



中华人民共和国国家标准

GB/T 43929—2024

空间用纤维光学器件测试指南

Testing guidelines of fibre optic components for space application

2024-04-25 发布

2024-08-01 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	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 总则	2
4.1 测试目的	2
4.2 测试类型	2
4.3 测试环境	2
4.4 测试人员	2
4.5 测试文件	2
4.6 测试仪器	3
4.7 测试过程	3
4.8 测试文件编写	3
5 测试项目	3
5.1 常温光电指标测试	3
5.2 环境适应性测试	6
6 测试方法	9
6.1 常温光电指标测试	9
6.2 试验中测试	17
7 测试注意事项	26
7.1 测试前准备	26
7.2 测试中器件防护	27
7.3 其他防护	27

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。

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。

本文件由全国宇航技术及其应用标准化技术委员会(SAC/TC 425)提出并归口。

本文件起草单位：北京航天时代光电科技有限公司、中国航天时代电子有限公司。

本文件主要起草人：柳建春、相艳荣、丁东发、刘征宇、巩桂洽、单联洁、于海成、杨长望、汪飞琴、郑大坤、朱艳芸、王寸。

空间用纤维光学器件测试指南

1 范围

本文件提供了空间用纤维光学器件的测试总则、测试项目、测试方法、测试注意事项等指导。

本文件适用于针对空间应用的光纤传感、光纤通信及其他光电系统中使用的纤维光学器件的测试,其他应用领域参照执行。

注:文中纤维光学器件包括带光纤尾纤的光发射器件及组件、光电探测器件及组件、光处理器件及组件。

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 12512—1990 纤维光学衰减器 第1部分:总规范
- GB/T 13265.1—1997 纤维光学隔离器 第1部分:总规范
- GB/T 14733.12 电信术语 光纤通信
- GB/T 16850.1 光放大器试验方法 第1部分:单波道光放大器功率和增益参数
- GB/T 16850.3 光放大器试验方法 第3部分:单波道光放大器噪声参数
- GB/T 16850.4 光纤放大器试验方法基本规范 第4部分:模拟参数——增益斜率的试验方法
- GB/T 16850.5 光纤放大器试验方法基本规范 第5部分:反射参数的试验方法
- GB/T 16850.6 光纤放大器试验方法基本规范 第6部分:泵浦泄漏参数的试验方法
- GB/T 16850.7 光纤放大器试验方法基本规范 第7部分:带外插入损耗的试验方法
- GB/T 18311.2 纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第3-2部分:检查和测量 单模纤维光学器件偏振依赖性
- GB/T 18311.4 纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第3-4部分:检查和测量 衰减
- GB/T 18311.5 纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第3-5部分:检查和测量 衰减对波长的依赖性
- GB/T 18311.6 纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第3-6部分:检查和测量 回波损耗
- GB/T 18311.40 纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第3-40部分:检查和测量 带保偏光纤尾纤连接器的消光比
- GB/T 24365—2009 通信用光电探测器组件测试方法
- GB/T 31359—2015 半导体激光器测试方法
- GB/T 38313 宇航用纤维光学器件设计与验证要求
- SJ/T 2749—2016 半导体激光二极管测试方法
- SJ 20785—2000 超辐射发光二极管组件测试方法
- SJ 20869—2003 铌酸锂集成光学波导调制器测试方法
- YD/T 894.2—2010 光衰减器技术条件 第2部分:光可变衰减器

YD/T 964—1998 1 310 nm/1 550 nm 波分复用器技术要求和测试方法

YD/T 1689—2007 机械式光开关技术要求和测试方法

YD/T 3128—2016 通信用基于波长检测的光纤布拉格光栅

3 术语和定义

GB/T 14733.12、GB/T 38313 界定的术语和定义适用于本文件。

4 总则

4.1 测试目的

器件测试目的如下：

- a) 验证器件是否满足该器件详细规范、用户技术文件或合同的要求；
- b) 发现器件缺陷，用于改进器件设计和生产工艺；
- c) 发现器件失效原因，用于进行产品的失效分析。

4.2 测试类型

器件测试类型包括以下内容。

- a) 常温性能测试：常温试验室环境下测试器件的各种性能指标。
- b) 环境适应性测试：测试规定的环境条件对器件性能指标的影响。环境条件一般包含温度、力学、真空、空间辐照等。

