



中华人民共和国国家标准

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

2008-03-31 发布

2008-11-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 Ⅲ

引言 Ⅳ

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 缩略语、符号、术语和定义 1

4 分类 8

5 测量方法 9

附录 A（规范性附录） 载噪比的测量方法 20

附录 B（规范性附录） 组合二阶互调和组合三阶差拍的测量方法 21

附录 C（资料性附录） 激光器组件可靠性试验分类和试验方法 22

附录 D（资料性附录） 激光器组件产品检验方法（或规则） 24

前 言

本标准是根据我国光通信用高速数字直接强度调制半导体激光器及其组件的实际研制和使用情况而制定的。

附录 A、附录 B 是规范性附录,附录 C、附录 D 是资料性附录。

本标准中的附录 C 非等效采用了美国标准 Telcordia GR-468-CORE 中表 6“激光组件的可靠性试验要求”,但作了部分修改;其修改如下:

——根据我国实际情况,删去了表 6 中热冲击和内部湿度试验项目;

——由于本标准主要是规定光通信用激光器及其组件的测量方法,不涉及要求,因此删去了表 6 中抽样及失效判据规定。

本标准还参考了:

YD/T 1111.2—2001 SDH 光发送/光接收模块技术要求——2.488 320 Gb/s 光发射模块。

本标准由中华人民共和国信息产业部提出。

本标准由信息产业部(通信)归口。

本标准起草单位:武汉邮电科学研究院。

本标准主要起草人:丁国庆、郑林、丁方昉。

引 言

随着微电子、光电子器件所用材料、制作技术、工艺设备和检测设备的不断进步,光通信用半导体激光器的性能指标、可靠性水平日益提高。应变量子阱分布反馈激光器的出现,标志着激光器水平达到了新的高度。这种激光器阈值可达亚毫安量级,动态光谱线宽可小于 0.1 nm,上升、下降时间可小于 0.3 ns、-3 dB 模拟带宽可大于 10 GHz,这种激光器可直接用于高速数字(622 Mbit/s~10 Gbit/s)直接强度调制。它具有性能优越、调制简单、成本较低等特点,在 SDH、WDM、以太网等光通信系统中具有广泛的应用。

目前,国内还没有一个关于光通信用高速脉码直接强度调制半导体激光器及其组件测量方法的规范性文件。虽然 1993 年有一个光通信行业标准 YD/T 701—1993《半导体激光二极管组件测试方法》,但它主要描述和规范激光二极管的直流参数及测试,没有涉及高速脉码直接强度调制情况下激光器及其组件的光电特性测量问题。为此,制定一个高速脉码直接强度调制半导体激光器及其组件测量方法的规范性文件,是非常必要的。它可用于激光器及其组件的光电特性测量、产品检验和质量等级评

对高速脉码直接强度调制激光器及其组件而言,除一般光电特性外,其高速动态特性无疑是非常重要的。它包括动态光谱特性、光功率—驱动电流非线性特性、调制特性、噪声特性、频率啁啾效应等。本标准对激光器及其组件主要技术参数进行了定义(或描述)、分类,重点对高速脉码直接强度调制下的光电特性测量方法进行了规定。

光通信用高速直接调制半导体激光器的测量方法

1 范围

本标准规定了高速(622 Mbit/s~10 Gbit/s)脉码光纤通信系统中采用非归零码直接强度调制半导体激光器(主要是多量子阱分布反馈激光器)及其组件的术语、定义、分类、主要技术参数测量方法。此外,考虑到激光器测量方法以及相关试验、检验方法的完整性,作为附录,也规定了激光器在模拟系统中常用的几个参数的测量方法以及可靠性试验方法和产品检测方法(或规则)。

本标准适用于 SDH、WDM、以太网等高速脉码光纤通信系统中所用直接强度调制半导体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激光器及其组件的光电特性测量或检测也可用作参考。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修改版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 17626.2—1998 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验(idt IEC 61000-4-2:1995)

GB/T 17626.3—1998 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验(idt IEC 61000-4-3:1995)

GB/T 17626.4—1998 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验(idt IEC 61000-4-4:1995)

GB/T 17626.6—1998 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验(idt IEC 61000-4-6:1996)

YD/T 701--1993 半导体激光二极管组件测试方法

YD/T 767--1995 同步数字系列设备和系统的光接口技术要求

YD/T 1111.2—2001 SDH 光发送/光接收模块技术要求——2.488 320 Gb/s 光发射模块

ITU-T G.691:2000 具有光放大器的单通道 SDH 系统光接口和 STM-64 及 STM-256 系统

IEC 62007-2 光纤系统中所用的半导体光电子器件 第2部分 测量方法

Telcordia GR-468-CORE(1998) 用于通信设备中的光电子器件的一般可靠性保证要求

3 缩略语、符号、术语和定义

下列缩略语、符号、术语和定义适用于本标准。

3.1 缩略语和符号

缩略语 或符号	英文名称	中文名称
ABW	Analog Bandwidth	模拟带宽
BER	Bit Error Rate(or Ratio)	比特差错率
CNR	Carrier-to-Noise Ratio	载噪比
CP	Chirping	啾啾(或频率抖动)
CTB	Composite Triple Beat	组合三次差拍

CSO	Composite Second Order intermodulation	组合二阶互调
DFB	Distribution Feed-Back	分布反馈
DIM	Directly Intensity Modulation	直接强度调制
DSLM	Dynamic Single Longitudinal Mode	动态单纵模
ESD	Electrostatic Discharge	静电放电
EX	Extinction Ratio	消光比
FWHM	Full Wide at Half Maximum	半高全宽度
LD	Laser Diode	激光器(或激光二极管)
ML	Median Life	中值寿命
MLM	Multi-Longitudinal Mode	多纵模
MQW-DFB	Multiple Quantum Well Distribution Feed-Back	多量子阱分布反馈
NRZ	Non Return to Zero	非归零
OIS	Optical Isolation	光隔离
OMA	Optical Modulation Amplitude	光调制幅度
ORL	Optical Return Loss	光回损
PCM	Pulse-Code Modulation	脉码调制
<i>P-I</i>	Optical Power vs. Current Curve	光功率—电流曲线
PIN-PD	PIN-Photodiode	PIN 型光探测器
PRBS	Pseudo Random Binary Sequence	伪随机码序列
RIN	Relative Intensity Noise	相对强度噪声
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	同步数字序列
SMSR	Side Mode Suppression Ratio	边模抑制比
TE	Tracking Error	跟踪误差
TEC	Thermo-Electric Cooler	制冷器
WDM	Wavelength Division Multiple	波分复用
L_{P-1}	Optical Power-Driving Current Linearity	<i>P-I</i> 曲线线性度
I_k	Current at The Kink of <i>P-I</i> curve	<i>P-I</i> 曲线转折处电流
I_{th}	Threshold Current	阈值电流
I_{mod}	Modulation Current	调制电流
P_o	Output Optical Power	输出光功率
S_1	Linearity of the <i>P-I</i> of LD	激光器 <i>P-I</i> 曲线线性度
S_{11}	Reflection Coefficient of S parameter	反射系数
S_{21}	Transmission Coefficient of S parameter	传输系数
T_c	Case operating Temperature	管壳温度
t_r/t_f	Rise/Fall time between(10~90)% of maximum	上升/下降时间
U_f	Forward voltage at rated power of LD	激光器正向电压
λ_c	Central Wavelength	中心波长
$\Delta\lambda$	Optical Spectrum Width of LD	激光器光谱宽度

3.2 术语和定义

3.2.1

半导体激光器及其组件 LD and LD assembly

采用Ⅲ-V族化合物半导体多薄层异质结构材料(如 GaAlAs/GaAs、InGaAsP/InP、InAlGaAs/InP)制作的激光器,称为半导体激光器。它主要由有源层、光波导层、光谱谐振腔和电接触层构成。这种

