_o)、将电压值作为Y轴(V_f),绘制得到 P_o-I_f 曲线和 V_f-I_f 曲线,测试曲线见图7。经过功率和电压分别微分得到对应的SE曲线和 R_d 曲线。根据 P_o-I_f 曲线,确定规定功率 P_o 对应点位的电流值 I_f ,在图中绘制电流值 I_f 向上延伸线,与 V_f 曲线交接处为对应的电压值 V_f ,与 R_d 曲线交接处对应的电阻值 R_d ,与SE曲线为对应的微分效率SE值。



符号说明:

a——功率曲线;

b——斜率效率曲线;

c——电阻曲线;

d——电压曲线;

P_{o1} 、 P_{o2} 、 P_{o3} ——规定激光器芯片的输出功率, $P_{o3} > P_{o2} > P_{o1}$, 单位为毫瓦 (mW);

I_{op1} 、 I_{op2} 、 I_{op3} ——规定激光器芯片的输出功率时所对应的电流轴的电流值, 单位为毫安 (mA);

V_{op1} 、 V_{op2} 、 V_{op3} ——规定激光器芯片的输出功率时所对应的电压轴的电压值, 单位为伏特 (V);

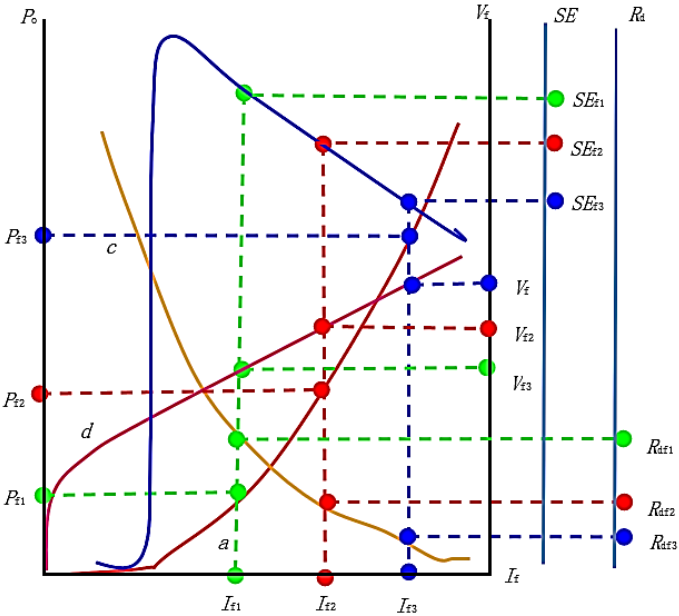
SE_{op1} 、 SE_{op2} 、 SE_{op3} ——规定激光器芯片的输出功率时所对应的微分效率轴的微分效率值, 单位为毫瓦/毫安 (mW/mA);

R_{dop1} 、 R_{dop2} 、 R_{dop3} ——规定激光器芯片的输出功率时所对应的电阻轴的电阻值, 单位为欧姆 (Ω).

图7 规定功率下的电流、电压、微分效率、电阻示意图

6.1.4.3 规定电流下的输出光功率、电压、功率微分效率、电阻的数据处理方法

将源测量单元发出的电流数据、采集到的电压数据和功率数据传送到计算机中,将电流值作为X轴,将功率值作为Y轴(P_o)、将电压值作为Y轴(V_f),绘制得到 P_o-I_f 曲线和 V_f-I_f 曲线,测试曲线见图8。经过微分处理得到对应的SE曲线和 R_d 曲线。根据 P_o-I_f 曲线,确定规定电流 I_f 值对应点位的功率 P_o ,在图中绘制电流 I_f 值向上延伸线,与 V_f-I_f 曲线交接处为对应的电压 V_f 值,与 R_d 曲线交接处对应的电阻 R_d 值,与SE曲线交接处为对应的微分效率SE值。



符号说明:

a——功率曲线;

b——斜率效率曲线;

c——电阻曲线;

d——电压曲线;

I_{f1} 、 I_{f2} 、 I_{f3} ——规定激光器芯片的输入电流值 $I_{f3} > I_{f2} > I_{f1}$, 单位为毫安 (mA)

P_{f1} 、 P_{f2} 、 P_{f3} ——规定电流下所对应的输出光功率轴的功率值, 单位为毫瓦 (mW);

V_{f1} 、 V_{f2} 、 V_{f3} ——规定电流下所对应的电压轴的输出电压值, 单位为伏特 (V);