注：在测试条件允许的情况下，测试尽可能采取实时连续采集的方式。

4.3 测试环境

4.3.1 常规测试大气条件

常规测试大气条件：

- a) 温度：18℃～28℃；
- b) 气压：86 kPa～106 kPa；
- c) 相对湿度：30%～70%。

4.3.2 仲裁测试大气条件

如被测器件参数取决于温度、气压、湿度，则宜在以下仲裁测试大气条件下进行测试：

- a) 温度：25℃±1℃；
- b) 气压：86 kPa～106 kPa；
- c) 相对湿度：45%～55%。

4.4 测试人员

测试人员宜满足：

- a) 经过培训和岗位考试并取得上岗证后才能参加测试工作；
- b) 每次测试前，测试人员按规定对测试仪器、工具、测试作业文件进行检查后才能进行测试。

4.5 测试文件

测试文件宜满足：

- a) 对测试现场文件进行管理,保证现场测试文件齐全且现行有效;
- b) 测试文件的管理由非测试执行者的专人执行。

4.6 测试仪器

测试仪器宜满足:

- a) 有检定合格证,并在有效期内;
- b) 保证现场测试仪器的准确度、精度和量程满足测试要求。

4.7 测试过程

测试过程宜满足:

- a) 不定期检查是否按测试指导文件进行测试;
- b) 当发生异常现象或不合格器件较多时,宜停止测试,并报告有关部门,查出原因后再继续进行。

4.8 测试文件编写

测试全过程宜编写的测试文件包括测试大纲、测试细则或测试作业指导书、测试数据跟踪卡或记录单、测试异常分析报告(若有)、测试总结报告等。

5 测试项目

5.1 常温光电指标测试

5.1.1 光发射器件及组件测试项目选择

包括带光纤尾纤的光发射半导体激光二极管光源及组件(LD)、超辐射发光二极管光源及组件(SLD)、掺铒光纤光源(ASE)。常温下光电性能测试项目见表1。

表1 光发射器件及组件测试项目

器件类型	测试项目	测试方法	说明
LD	输出光功率	GB/T 31359—2015 中 5.1	—
	峰值功率	GB/T 31359—2015 中 5.3	脉冲激光器
	工作电流	GB/T 31359—2015 中 5.7	—
	工作电压	GB/T 31359—2015 中 5.8	—
	峰值波长	GB/T 31359—2015 中 5.13	—
	中心波长	GB/T 31359—2015 中 5.15	对称型光谱
	光谱宽度(−13 dB)	GB/T 31359—2015 中 5.14	—
	边模抑制比	GB/T 31359—2015 中 5.22	—
	偏振度	GB/T 31359—2015 中 5.16	—
	阈值电流	GB/T 31359—2015 中 5.9	—
	灾变性光学镜面损伤(COD)阈值	SJ/T 2749—2016 中 5.7	—
	重复频率	GB/T 31359—2015 中 5.17	脉冲激光器
脉冲宽度	GB/T 31359—2015 中 5.18	脉冲激光器	

表 1 光发射器件及组件测试项目（续）

器件类型	测试项目	测试方法	说明
SLD	输出光功率	SJ 20785—2000 中 2001	—
	工作电流	GB/T 31359—2015 中 5.7	—
	工作电压	SJ 20785—2000 中 1001	—
	中心波长	GB/T 31359—2015 中 5.15	对称型光谱
	平均波长	6.1.1	不规则光谱
	光谱宽度(−3 dB)	SJ 20785—2000 中 2003	—
	光谱调制系数	SJ 20785—2000 中 2004	—
	光谱波纹	6.1.2	—
	偏振消光比	SJ 20785—2000 中 2005	—
ASE	输出光功率	SJ 20785—2000 中 2001	—
	工作电流	GB/T 31359—2015 中 5.7	—
	平均波长	6.1.1	—
	光谱宽度(加权)	6.1.3	—
	偏振消光比	SJ 20785—2000 中 2005	—

5.1.2 光电探测器件及组件

包括带光纤尾纤的、多种波段的、光电二极管探测器(PIN)和雪崩光电二极管探测器(APD)光电探测器件及组件,常温光电性能测试项目见表 2。

表 2 光电探测器件及组件测试项目

序号	测试项目	测试方法	说明
1	电流响应度	GB/T 24365—2009 中 4.3.10	—
2	电压响应度	6.1.4	组件
3	光谱响应度	GB/T 24365—2009 中 4.3.1	—
4	暗电流	GB/T 24365—2009 中 4.3.11	—
5	无光噪声电压	6.1.5	组件
6	灵敏度	GB/T 24365—2009 中 4.3.2	—
7	动态范围	GB/T 24365—2009 中 4.3.3	—
8	饱和光功率	GB/T 24365—2009 中 4.3.3	—
9	光回波损耗	GB/T 24365—2009 中 4.3.5	—
10	频率带宽	GB/T 24365—2009 中 4.3.6	组件