结构实际上是激光器管芯(或芯片)。

相对于波长为 980 nm 以下的激光器而言,通常把辐射中心波长在 1 100 nm 以上的激光器称为长波长激光器。

激光器管芯不便测试和使用。只有制成组件才能应用和测试。由半导体激光器、背光探测器、微透镜、光隔离器、耦合光纤、外围电路元件、管壳等组成的混合集成件,称为半导体激光器组件。

3.2.2

多量子阱-分布反馈激光器 multiple quantum-well distributed feed-back laser

有源层为多个量子阱(MQW)结构、光波导层为分布反馈(DFB)结构的激光器。

所谓多个量子阱结构,通常指每层由 2~4 种元素(或组份)组成且厚度不同的材料交替生长而成的多薄层结构,其薄层厚度小于德布罗意波长(约 12 nm)。按能带隙宽度和薄层厚度不同,薄层分为两类。一类为阱层,一类为势垒层。有源层具有多个这种结构的激光器,称为多量子阱激光器。它具有阈值电流低、光谱宽度窄、温度特性好等一系列优点。

所谓分布反馈结构,是指材料组分呈空间周期性分布、从而使折射率也呈空间周期性分布的结构。该结构可起光反馈腔的作用。

激光器光波导层具有分布反馈结构的激光器,称为 DFB-LD。它其有光谱宽度窄、线性度好、可实现动态单纵模等优点。

作为例子,MQW-DFB-LD 结构示意图如图 1 所示。

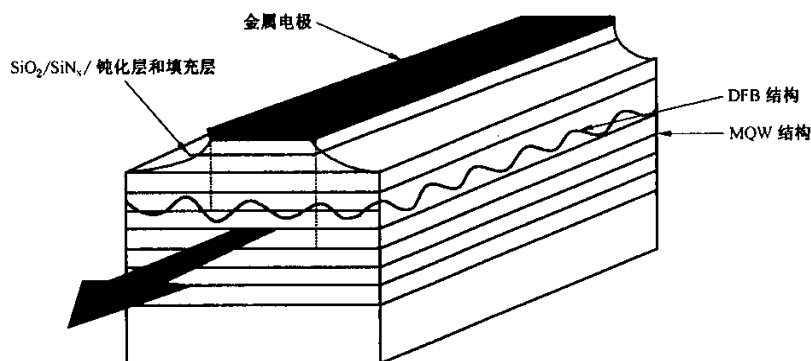


图 1 MQW-DFB-LD 结构示意图

3.2.3

峰值波长和中心波长 peak wavelength and center wavelength

在发射光谱中,辐射强度(或光功率密度)最大的波长,称为峰值波长。

在发射光谱中,最高强度(或幅度)的 50%处两点中心所对应的波长,称为中心波长。

3.2.4

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。

3.2.5

光功率-电流曲线 optical power-current curve

激光器输出光功率和其驱动电流之间关系($P-I$)的曲线,如图 2 所示。其中,B 处为光功率—电流

曲线扭折(the kink)点。

P - I 曲线与激光器中 PN 结温度紧密相关。温度越高, I_{th} 越大。

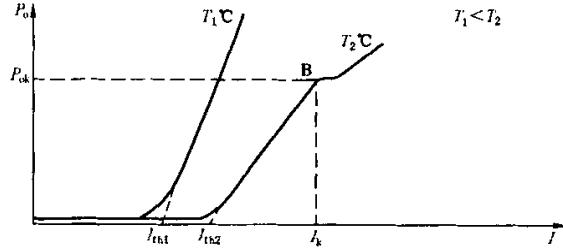


图 2 激光器 P - I 曲线

3.2.6

阈值电流 threshold current

物理上,把激光器发射荧光和激光的交界点相对应的电流称为阈值电流;数学上,它为光功率—电流(P_L - I)函数二阶导数(d^2P/dI^2)极值处所对应的电流。其示意图如图 3 所示。

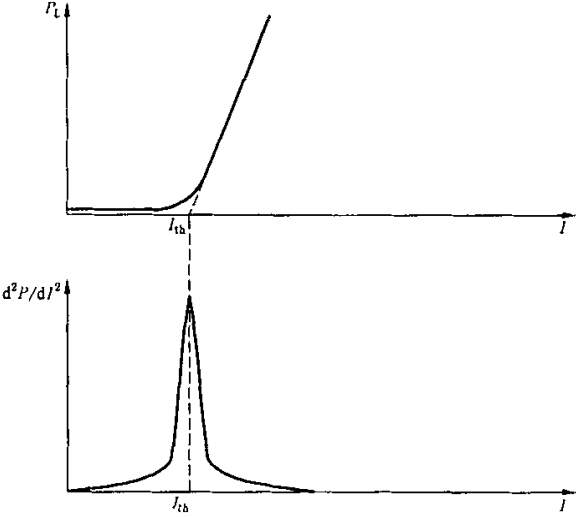


图 3 激光器阈值电流定义示意图

工程上,把与 P_L - I 曲线急剧变化的拐点相对应的电流称阈值电流。

3.2.7

斜率效率(或差分效率) slope efficiency

激光器输出光功率差与其相应驱动电流差之比,即:

$$S = \Delta P / \Delta I = (P_{o1} - P_{o2}) / (I_{o1} - I_{o2})$$

斜率效率示意图如图 4 所示,它反映了激光器电光功率转换效率。

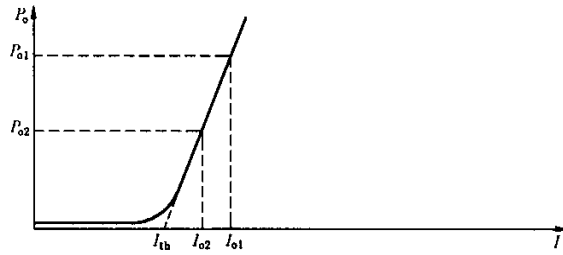
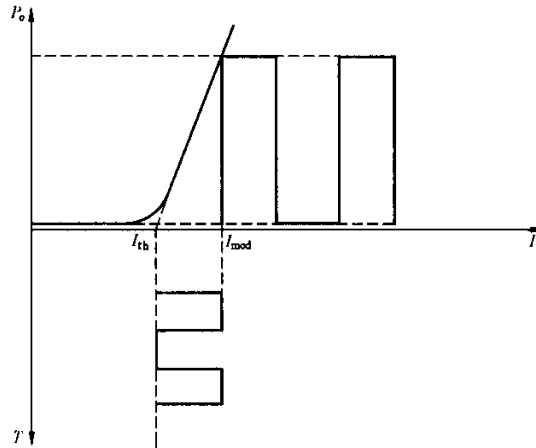


图 4 激光器斜率效率示意图

3.2.8

调制电流 modulation current

加于激光器偏置电流之上的、与传输信号相关的控制电流(I_{mod})。它等于激光器总驱动电流与偏置电流之差。调制电流与时间($I_{\text{mod}}-T$)、光功率与驱动电流(P_o-I)关系曲线如图 5 所示。

图 5 $I_{\text{mod}}-T$ 、 P_o-I 关系曲线

3.2.9

光功率—驱动电流线性度 optical power-driving current linearity

激光器光功率—驱动电流曲线通常存在不同程度的非线性。

光功率—驱动电流线性度定义为,在 $10\% I_{\text{mod}}$ 处的光功率(P_1)至 $100\% I_{\text{mod}}$ 处的光功率(P_o)范围内,实际输出光功率($P_{\text{实际}}$)与拟合线性光功率($P_{\text{线性}}$)的最大偏差(ΔP),与拟合线性光功率($P_{\text{线性}}$)的比值 L_{PI} (绝对值),即:

$$L_{\text{PI}} = (P_{\text{实际}} - P_{\text{线性}}) / P_{\text{线性}} = \Delta P / P_{\text{线性}}$$