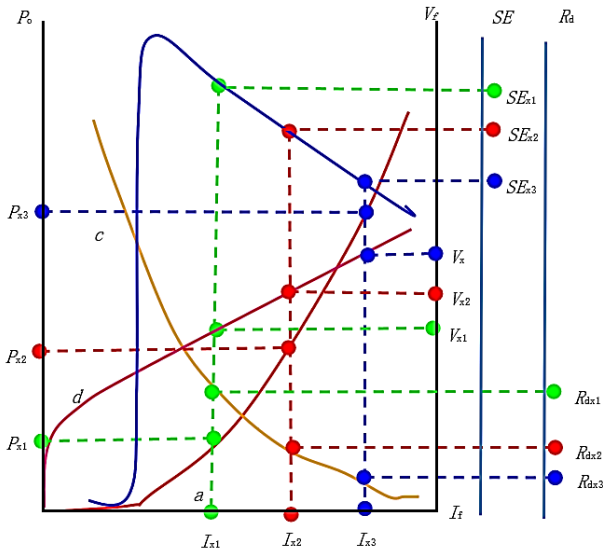
SE_{f1} 、 SE_{f2} 、 SE_{f3} ——规定电流下所对应的微分效率轴的微分效率值, 单位为毫瓦/毫安 (mW/mA);

R_{df1} 、 R_{df2} 、 R_{df3} ——规定电流下所对应的微分电阻轴的微分电阻值, 单位为欧姆 (Ω)。

图8 规定电流下的输出光功率、电压、功率微分效率、电阻示意图

6.1.4.4 阈值电流+规定电流下的输出光功率、电压、功率微分效率、电阻的数据处理方法

将源测量单元发出的电流数据、采集到的电压数据和功率数据传送到计算机中,将电流值作为X轴,将功率值作为Y轴(P_o)、将电压值作为Y轴(V_f),绘制得到 P_o-I_f 曲线和 V_f-I_f 曲线,测试曲线见图9。经过微分处理得到对应的SE曲线和 R_d 曲线。按照 P_o-I_f 曲线,确定“阈值电流+规定电流” I_f 值对应点位的功率 P_o ,在图中绘制电流 I_f 值向上延伸线,与 V_f-I_f 曲线交接处为对应的电压 V_f 值,与 R_d 曲线交接处对应的电阻 R_d 值,与SE曲线交接处为对应的微分效率SE值。



符号说明：

a——功率曲线；

b——斜率效率曲线；

c——电阻曲线；

d——电压曲线；

I_{x1} 、 I_{x2} 、 I_{x3} ——激光器芯片的阈值电流与规定电流相加后的电流，单位为毫安（mA）；

P_{x1} 、 P_{x2} 、 P_{x3} ——激光器芯片在阈值电流与规定电流相加后的电流驱动下所对应的输出功率值，单位为毫瓦（mW）；

V_{x1} 、 V_{x2} 、 V_{x3} ——激光器芯片在阈值电流与规定电流相加后的电流驱动下所对应的电压值，单位为伏特（V）；

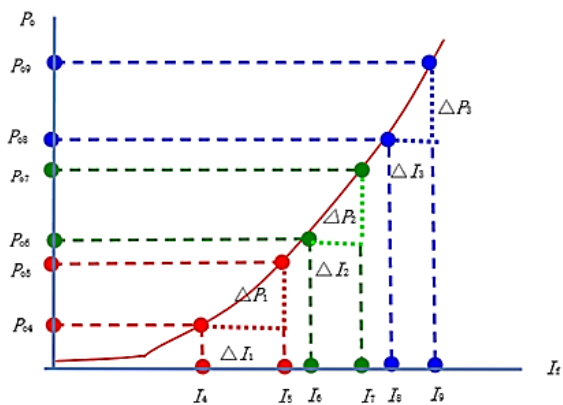
SE_{x1} 、 SE_{x2} 、 SE_{x3} ——激光器芯片在阈值电流与规定电流相加后的电流驱动下所对应的微分效率值，单位为单位为毫瓦/毫安（mW/mA）；

R_{dx1} 、 R_{dx2} 、 R_{dx3} ——激光器芯片在阈值电流与规定电流相加后的电流驱动下所对应的微分电阻值，单位为欧姆（Ω）。

图9 阈值电流+规定电流下的输出光功率、电压、功率微分效率、电阻示意图

6.1.4.5 功率斜率效率的数据处理方法

将源测量单元发出的电流数据和采集到的功率数据传送到计算机中，将电流值作为X轴，将功率值作为Y轴，绘制得到 P_o-I_f 曲线，测试曲线见图10。在曲线上取 I_f 对应的激光功率 P_o ，获得不同取点的微分电流差和微分功率差，按照公式（1）计算斜率效率，具体 I_f 点可根据需要选择，通常选择工作电流的90%至30%之间任取两个点。通过计算激光器芯片输出光功率随电流差的变化比值得到斜率效率。



符号说明：
 $I_4、I_5、I_6、I_7、I_8、I_9$ ——微分电流 (mA)；
 $P_{o4}、P_{o5}、P_{o6}、P_{o7}、P_{o8}、P_{o9}$ ——微分功率 (mW)；
 $\Delta I_1、\Delta I_2、\Delta I_3$ ——微分电流差；
 $\Delta P_1、\Delta P_2、\Delta P_3$ ——微分功率差。