5.1.3 光处理器件及组件

包括用于光传输和光处理的无源纤维光学器件,常温光电性能主要测试见表 3。

表 3 光处理器件及组件测试项目

器件类型	测试项目	测试方法	说明
光纤隔离器	工作波段及带宽	GB/T 13265.1—1997 中 4.5.7	—
	插入损耗	GB/T 13265.1—1997 中 4.5.3	—
	隔离度	GB/T 13265.1—1997 中 4.5.4	—
	光回波损耗	GB/T 13265.1—1997 中 4.5.6	—
光纤衰减器	工作波段及带宽	GB/T 12512—1990 中 27.4	—
	衰减	GB/T 12512—1990 中 27.2	等同插入损耗
	衰减精度	YD/T 894.2—2010 中 5.3.7	—
	光回波损耗	GB/T 12512—1990 中 27.3	—
	动态范围	YD/T 894.2—2010 中 5.3.7	可变衰减器
	分辨率	YD/T 894.2—2010 中 5.3.7	
光调制器件	工作波段及带宽	GB/T 18311.5	—
	插入损耗	SJ 20869—2003 中方法 1001	—
	半波电压	SJ 20869—2003 中方法 1004	—
	残余强度调制	SJ 20869—2003 中方法 1006	—
	波形斜度	6.1.6	—
	带宽	SJ 20869—2003 中方法 1005	—
	分光比	SJ 20869—2003 中方法 1002	—
	偏振串音	SJ 20869—2003 中方法 1003	—
	光回波损耗	SJ 20869—2003 中方法 1007	—
光纤耦合器	工作波段及带宽	GB/T 18311.5	—
	插入损耗	GB/T 18311.4	—
	分光比	6.1.7	—
	附加损耗	6.1.8	—
	偏振依赖性	GB/T 18311.2	—
	光回波损耗	GB/T 18311.6	—
	偏振串音	GB/T 18311.40	保偏耦合器
波分复用器	工作波段及带宽	YD/T 964—1998 中 6.9	不局限 1 310 nm/1 550 nm 波分 复用器,其他波段器 件除波长外,测试方 法等同采用
	插入损耗	YD/T 964—1998 中 6.4	
	光回波损耗	YD/T 964—1998 中 6.5	
	隔离度	YD/T 964—1998 中 6.6	
	偏振相关损耗	YD/T 964—1998 中 6.8	
光纤偏振器	工作波段及带宽	GB/T 18311.5	—
	插入损耗	SJ 20869—2003 中方法 1001	—
	偏振串音	SJ 20869—2003 中方法 1003	—

表 3 光处理器件及组件测试项目（续）

器件类型	测试项目	测试方法	说明
光纤光栅	中心波长	YD/T 3128—2016 中 5.3.4	—
	边模抑制比	YD/T 3128—2016 中 5.3.4	—
	带宽	YD/T 3128—2016 中 5.3.4	—
	反射率	YD/T 3128—2016 中 5.3.5	反射型光栅
	透射率(插入损耗)	YD/T 3128—2016 中 5.3.5	透射型光栅
光纤反射镜	工作波段及带宽	GB/T 18311.5	—
	反射率	6.1.9	—
光开关	插入损耗	YD/T 1689—2007 中 6.3.1	不局限机械式光开关， 其他光开关测试 等同采用
	串扰	YD/T 1689—2007 中 6.3.2	
	偏振相关损耗	YD/T 1689—2007 中 6.3.3	
	回波损耗	YD/T 1689—2007 中 6.3.4	
	开关时间	YD/T 1689—2007 中 6.3.5	
	重复性	YD/T 1689—2007 中 6.3.6	
光纤放大器	增益	GB/T 16850.1	包括掺铒光纤放大器、 其他掺杂有源光纤放 大器、拉曼光纤放大 器、半导体放大器
	光功率	GB/T 16850.1	
	噪声系数	GB/T 16850.3	
	增益斜率	GB/T 16850.4	
	反射	GB/T 16850.5	
	泵浦泄露	GB/T 16850.6	
	插入损耗	GB/T 16850.7	

5.2 环境适应性测试

5.2.1 试验前后测试项目选择

试验中施加的环境条件对器件参数造成不可能恢复的影响,或者恢复缓慢,宜在试验后限定的时间内完成测试,并与试验前测试参数进行对比判断。测试项目与试验环境相关,环境试验前、后测试一般包括表 4 中项目。

表 4 试验前、后指标测试项目

器件类型	测试项目	温度	力学	辐照	热真空	测试方法	说明
光发射器件及 组件	输出光功率	●	●	●	●	同表 1	—
	平均波长	●	○	●	●		或中心波长/峰值波长
	光谱宽度	○	—	—	—		—
	阈值电流	●	●	●	—		LD 器件
	COD 阈值	●	—	●	—		因测试后器件损伤,试验 前后 COD 阈值测试对比可 采用同型号同批次器件
	边模抑制比	○	—	—	—		

表 4 试验前、后指标测试项目 (续)