L_{PI} 示意图如图 6 所示。

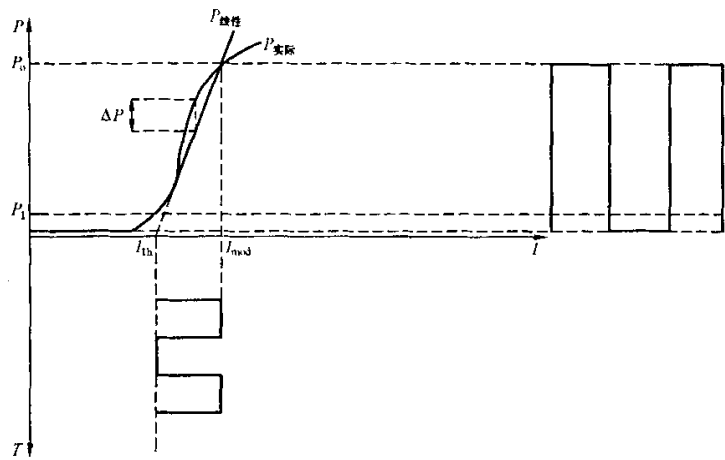


图 6 光功率—驱动电流线性度示意图

3.2.10

动态单纵模 dynamic single longitudinal mode

由于激光器谐振腔的作用,在垂直和平行于光传输方向上存在横模和纵模。横模表现为横向光斑分布,纵模表现为光谱分布。在激光器光谱中,若光强度仅存在一个极大值,就称为单纵模。如果激光器在高速直接调制情况下仍然保持单一纵模,就称为动态单纵模(DSLM)。在工程应用中,常把在高速直接调制下其边模抑制比大于 35 dB 的激光器,称为动态单纵模激光器。MQW-DFB-LD 就是这种动态单纵模激光器。

3.2.11

光谱宽度 spectral width

激光器光谱宽度有几种不同的定义:均方根谱宽(RMS)、FWHM 谱宽和-20 dB 下谱宽。

对于 MQW-DFB-LD,主要采用 FWHM 谱宽和-20 dB 下谱宽。在标准工作条件下,用测得的比峰值波长幅度下降一半或下降 20 dB 处光谱曲线上两点间的波长间隔来表征其光谱宽度。前者称之为 FWHM 谱宽(或称-3 dB 谱宽),后者称之为-20 dB 下谱宽。

3.2.12

边模抑制比 side mode suppression ratio

在最坏反射条件时、全调制条件下,激光器光谱中主纵模光功率峰值强度(P_{m0})与最大边模光功率峰值强度(P_{m1})之比的对数,即:

$$\text{SMSR} = 10 \lg(P_{m0}/P_{m1})$$

SMSR 示意图如图 7 所示。

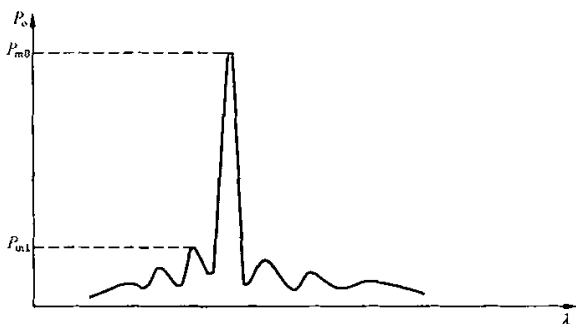


图 7 边模抑制比示意图

3.2.13

消光比 extinction ratio

激光器在逻辑“1”高电平时的输出光功率 A 与逻辑“0”低电平时的输出的光功率 B 之比的对数,即:

$$EX = 10 \lg(A/B)$$

3.2.14

相对强度噪声 relative intensity noise

半导体激光器由于伴随激光辐射时的自发射和非均匀激励、反射等原因,输出光功率会产生随机波动。这种随机波动可用相对强度噪声($RIN(\omega)$)来表示,即光强度随机波动的均方根值与平均光强度之比。

理论上,可通过求解具有噪声项的速率方程而近似得出强度自相关函数 $C_{pp}(\tau)$,经傅立叶变换可求出 $RIN(\omega)$:

$$RIN(\omega) = \int C_{pp}(\tau) \exp(i\omega\tau) d\tau$$

这里, $C_{pp}(\tau)$ 为强度自相关函数。

注:除上述原理性 $RIN(\omega)$ 表式外,还有多种简化处理后的 $RIN(\omega)$ 表式,如 IEC 62007-2 中 3.5e) 中 $RIN(\omega)$ 表式为:

$$RIN = (N_i - N_d) / (R_L \times G \times \Delta f_N \times I_{R(H)})$$

3.2.15

啁啾参数 chirp parameter

单纵模激光器(如 MQW-DFB-LD)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和激光器腔长变化,从而产生激光器发射波长的瞬时动态偏移。这种波长的瞬时动态偏移(亦即频率瞬时动态偏移)称为频率啁啾。

频率啁啾可用啁啾因子 α 来衡量,其定义为:

$$\alpha = (d\Phi/dt) / [(1/2P) \times (dP/dt)]$$

这里 Φ 为光信号的相位, P 为光功率。

正啁啾参数相应于脉冲上升边的正频率漂移(蓝移),而负啁啾参数相应于脉冲下降边的负频率漂移(红移)。

3.2.16

载噪比 carrier noise ratio

所传输的载波信号功率与相应带宽内的噪声功率之比。

在多路复用的传输系统中,要直接测量每路信号的载波功率,在最有利的条件下也是很麻烦的。因此,在 CATV 行业标准中,载噪比定义为载波电平的有效值与规定带内系统噪声电平均方根之比,用 dB 表示。

3.2.17

跟踪误差 tracking error

半导体激光器是温度敏感器件,温度不同,输出光功率也会有所不同。对半导体激光器来说,在驱动电流相同、但管壳温度不同(T_1 、 T_2)时激光器所发射并耦合输出的光功率(P_1 、 P_2)比的对数,定义为跟踪误差(TE),即:

$$TE = 10 \lg(P_1 @ T_1 / P_2 @ T_2)$$

3.2.18

组合二阶互调 composite second order intermodulation

由于激光器 $P-I$ 曲线和探测器 P_i-I_p 的非线性,在模拟调制系统中将导致多个载波射信号的失真。其中,组合二次互调失真定义为,落在被测频道内某频点上的所有二阶互调产物的总功率与该频道载波功率之比。

3.2.19

组合三阶差拍 composite triple beat

由于激光器 P - I 曲线和探测器 P_i - I_p 的非线性,在模拟调制系统中将导致在多个载波射频信号的失真。其中,组合三次差拍定义为,落在被测频道内某频点上的所有三阶差拍产物和三阶互调产物的总功率与该频道载波功率之比。

3.2.20

光回波损耗 optical return loss

入射光功率与反射光功率之比的对数。

3.2.21

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。

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。

3.2.22

光线路码型 optical line code

根据 ITU-T G. 691 和 YD/T 1017—1999,数字光通信系统光接口的线路码型,规定为加扰二进制不归零码(NRZ)。其扰码器要求参照 YD/T 767—1995 中相关规定。

3.2.23

散射参数

S_{11} 、 S_{21}

在超高频和微波领域,一般不适用电流、电压、开路、短路等概念,而用“波”和“场”的概念来定义、测量和分析网络参数或特性。通常采用的网络参数是散射参数,即 S 参数,它分为 S_{11} 、 S_{21} 、 S_{12} 和 S_{22} ,能直接地反映出网络的传输特性和反射特性。