图10 斜率效率示意图

斜率效率计算见公式 (1)：

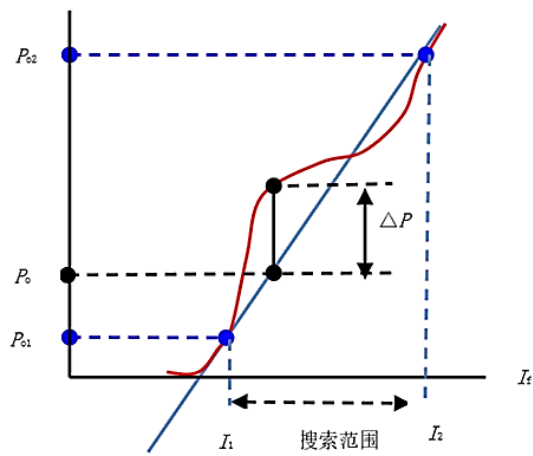
$$SE_n = \frac{\Delta P_n}{\Delta I_n} \dots\dots\dots (1)$$

式中：
 $\Delta P_n、\Delta I_n$ ——任意相邻两点间的功率差和电流差值
n ——选取的电流区间数量，通常不小于3个区间。

6.1.4.6 线性功率偏差的数据处理方法

将源测量单元发出的电流数据和采集到功率数据传送到计算机中，将电流值作为X轴，将功率值作为Y轴，绘制得到 P_o-I_t 曲线，测试曲线见图11，确定规定两个点的功率。规定两个电流点 ($I_1、I_2$) 对应的功率点 ($P_{o1}、P_{o2}$) 连接成的直线与两个电流间 P_o-I_t 曲线的实测功率值的最大差值，通过公式 (2) 计算，得出线性功率偏差。

注： $\Delta P = P_{o2} - P_{o1}$ 。



符号说明：
本示例中 $P_{o2} > P_{o1}$ ；
 ΔP ——最大的功率差， P_o 对应应在功率 $P_{o1}、P_{o2}$ 连成的直线上的功率与实测功率差值的绝对值；

图11 线性功率偏差示意图

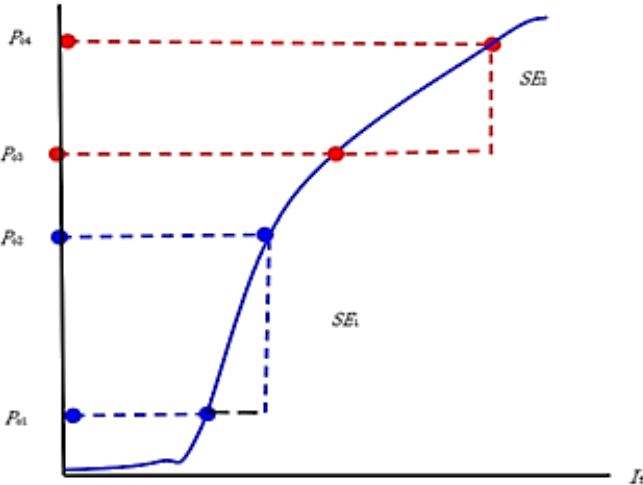
线性功率偏差按公式（2）计算：

$$L_i P_{o1} = \frac{\Delta P}{P_o} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

6.1.4.7 光功率线性度的数据处理方法

将源测量单元发出的电流数据和采集到功率数据传送到计算机中，将电流值作为X轴，将功率值作为Y轴，绘制得到 P_o-I_f 曲线，测试曲线见图12。在曲线上选取 $(P_{o1}、P_{o2})$ 和 $(P_{o3}、P_{o4})$ ，按照本文件6.1.4.5分别计算斜率效率，按照公式（3）计算规定功率曲线两段间 $(P_{o1}、P_{o2})$ 和 $(P_{o3}、P_{o4})$ 所求斜率效率的比值得到光功率线性度值。

$$P_{o4} > P_{o3} > P_{o2} > P_{o1}。$$



符号说明：
 $SE_1、SE_2$ ——两段曲线各自对应的斜率效率。

图12 光功率线性度示意图

光功率线性度 $L_i P_{o2}$ 的计算按公式（3）：

$$L_i P_{o2} = \frac{SE_2}{SE_1} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

6.1.4.8 启动扭折点的数据处理方法

将源测量单元发出的电流数据和采集到的功率数据传送到计算机中，将电流值作为X轴，将功率值作为Y轴（ P_o ），将功率做一阶微分的数值作为Y轴（SE），绘制得到得出 P_o-I_f 和SE曲线，测试曲线见图13。

SE_{max} 搜索范围内（ $I_{th} \pm \Delta I_{f1}$ ）的SE最大值用 SE_{max} 表示。 $I_{th} + \Delta I_{f2}$ 下微分效率SE曲线上的点用 A_1 表示， P_{o1} 的SE上点用 A_2 表示。连接 $A_1、A_2$ 点的直线延长线和SE的启动交点用 SE_o 表示。按公式（4）计算 SE_{max} 与 SE_o 两值之间的百分级比值，即为启动扭折点。

如搜索范围内 $I_{th} \pm \Delta I_{f1}$ 没有交点 SE_o 的情况，启动扭折点为0。