器件类型	测试项目	温度	力学	辐照	热真空	测试方法	说明
光探测器件及组件	响应度	●	●	●	●	同表 2	电压或电流响应度
	暗电流	●	—	●	●		—
	无光噪声电压	●	—	●	●		组件
	频率带宽	●	○	●	○		—
光处理器件及组件	光纤隔离器	插入损耗	●	●	●	●	—
		隔离度	●	○	○	○	—
	光纤衰减器	衰减	●	●	●	●	—
		光回波损耗	○	○	○	○	—
	光调制器件	插入损耗	●	●	●	●	—
		半波电压	●	○	—	●	—
		偏振串音	●	—	○	●	带起偏功能调制器
	光纤耦合器	插入损耗	●	●	●	●	—
		附加损耗	●	●	●	●	—
		偏振串音	●	—	○	●	保偏耦合器
	波分复用器	插入损耗	●	●	●	●	—
		隔离度	●	—	—	○	—
	光纤偏振器	插入损耗	●	●	●	●	—
		偏振串音	●	—	○	●	—
	光纤光栅	中心波长	●	—	●	●	—
		反射率	●	●	●	●	反射型光栅
		透射率	●	●	●	●	透射型光栅
	光纤反射镜	反射率	●	●	●	●	—
	光开关	插入损耗	●	●	●	●	—
		串扰	●	●	●	●	—
回波损耗		●	●	○	○	—	
开关时间		●	●	—	—	—	
重复性		●	●	○	○	—	
光纤放大器	增益	●	●	●	●	—	
	光功率	●	●	●	●	—	
	噪声系数	●	○	●	○	—	
	增益斜率	●	○	●	○	—	

注：“●”代表推荐做项目；“○”代表选做项目；“—”代表不做项目。

5.2.2 试验中测试项目选择

试验中测试项目一般包括表 5 中列出的项目。环境试验如存在试验时间较长(如温度试验)或时间过短(如冲击试验)、危险且无法现场操作(如辐照试验)等情况,宜采用自动化实时采集数据的测试方法。试验过程中详细情况如下。

- a) 对于需要有输入参数参与计算的器件指标(如插入损耗、响应度、增益等),宜把输入设备置于试验环境外的稳定环境,输入指标视为常值。通过对采集的器件输出参数的计算(计算过程中常值被约分),获得器件指标的变化量(如插入损耗变化量、响应度变化量、增益变化量等)。
- b) 温度环境试验,测试前宜设定温箱温度范围、温变速率、保温时间,保温时间设定确保受试器件在保温期间达到温度设定值。试验过程中,宜对器件尾纤进行固定处理,避免温箱内、外气流对光纤扰动造成测试影响。
- c) 力学环境试验包括振动试验和机械冲击试验,试验前先把器件及其尾纤固定在试验台面上。带螺钉安装孔的器件,螺钉拧紧力矩满足标准要求。管脚直插器件采用压条安装或插孔焊接安装,压条安装保护好器件管脚且不能造成器件变形或损伤。钢管封装的无源器件在卡槽内压紧安装,在卡槽内涂胶或粘接胶带,避免器件在卡槽内因安装不稳而相对活动造成损伤。在试验测试过程中,带管脚的器件一般附带夹具或焊接导线,宜避免夹具或焊接导线悬空而造成管脚剪切断裂或损伤。测试中自动采集的采样速率能确保发现器件振动过程中的频率共振点或冲击过程中被测参数的突变点。
- d) 辐照环境试验包括 γ 射线电离总剂量试验,中子、质子、重粒子射线位移损伤试验等。辐射剂量率、总剂量、粒子能量等条件的设定宜考虑器件的材料厚度对粒子束穿透深度的影响。延长测试用的光纤光缆和电导线在试验室内安全布线,考虑因延长传输而带来的光路损耗、噪声、压降等因素,宜优先选用光缆和屏蔽线。试验过程中,做好人员和测试设备的防护,对有辐射残留的受试样,在残余辐射降到安全值以下前,避免接触。考虑试验中二次辐射对试验结果的影响。低能质子或重粒子辐照,受试样需要在真空环境进行,提前制作保证密封效果的光纤过孔法兰。
- e) 热真空环境试验中通过热传导和热辐射进行温度控制,试验中确保器件与热沉板良好接触无遮挡。提前制作保证密封效果的光纤过孔法兰。

表 5 器件环境适应性指标测试项目

器件类型	测试项目	温度	力学	辐照	热真空	测试方法	说明
光发射器件及组件	光功率变化率	●	●	●	●	6.2.1	—
	平均波长变化量	●	—	●	●	6.2.2	或中心波长/峰值波长
	启动时间	●	—	—	—	6.2.3	组件,带制冷
光探测器件及组件	响应度变化量	●	●	●	●	6.2.4	电压或电流响应度
	噪声电压最大值	●	—	○	●	6.2.5	组件