S_{11} 定义为,4 端口网络的输出端口匹配时,输入端口的反射系数;

S_{21} 定义为,4 端口网络的输出端口匹配时,输入端口至输出端口的传输系数;

S_{12} 定义为,4 端口网络的输入端口匹配时,输出端口至输入端口的传输系数;

S_{22} 定义为,4 端口网络的输入端口匹配时,输出端口的反射系数。

对激光器等效网络测量而言,一般只测量 S_{11} 、 S_{21} 。其中 S_{21} 包含了传输损耗、带宽和带内平坦度等信息。

3.2.24

静电放电防护阈值 ESD threshold

器件或电路所能承受的最大静电电压。

4 分类

根据发射波长、传输速率、封装形式的不同,MQW-DFB-LD 及其组件分类如表 1 所示。

表 1 MQW-DFB-LD 及其组件分类

分类方法	包含类别	注 释
按发射波长	1 310 nm、1 550 nm、特定波长	WDM 光系统中通常有 4~32 个不同的特定波长
按传输速率	622 Mb/s、1.25 Gb/s、2.5 Gb/s、10 Gb/s 等	
按封装结构	蝶形等	

5 测量方法

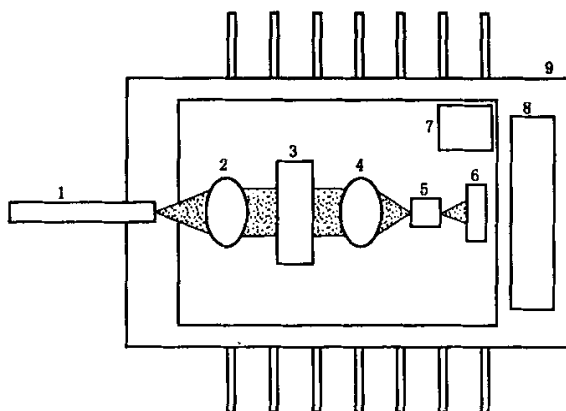
5.1 被测激光器组件形式

光通信用高速脉码直接强度调制激光器一般做成组件进行测量或试验。根据内部元件数的多寡和封装外形,被测激光器组件形式分为同轴型组件形式和蝶形组件形式两类。

激光器同轴型组件比较简单。它主要由激光器芯管、背光探测器、耦合光纤、电路元件、同轴底座和管帽构成。

激光器蝶形组件内含较多元件。它主要由激光器芯管、背光探测器、微透镜、光隔离器、热敏元件(热敏电阻和制冷器)、滤波和控制电路元件、耦合光纤和管壳构成。

被测激光器组件结构示意图的一个例子如图 8 所示。



- 1——光纤
- 2——后透镜;
- 3——光隔离器;
- 4——前微透镜;
- 5——激光器芯管;
- 6——背光探测器;
- 7——热敏元件(热敏电阻和制冷器);
- 8——控制电路;
- 9——管壳。

图 8 被测激光器组件结构示意图

5.2 激光器特性(或技术参数)及分类

激光器特性包括电学特性、光学特性、电—光特性、调制特性、噪声特性、温度特性。其技术参数分类如下:

- a) 电学特性
 I - U 曲线、阈值电流、正向电压、串联电阻等。
- b) 光学特性
发射功率、峰值波长、光谱宽度、光场模式(横模、纵模)、边模抑制比、近场分布、光发散角度等。
- c) 电—光特性
 P - I 曲线、光电转换效率(包括功率转换效率、内量子效率、外量子效率、斜率效率)、 P - I 曲线线性度等。
- d) 调制特性(或瞬态特性)
电光延迟时间、脉冲上升/下降时间、弛豫振荡、自脉动、脉冲过冲、跳模、眼图、码型效应(光脉冲幅度和宽度变化)等。
- e) 噪声特性

相对强度噪声(包括
f) 温度特性

光功率(或阈值)一
激光器技术参数很多。这

表 2

参数	符	参数	符 号	单 位
阈值电流	I	动态光谱	$\Delta\lambda$	nm
输出光功率	P	消光比	EX	dB
峰值波长	λ_c	-3 dB 模拟带宽	BW	MHz
边模抑制比	SMSR	回波损耗	L_R	dB
光谱宽度	FWHM、 $\Delta\lambda$ (-20 dB 下)	α -参数(啁啾)	α	radians
斜率效率	S_0	相对强度噪声	RIN	dB/Hz
前向电压	U_f	眼图		
串联电阻	R_s	波长-温度漂移		nm/ ΔT
* 上升/下降时间	t_r/t_f	光功率-温度变化		dBm/ ΔT
* 光过冲		跟踪误差	TE	dB
* 自脉动频率	f_s	背光监测电流	I_m	nA
* 电光延迟时间	τ_{eo}	光功率线性度	S_1	dB
* 等效输入 电流密度	I_N	载噪比	CNR	dB
		组合二阶互调	CSO	dBc
		组合三阶差拍	CTB	dBc

注：以上带“*”者工程上通常不测。

声等。
温度、中值寿命等。
主要技术参数如表 2 所示。

5.3 测量条件及测量步骤

5.3.1 测量条件

测量结果的精确性与测量条件紧密相关,测量前必须认真做好测量条件的各项准备。
测量条件是指:被测物件及相关物件的完好性;测量设备(或仪表)的准备和校准;测量环境条件的符合性等。

5.3.1.1 环境条件要求

半导体激光器是静电和温度敏感器件。
测量时应采取防静电措施,如设备和仪表接地、触摸激光器时应佩带防静电腕带等;
测量环境温度为 15℃~35℃;湿度为 25%RH~75%RH;气压为正常大气压。

5.3.1.2 测量设备和仪表要求

测量前,应检定或校准所有测量设备和仪表的技术指标;检定或校准过的测量设备和仪表应在有效期内使用。

本标准所用测量设备和仪表的主要技术指标见以下各条中规定。

5.3.2 光谱宽度、峰值波长、边模抑制比的测量

5.3.2.1 测量设备和仪表

本测量所用测量设备和仪表:

- a) 光谱分析仪
入射光波长范围:1 100 nm~1 700 nm;光波长分辨精度:小于 0.2 nm;输入光功率范围:
-40 dBm<P<10 dBm;光功率分辨精度:<0.1 dB。
- b) 驱动电源
驱动电流范围:0 mA~100 mA;电流稳定度:(0.1~1.0)mA;温度稳定度:小于 0.1 mA/℃。
- c) 光可变衰减器

入射光波长范围:1 100 nm~1 700 nm;光可变衰减范围:30 dB。

5.3.2.2 测量框图

光谱宽度、峰值波长、边模抑制比测量框图如图 9 所示。

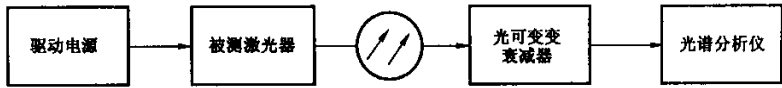


图 9 光谱宽度、峰值波长、边模抑制比的测量框图

5.3.2.3 测量步骤

- a) 按图 9 中测量框图配置,连接好线路。
- b) 开启光谱分析仪,使其处于准备状态;使光可变衰减器处于最大衰减位置。
- c) 开启驱动电源,使其驱动电流慢慢达到适当电流值。
- d) 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。
- e) 观察并记录光谱分析仪上显示的峰值波长、光谱宽度和边模抑制比。

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。加载驱动电流时应极其小心。后面凡涉及开启激光器驱动电流处,均应如此,不再赘述。

5.3.3 输出光功率、 $P-I$ 曲线、阈值电流的测量

5.3.3.1 测量设备和仪表

本测量所用测量设备和仪表:

- a) 驱动电流源
见 5.3.2.1b)。
- b) 光功率计
入射光波长范围:1 100 nm~1 700 nm;光功率(P)范围: $-50 \text{ dBm} < P < 10 \text{ dBm}$;光功率分辨率: $< 0.1 \text{ dB}$ 。
- c) 可存取示波器
带宽: (8~25) MHz 范围;即时采样率: 200 MS/s;具有 10 组图形保存和显示功能。
- d) 标准光接收机
光接收灵敏度: -34 dBm (622 Mb/s) ~ -18 dBm (10 Gb/s)。

5.3.3.2 测量框图

输出光功率、 $P-I$ 曲线、阈值电流的测量框图如图 10 所示。

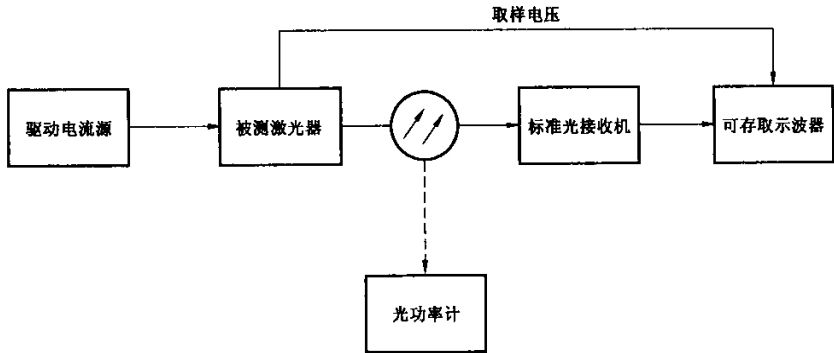


图 10 输出光功率、 $P-I$ 曲线、阈值电流的测量框图

5.3.3.3 测量步骤

- 按图 10 中测量框图配置,连接好线路。
- 开启标准光接收机和可存取示波器,使其处于准备状态。
- 开启驱动电源,使其驱动电流慢慢达到适当电流值。
- 把被测光通入准光接收机。调节驱动电流,观察并使其显示 $P-I$ 曲线。
- 在 $P-I$ 曲线中求出阈值电流值。
- 用光功率计比对可存取示波器所测 $P-I$ 曲线的光功率测量值。

5.3.4 带宽的测量

5.3.4.1 测量设备和仪表

本测量所用测量设备和仪表:

- 扫频仪和网络匹配单元
有效扫频宽度:130 MHz~20 GHz。
- 网络分析仪
频率范围 130 MHz~20 GHz;迹线噪声:0.01 dB rms;幅度动态范围:100 dB。
- 标准光接收机
见 5.3.3.1d)。
- 电流源
见 5.3.2.1b)。

5.3.4.2 测量框图

带宽的测量框图如图 11 所示。

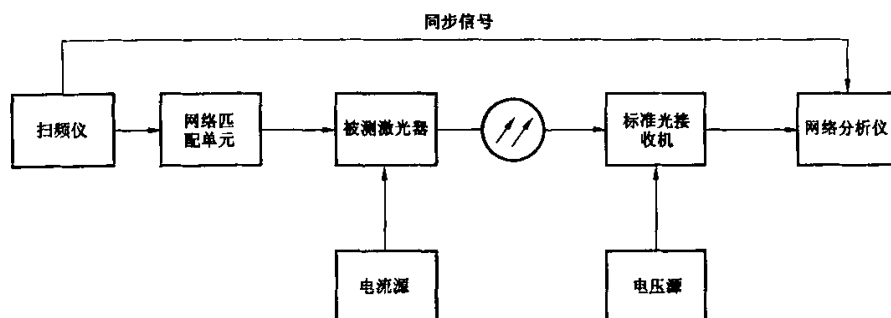


图 11 带宽测量配置框图

5.3.4.3 测量步骤

- 按图 11 中测量框图配置,连接好线路;
- 先设置扫频仪的起始频率和终止频率;同样地,设置网络分析仪的起始频率和终止频率,其终止频率应设置为比所测带宽高 20% 左右。
- 将被测激光器输出接入标准光接收机。
- 将扫频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。
- 将标准光接收机的输出接入网络分析仪,观察网络分析仪扫描出的频响曲线,取中频增益下降 3 dB 处,即可读出被测组件的带宽。

5.3.5 动态光谱的测量

5.3.5.1 测量设备和仪表

本测量所用测试设备和仪表:

- 驱动电源
见 5.3.2.1b)。

- b) 脉冲图形发生器
工作频率: 0.1 GHz~20 GHz; 伪随机码 $2^n - 1$; 其中 $n=7, 9, 11, 15, 20, 23, 31$ 。
- c) 光可变衰减器
见 5.3.2.1c)。
- d) 光谱分析仪
见 5.3.2.1a)。
- e) 光功率计
见 5.3.3.1b)。

5.3.5.2 测量框图

动态光谱测试框图如图 12 所示。

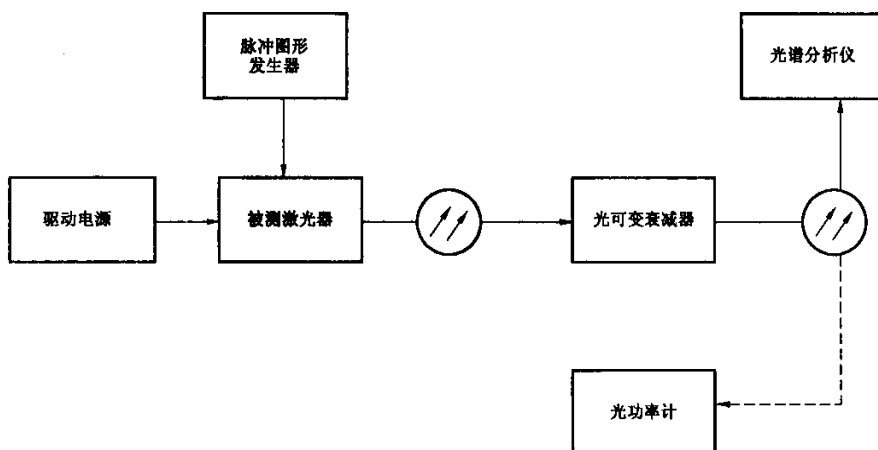


图 12 高速激光器动态光谱测量框图

5.3.5.3 测量步骤

- 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, 加入脉冲图形发生器;
- c) 调整光谱分析仪, 通入被测光, 调节光可变衰减器到适当值, 记录光谱信息。

5.3.6 α -参数(啁啾)的测量

5.3.6.1 测量设备和仪表

本测量所用测试设备和仪表:

- a) 伪随机码脉冲图形发生器
见 5.3.5.1b)。
- b) 干涉仪
波长范围: 1 250 nm~1 650 nm; 延迟时间: $>3.5 \mu\text{s}$ 。
- c) 光电(O/E)转换器
响应波长范围: 1 100 nm~1 700 nm; 带宽: 根据实测速率选择适当带宽的 O/E 转换器。
- d) 时钟恢复单元/倍频器
变频损耗: $<15 \text{ dB}$ 。
- e) 宽带数字示波器
频率带宽: $>20 \text{ GHz}$ 。
- f) 时钟发生器
输出频率精度: $\pm 5\%$ 。
- g) 驱动电源
见 5.3.2.1b)。