表 5 器件环境适应性指标测试项目（续）

器件类型	测试项目	温度	力学	辐照	热真空	测试方法	说明	
光 处 理 器 件 及 组 件	光纤隔离器	插入损耗变化量	●	●	●	●	6.2.6	—
	光纤衰减器	衰减变化量	●	●	●	●	6.2.6	—
	光调制器件	插入损耗变化量	●	●	●	●	6.2.6	—
		偏振串音变化量	●	—	○	○	6.2.7	带起偏功能调制器
	光纤耦合器	插入损耗变化量	●	●	●	●	6.2.6	—
		偏振串音变化量	●	—	○	○	6.2.7	保偏耦合器
	波分复用器	插入损耗变化量	●	●	●	●	6.2.6	—
	光纤偏振器	插入损耗变化量	●	●	●	●	6.2.6	—
		偏振消光比变化量	●	—	○	○	6.2.7	—
	光纤光栅	中心波长变化量	●	○	●	○	6.2.8	—
		插入损耗变化量	●	●	●	●	6.2.6	透射型光栅
		插入损耗变化量 (反射)	●	●	●	●	6.2.9	反射型光栅
	光纤反射镜	插入损耗变化量 (反射)	●	●	●	●	6.2.9	—
	光开关	插入损耗变化量	●	●	●	●	6.2.10	—
		串扰变化量	●	●	●	●	6.2.11	—
光纤放大器	增益稳定度	●	●	●	●	6.2.12	—	
	中心波长变化量	●	○	●	○	6.2.13	—	

注：“●”代表推荐做项目；“○”代表选做项目；“—”代表不做项目。

6 测试方法

6.1 常温光电指标测试

6.1.1 平均波长

6.1.1.1 测试设备

测试设备如下：

- a) 驱动源；
- b) 光谱分析仪。

6.1.1.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 测试线缆连接见图 1,驱动源输出电流满足要求值；
- b) 设置光谱仪扫描方式、波长扫描范围、波长分辨率；

c) 扫描器件光谱,保存光谱数据。

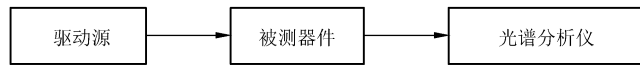


图 1 平均波长测试原理图

6.1.1.3 计算方法

按照公式(1)计算得出光源的平均波长:

$$\bar{\lambda} = \frac{\sum_{i=0}^n P(\lambda_i) \lambda_i}{\sum_{i=0}^n P(\lambda_i)} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- $\bar{\lambda}$ ——光源平均波长,单位为纳米(nm);
- λ_i ——功率谱上某个采样点的波长,单位为纳米(nm);
- $P(\lambda_i)$ ——波长为 λ_i 的采样点对应的功率值,单位为毫瓦(mW);
- n ——采样点数,单位为个。

6.1.2 光谱波纹

6.1.2.1 测试设备

同 6.1.1.1。

6.1.2.2 测试步骤及计算方法

测试步骤如下:

- a) 测试连接及驱动源设置同 6.1.1.2;
- b) 光谱仪波长扫描范围不大于 20 nm,纵坐标不大于 0.1 dB/格;
- c) 光谱波纹为峰值波长波峰与相邻波谷的差值(取较大值),单位为 dB,见图 2。

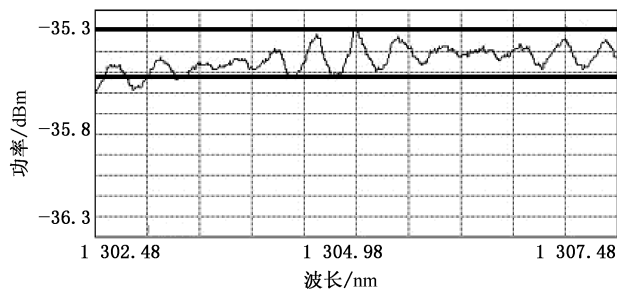


图 2 光谱波纹测试

6.1.3 光谱宽度(加权)

6.1.3.1 测试设备

同 6.1.1.1。

6.1.3.2 测试步骤

同 6.1.1.2。

6.1.3.3 计算方法

按公式(2)计算平均波长变化:

$$\Delta\lambda = \frac{\left[\sum_{i=1}^n P(\lambda_i) \Delta\lambda_s \right]^2}{\sum_{i=1}^n P^2(\lambda_i) \Delta\lambda_s} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- $\Delta\lambda$ —— 光纤光源的光谱宽度,单位为纳米(nm);
- $P(\lambda_i)$ —— 波长为 λ_i 的采样点对应的功率值,单位为毫瓦(mW);
- $\Delta\lambda_s$ —— 光谱扫描波长分辨率,单位为纳米(nm);
- n —— 采样点数,单位为个。

6.1.4 电压响应度

6.1.4.1 测试设备

测试设备如下:

- a) 可调制光源(测试用光源设备在常温环境下光功率 8 h 稳定性宜优于 0.05 dB);
- b) 可变光衰减器;
- c) 光功率计;
- d) 光纤耦合器;
- e) 直流稳压电源;
- f) 万用表。

6.1.4.2 测试步骤

测试步骤如下:

- a) 按图 3 连接好电路、光路;
- b) 给探测器施加规定的电源电压;
- c) 调节可变光衰减器的衰减量,使光功率为规定值;
- d) 用万用表第一次测试探测器的输出信号直流电压值;
- e) 调节可变光衰减器的衰减量,使光功率为规定值;
- f) 用万用表第二次测试探测器的输出信号直流电压值。

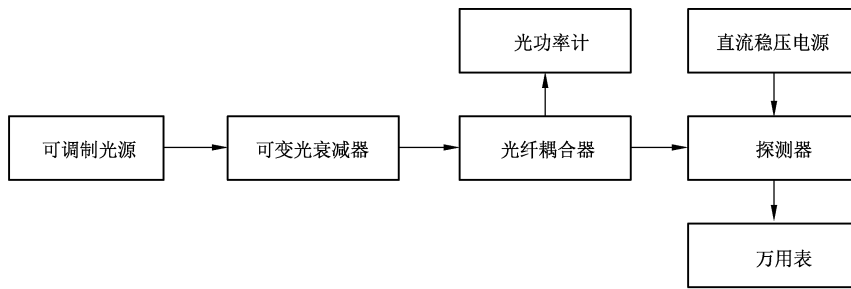


图3 电压响应度测试原理图

6.1.4.3 计算方法

按公式(3)计算探测器的电压响应度。

$$R_e = (V_2 - V_1) / (P_2 - P_1) \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- R_e ——探测器的电压响应度,单位为伏每微瓦($V/\mu W$)；
- V_1 ——第一次测试探测器的输出电压直流值,单位为伏(V)；
- V_2 ——第二次测试探测器的输出电压直流值,单位为伏(V)；
- P_1 ——第一次测试光纤耦合器输出的光功率,单位为微瓦(μW)；
- P_2 ——第二次测试光纤耦合器输出的光功率,单位为微瓦(μW)。

6.1.5 无光噪声电压

6.1.5.1 测试设备

测试设备如下：

- a) 直流稳压电源；
- b) 噪声毫伏表(毫伏表分辨率要求宜优于 0.01 mV,频率带宽高于被测器件带宽)。

6.1.5.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 按图 4 连接好电路,用毫伏表测试出测试系统的背景噪声电压有效值 V_b ；
- b) 按图 5 连接好光路,给被测探测器施加规定的电源电压；
- c) 在无光照条件下,用毫伏表测试探测器输出噪声电压有效值 V_{nl} 。