5.3.6.2 测量框图

α -参数(啁啾)测量框图如图 13 所示。

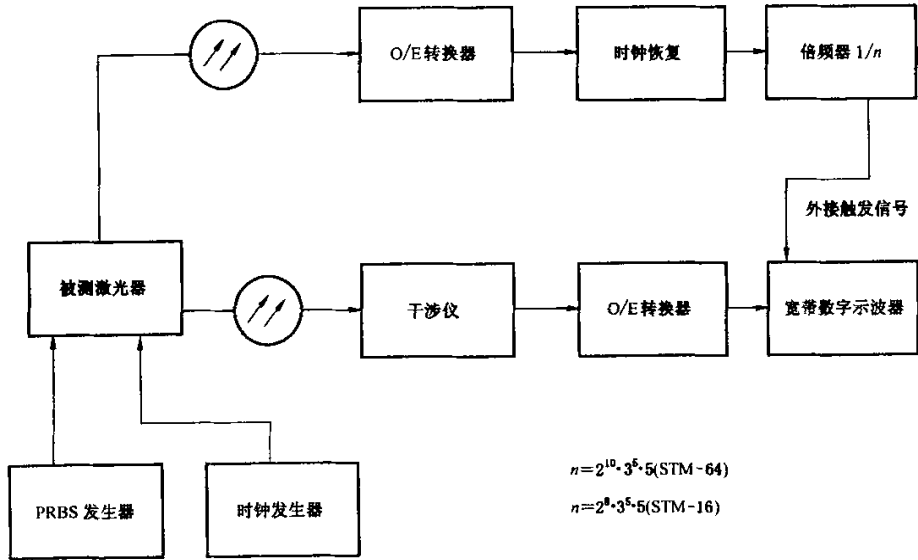


图 13 高速激光器啁啾测量框图

5.3.6.3 测量步骤

- a) 按图 13 配置,连接好线路;
- b) 开启电源,调节激光器功率到适当数值;
- c) 调节干涉仪,记录高速宽带示波器采集的数据;
- d) 根据采集的数据自动计算 α 参数。

5.3.7 眼图、消光比的测量

5.3.7.1 测量设备和仪表

本测量所用测试设备和仪表:

- a) 高速示波器
光接口带宽: > 30 G;
- b) 标准光接收机
见 5.3.3.1d);
- c) 脉冲图形发生器
见 5.3.5.1b);
- d) 光可变衰减器
见 5.3.2.1c);
- e) 光功率计
见 5.3.3.1b);
- f) 驱动电源
见 5.3.2.1b)。

5.3.7.2 测量框图

眼图、消光比测量框图如图 14 所示。

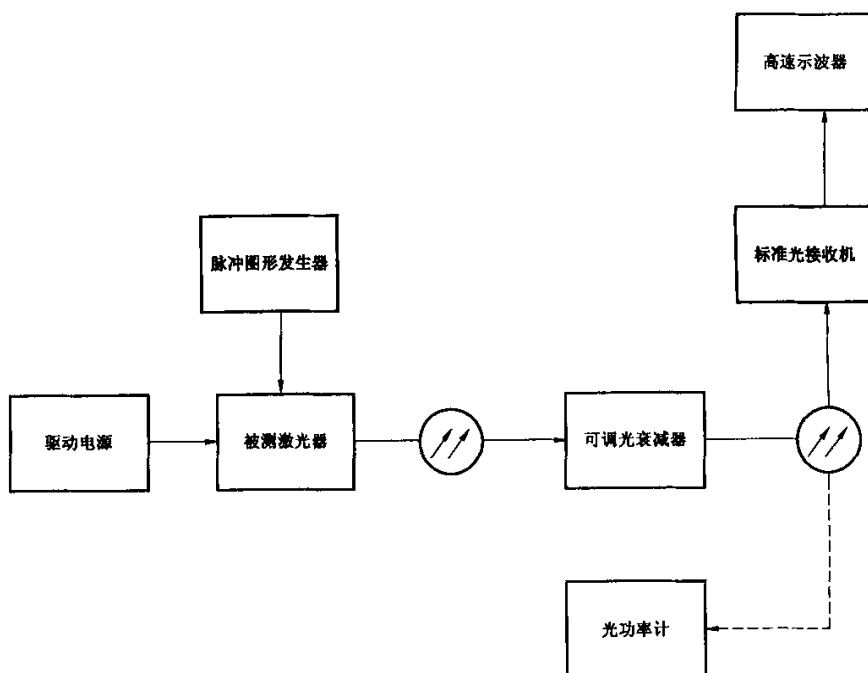


图 14 高速激光器眼图消光比测量框图

5.3.7.3 测量步骤

- 按图 14 设置,连接好线路;
- 开启驱动电源,调节驱动电流到适当数值,加入脉冲图形发生器;
- 根据示波器的显示适当调整器件工作状态,使有显示正常的眼图;
- 从示波器上观察眼图,当眼图稳定后,按眼图标准模板来评估并读取消光比数值。

5.3.8 S 参数的测量

5.3.8.1 测量设备和仪表

本测量所用测试设备和仪表:

- 高速光波器件分析仪
频率范围:130 MHz~20 GHz;
- 光可变衰减器
见 5.3.2.1c);
- 光功率计
见 5.3.3.1b);
- 驱动电源
见 5.3.2.1b)。

5.3.8.2 测量框图

S 参数测量框图如图 15 所示。

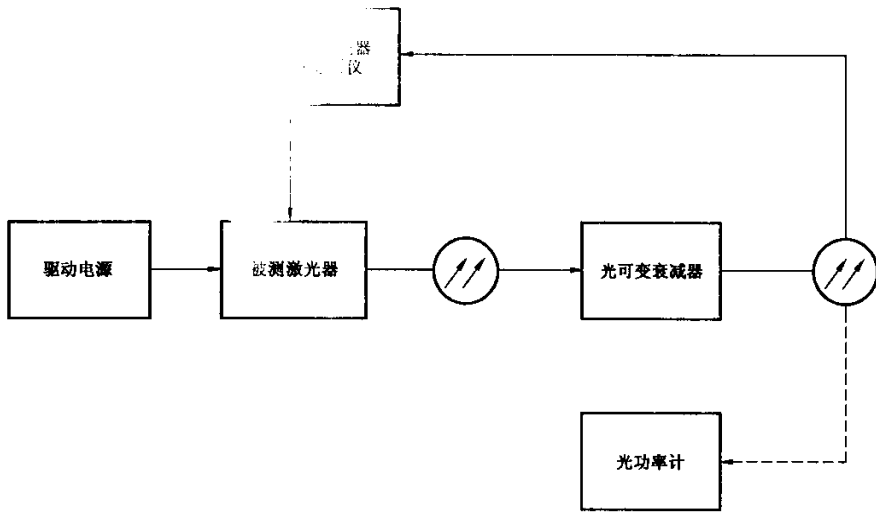


图 15 高速激光器 S 参数测量框图

5.3.8.3 测量步骤

- a) 按要求分别校准高速光器件分析仪的 S_{21} 和 S_{11} 程序；
- b) 按图 15 配置,连接好线路；
- c) 开启驱动电源,调节驱动电流到适当数值；
- d) 选取光器件分析仪的 S_{11} 挡,记录测试结果；
- e) 选取光器件分析仪的 S_{21} 挡,调整驱动电流值,记录测试结果。

5.3.9 光回波损耗的测量

5.3.9.1 测量设备和仪表

本测量所用测试设备和仪表：

- a) 光回波损耗测试仪

工作波长:1 310 nm/1 550 nm;功率范围:6 dBm~70 dBm;反射损耗:60 dB~70 dB。

5.3.9.2 测量框图

回波损耗测量框图如图 16 所示。

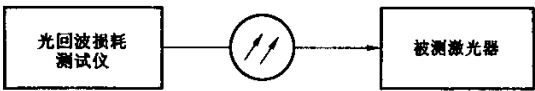


图 16 回波损耗测量框图

5.3.9.3 测量步骤

- a) 校准光回波损耗测试仪；
- b) 按图 16 配置,连接好线路；
- c) 记录光回波损耗测试仪上的数值。

5.3.10 背光监测和跟踪误差的测量

5.3.10.1 测量设备和仪表

本测量所用测试设备和仪表：

- a) 温度循环箱
控温范围： $-40^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ ；温度精度： $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 光功率计
见 5.3.3.1b)；
- c) 背光取样电路
- d) 电压表
测量精度： $\pm 0.1\text{ V}$ ；
- e) 驱动电源
见 5.3.2.1b)。