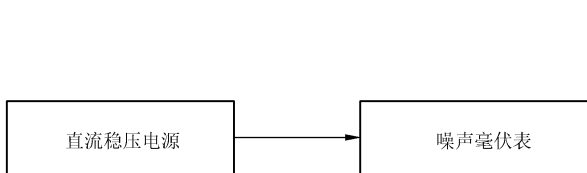


图4 无光噪声电压测试原理图

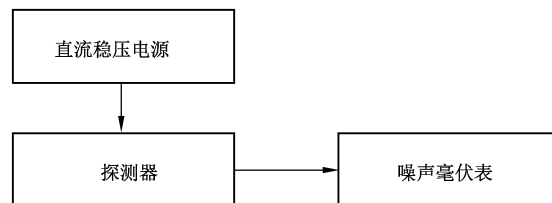


图5 噪声电压测试原理图

6.1.5.3 计算方法

按公式(4)计算噪声电压有效值。

$$V_n = V_{n1} - V_b \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中：

V_n ——探测器的输出噪声电压有效值,单位为毫伏(mV)；

V_{n1} ——探测器与测试系统的输出噪声电压有效值,单位为毫伏(mV)；

V_b ——测试系统的背景噪声电压有效值,单位为毫伏(mV)。

6.1.6 波形斜度

6.1.6.1 测试设备

测试设备如下：

- a) 光源；
- b) 光电探测器；
- c) 信号发生器；
- d) 示波器；
- e) 光纤耦合器。

6.1.6.2 测试步骤

测试步骤包括如下内容。

- a) 按如图 6 连接好光路,将调制器的输出尾纤与光纤环(推荐长度 500 m)熔接在一起,且光纤耦合器的闲置端置于匹配液中或盘成直径为 5 mm 小圈。
- b) 将信号发生器产生的频率为 f 的调制锯齿波信号加于调制器上,由示波器监测光电探测器和信号发生器的输出信号, f 的计算方法见公式(5)。
- c) 调节信号发生器,由零开始逐渐增加调制信号的幅值,使光电探测器的输出波形幅值由零增至第一次回到零时为止(除去尖峰脉冲)。此时,调制信号的幅值的一半为调制器的半波电压 V_π 。
- d) 测量调制状态下光电探测器输出波形在 1τ 内的幅值(除去尖峰脉冲) ΔV_1 。
- e) 将信号发生器改为方波调制,信号频率不变,信号幅值变为 $V_\pi/2$,测量此调制状态下光电探测器输出波形幅值 ΔV_2 。
- f) 调制器输入电信号按照管脚定义分正向和反向接入,两次测试波形斜度。

$$f = \frac{1}{4\tau}, \tau = \frac{n \times L}{c} \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中：

f ——调制锯齿波信号的频率,单位为赫兹(Hz)；

τ ——光在光纤环中的渡越时间,单位为秒(s)；

n ——光纤的折射率；

L ——光纤环的长度,单位为米(m)；

c ——光速,单位为米每秒(m/s)。

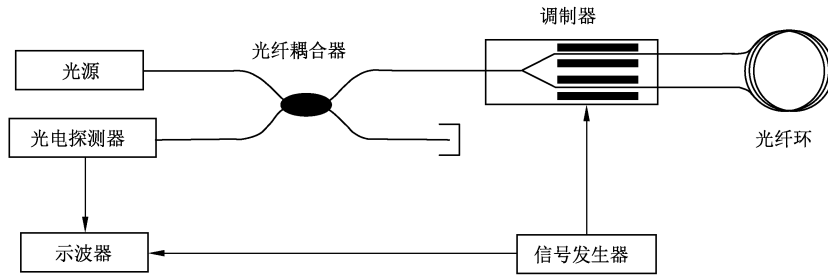


图 6 波形斜度测试原理图

6.1.6.3 计算方法

按公式(6)计算波形斜度 S 。

$$S = \frac{\Delta V_1}{\Delta V_2} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

式中：

- S ——调制器的波形斜度；
- ΔV_1 ——光电探测器输出波形在 1τ 内的幅值(除去尖峰脉冲)，单位为毫伏(mV)；
- ΔV_2 ——光电探测器输出波形幅值，单位为毫伏(mV)。

6.1.7 分光比



6.1.7.1 测试设备

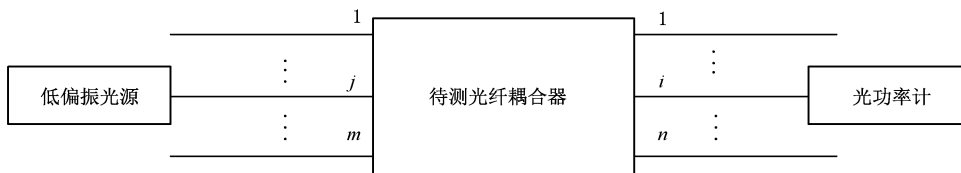
测试设备如下：

- a) 低偏振光源；
- b) 光功率计。

6.1.7.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 按照图 7 将被测耦合器的输入端 j 与光源的输出端连接；
- b) 将输出尾纤 1 到尾纤 n 用裸光纤与适配器与光功率计分别连接；
- c) 在功率计上分别读出输出端功率 $P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_n$ 。



注 1：光源与输入尾纤连接方式采用裸光纤适配器连接，也能采用熔接方式连接。

注 2：耦合器输出尾纤的闲置端做悬空处理。

图 7 分光比测试装置原理图

6.1.7.3 计算方法

耦合器输入端 j 对应的分光比由公式(7)计算得到。

$$CR_j = \left[\frac{P_1}{\sum_{i=1}^n P_i} \times 100\% \right] : \left[\frac{P_2}{\sum_{i=1}^n P_i} \times 100\% \right] : \dots : \left[\frac{P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \times 100\% \right] : \dots : \left[\frac{P_n}{\sum_{i=1}^n P_i} \times 100\% \right] \dots\dots (7)$$

式中：

CR_j —— 输入端 j 对应的分光比；

P_1 —— 1 端输出功率，单位为微瓦(μW)；

P_2 —— 2 端输出功率，单位为微瓦(μW)；

P_i —— i 端输出功率，单位为微瓦(μW)；

P_n —— n 端口输出功率，单位为微瓦(μW)。

注：相同符号参数代表的含义相同，与 6.1.8 相同。

6.1.8 附加损耗

6.1.8.1 测试设备

测试设备同 6.1.7.1。

6.1.8.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 按照图 8 将被测耦合器的输入端 j 与光源输出尾纤熔接；
- b) 将输出尾纤 1 到尾纤 n 用裸光纤适配器与光功率计连接，在光功率计上分别读出输出端功率 $P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_n$ ；
- c) 在耦合器的输入端的 A 点截断输入尾纤；
- d) 将截断的尾纤用裸光纤适配器连接光功率计，在光功率计上读出 j 端的输入功率 P_j 。