5.3.10.2 测量框图

背光监测和跟踪误差测量框图如图 17 所示。

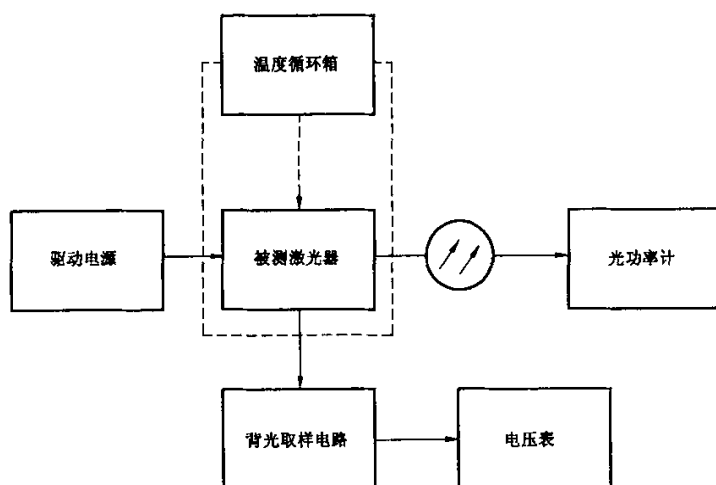


图 17 高速激光器背光监测和跟踪误差测量框图

5.3.10.3 测量步骤

- a) 按图 17 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激光器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,计算跟踪误差。

5.3.11 波长和光功率的温度变化的测量

5.3.11.1 测量设备和仪表

本测量所用测试设备和仪表:

- a) 脉冲图形发生器
见 5.3.5.1b)；
- b) 光谱分析仪

- 见 5.3.2.1a);
- c) 光可变衰减器
见 5.3.2.1c);
- d) 温度循环箱
见 5.3.10.1a);
- e) 光功率计
见 5.3.3.1b);
- f) 驱动电源
见 5.3.2.1b)。

5.3.11.2 测量框图

波长和光功率的温度变化测量框图如图 18 所示。

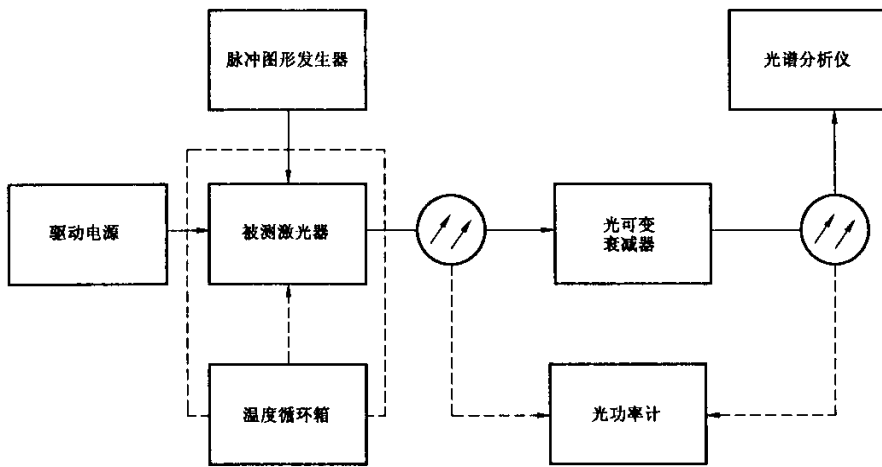


图 18 高速激光器波长和光功率的温度变化测量框图

5.3.11.3 测量步骤

- a) 按图 18 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,加入脉冲图形发生器;
- c) 调整光谱分析仪,通入被测光,调节光可变衰减器到适当值,记录光谱信息和激光器件输出功率值;
- 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,再次记录光谱信息和激光器件输出功率值;
- f) 比较两次测量数据,计算结果。

5.3.12 相对强度噪声的测量

5.3.12.1 测量设备和仪表

本测量所用测试设备和仪表:

- a) 光波信号分析仪
工作频率范围:100 MHz~20 GHz,工作波长:1 200 nm~1 650 nm;
- b) 驱动电源
见 5.3.2.1b)。

5.3.12.2 测量框图

相对强度噪声测量框图如图 19 所示。

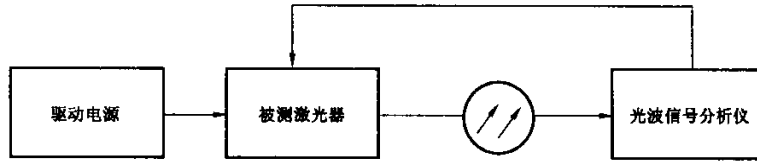


图 19 高速激光器相对强度噪声测试框图

5.3.12.3 测量步骤

- a) 按图 19 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) 记录光波信号分析仪数据。

附录 A
(规范性附录)
载噪比的测量方法

A.1 激光器载噪比的测量

A.1.1 测量条件

所用测量设备和仪表为:

多路信号发生器;

光发射单元(光发射模块);

标准光接收机;

频谱分析仪;

光功率计;

滤波器;

可变衰减器;

上述测量设备和仪表的技术指标,见第5章中相关规定。

环境条件为:

环境温度 15℃~35℃;

环境湿度 25%RH~75%RH;

环境气压 正常大气压。

A.1.2 测量框图

激光器组件载噪比的测量框图如图 A.1 所示。

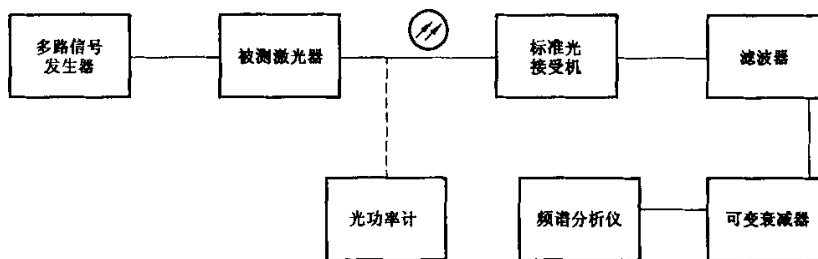


图 A.1 激光器载噪比的测量框图

A.1.3 测量步骤

- a) 分别连接电源线,校准仪器,设置各仪器和仪表初始状态;然后按框图相互连线。
- b) 把多路信号作为调制信号接入被测激光器,把激光器或组件的输出信号接入标准光接收机;调谐频谱分析仪找到被测载波,读出并记录载波峰值电平(记为 A)。
- c) 关掉被测载波,然后用频谱分析仪 Mark 游标测量并记录频道内能量的最小点(记为 B)。
- d) 计算未修正的载噪比 $CNR1$: $CNR1 = A - B$ 。
- e) 由于频谱分析仪测试中使用の中频分辨率带宽比载波的等效噪声带宽小,所以 $CNR1$ 比实际 CNR 要小 C,因此对 $CNR1$ 要作出修正。如载波信号等效噪声带宽为 5.75 MHz,频谱分析仪中频分辨率带宽为 300 kHz,通过简单计算, $CNR1$ 比 CNR 小 12.8 dB。
- f) 频谱分析仪成形误差的修正。由于频谱分析仪通常都用对数放大器之类的成形电路处理信号,噪声峰值相对其余部分噪声有所减小,应作出修正。一般修正值 D 为 2.5 dB 左右。
- g) 计算载噪比 CNR : $CNR = CNR1 - C = A - B - C - D$ 。

附录 B

(规范性附录)

组合二阶互调和组合三阶差拍的测量方法

B.1 组合二阶失调和组合三阶差拍的测量

B.1.1 测量条件

所用测量设备为：

多路信号发生器；

多个激光器组件；

标准光接收机；

光衰减器；

频谱分析仪；

光功率计；

上述测量设备和仪表的技术指标，见第 5 章中相关规定。

环境条件为：

环境温度 $15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ ；

环境湿度 $25\%\text{RH} \sim 75\%\text{RH}$ ；

环境气压 正常大气压。

B.1.2 测量框图

激光器及其组件的组合二阶互调和组合三阶差拍参数测量框图如图 B.1 所示。

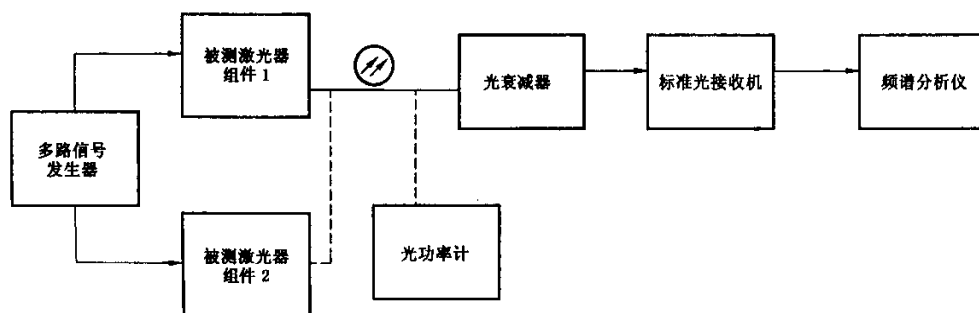


图 B.1 激光器组件的组合二阶互调和组合三阶差拍测量配置框图

B.1.3 测量步骤

激光器及其组件的组合二阶失调和组合三阶差拍测量方法和步骤如下：

- a) 按图中所示进行电气连接和光路连接。
- b) 给激光器及其组件适当施加偏置电流。注意，偏置电流不能超过其极限电流（一般小于 200 mA）；用光功率计测量激光器组件的出纤光功率。
- c) 将多路信号发生器的射频信号作为调制信号，接入驱动电路中。
- d) 调节光衰减器，使其光输出在标准光接收机所需的范围内。
- e) 将标准光接收机的输出接入频谱分析仪中。
- f) 通过频谱分析仪测量相应频道的载噪比。
- g) 调节输入电平，使其载噪比大于规定值，然后根据频谱分析仪的读数，算出组合二阶互调和组合三阶差拍数值。

附 录 C
(资料性附录)

激光器组件可靠性试验分类和试验方法

C.1 可靠性试验分类

激光器组件可靠性试验项目分为机械完整性试验、耐久性试验、特殊试验和电磁兼容试验。

C.2 机械完整性试验、耐久性试验和特殊试验条件

激光器组件可靠性试验条件见表 C.1 所示。

表 C.1 激光器组件可靠性试验条件

试验类别	试验项目	依据标准	试 验 条 件
机械完整性	机械冲击	MIL-STD-883E;2002	条件 B:对具有热敏电阻或温度补偿电路的 PIN(或 APD)/前放组件为:500g,1.0 ms,5 次/轴向;对不具有热敏电阻或温度补偿电路的组件为:1 500g,0.5 ms,5 次/轴向
	变频振动	MIL-STD-883E;2007	条件 A:20g,振动频率 20 Hz~2 000 Hz 之间变化,4 min/周期,在 X、Y、Z 三个方向各进行 4 次循环
耐久性	恒定湿热	Telcordia GR-468-CORE	85℃,85% RH,1 000 h;或 50℃,85% RH,3500 h
	高温寿命	Telcordia GR-468-CORE	环境温度 85℃,额定光功率或工作电压,时间 $\geq 2\,000$ h
	温度循环	Telcordia GR-468-CORE	-40℃~85℃,组件不加电,100 次循环,要求温变率大于 10℃/min,高低温保持时间各大于 30 min
	低温存储	Telcordia GR-468-CORE	-20℃, $\geq 2\,000$ h
特殊试验	ESD 防护	Telcordia GR-468-CORE	500 V

C.3 机械完整性试验、耐久性试验和特殊试验方法

激光器组件的可靠性试验方法参照 Telcordia GR-468-CORE 等标准中相关项目进行。

C.4 机械完整性试验、耐久性试验和特殊试验的失效判据

机械完整性试验、耐久性试验和特殊试验的各项试验完成后,在相同测试条件下,出现以下任意一种情况,即判定试验不合格。

- a) 组件外壳封装破裂或有裂纹、尾纤折断或脱落等;
- b) 激光器组件不能正常工作;

- c) 激光器组件光接口或电接口技术指标不能满足行标、企标或其他相关的规范性文件中规定的要求。

C.5 关于电磁兼容试验

激光器组件的电磁兼容试验,可参考:

- | | | | |
|-------------------|------|---------|------------------|
| GB/T 17626.2—1998 | 电磁兼容 | 试验和测量技术 | 静电放电抗扰度试验; |
| GB/T 17626.3—1998 | 电磁兼容 | 试验和测量技术 | 射频电磁场辐射抗扰度试验; |
| GB/T 17626.4—1998 | 电磁兼容 | 试验和测量技术 | 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验; |
| GB/T 17626.6—1998 | 电磁兼容 | 试验和测量技术 | 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验。 |

附 录 D
(资料性附录)

激光器组件产品检验方法(或规则)

激光器组件产品检验分为出厂常规检验、抽样检验与型式检验。

D.1 出厂常规检验

所有出厂的激光器组件产品都应该进行常规检验,检验项目如下。

D.1.1 光电指标测量

激光器组件在额定工作条件下工作,其测量指标应符合相应的行标、企标或其他规范性文件中规定的光接口及电接口技术指标要求。

D.1.2 高温老化检验

在最大额定工作环境温度下,激光器组件于正常工作状态,老化时间至少应为 24 h。老化后测试指标,其测量结果应该符合相应的规范性文件中规定的光接口及电接口技术要求。

D.2 抽样检验

批检验抽样方法按 GB/T 2829 进行。

D.2.1 外观检查

用眼睛检查产品的外观。当有争议时,通过协商一致,采用适当倍率的放大镜检查。
若产品表面有明显划痕、污损,或产品标识不清晰、不牢靠,则判产品不合格。

D.2.2 光电指标测量

激光器组件通信用在额定工作条件下,测量光接口或电接口所规定的技术指标,其测量结果应该符合相应规定。

D.3 型式检验

D.3.1 检验时机

有下列情况之一时,应进行型式检验。

- a) 产品定型时;
- b) 正式生产后,如结构、材料、工艺有较大改变,可能影响产品性能时;
- c) 产品长期停产后,恢复生产时;
- d) 出厂检验结果与鉴定时的型式检验有较大差别时;
- e) 国家质量监督机构提出进行型式检验要求时。

经受了型式检验的样品,一律不能作为合格品交付使用。

D.3.2 检验方案

型式检验方案与可靠性试验要求方案相同。

D.3.3 检验结果合格性判定

型式检验的各项试验完成后,在相同测量条件下,出现以下任意一种情况,即判定该批不合格。

- a) 激光器组件不能正常工作;
- b) 激光器组件光接口或电接口技术指标不能满足行标、企标或其他相关的规范性文件中规定的要求。

对不影响抽样和试验结果的条件下,一组样品可用于其他分组的检验和试验。