注：耦合器输出尾纤的闲置端做悬空处理。

图 8 附加损耗测试装置原理图

6.1.8.3 计算方法

耦合器输入端 j 的附加损耗由公式(8)给出。

$$EL_j = -10 \times \lg \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{P_j} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

EL_j —— 光纤耦合器附加损耗，单位为分贝(dB)；

P_j —— j 端的输入功率，单位为微瓦(μW)。

6.1.9 反射率

6.1.9.1 测试设备

测试设备如下：

- a) 光源；
- b) 光功率计；
- c) 光纤耦合器。

6.1.9.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 按图 9 a)所示,将光源的输出尾纤与光纤耦合器“3”端尾纤熔接后,光纤耦合器悬空端(“4”端)蘸入匹配液中或盘成直径为 5 mm 小圈；
- b) 测试光纤耦合器“2”端的光功率,并记录光功率计读数为 P_0 ；
- c) 在光纤耦合器“3”端靠近光纤耦合器,距离熔接点 10 cm 左右处的 A 点截断光纤耦合器的尾纤,测试光源的光功率,并记录光功率计读数为 P_A ；
- d) 按图 9 b)所示,将反射镜的尾纤与光纤耦合器“3”端尾纤熔接；
- e) 测试光纤耦合器“2”端的光功率,并记录光功率计读数为 P_1 ；
- f) 在光纤耦合器“3”端靠近反射镜,距离熔接点 10 cm 左右处的 C 点截断反射镜的尾纤,测试光纤耦合器“3”端的光功率,并记录光功率计读数为 P_C ；
- g) 在光纤耦合器“3”端距离熔接点 5 cm 左右处的 B 点截断光纤耦合器的尾纤,测试光纤耦合器“3”端的光功率,并记录光功率计读数为 P_B 。
- h) 重复测试同型号的多只器件,步骤 a)~c)可不重复,重复步骤 d)~g)。

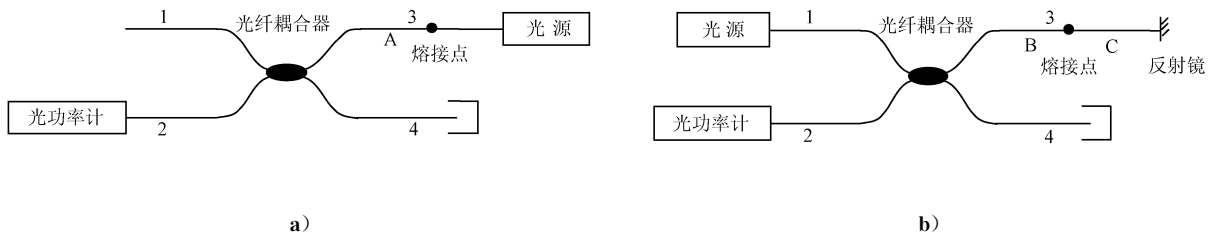


图 9 反射镜反射率测试原理图

6.1.9.3 计算方法

按公式(9)计算反射镜的反射率 R 。

$$R = \frac{P_1}{\frac{P_0}{P_A} \times \frac{P_C}{P_B} \times P_C} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中：

- R —— 反射镜的反射率；
- P_0 —— 未接入反射镜,光纤耦合器“2”端的光功率,单位为毫瓦(mW)；
- P_1 —— 接入反射镜,光纤耦合器“2”端的光功率,单位为毫瓦(mW)；

P_A ——带熔接点光源的光功率,单位为毫瓦(mW);

P_B ——除去熔接点后,光纤耦合器的“3”端的光功率,单位为毫瓦(mW);

P_C ——带熔接点光纤耦合器的“3”端的光功率,单位为毫瓦(mW)。

6.2 试验中测试

6.2.1 光功率变化率

6.2.1.1 测试设备

测试设备如下:

- a) 驱动源;
- b) 光功率计;
- c) 数据记录装置;
- d) 环境设备(如:温箱等)。

6.2.1.2 测试步骤

测试步骤如下:

- a) 按图 10 连接测试系统,并进行仪器预热;
- b) 给光源施加规定的工作电流,设置环境设备工作条件,如温度、力学、辐照、热真空等;
- c) 通过数据记录装置记录光功率的值,每个阶段宜至少记录一个数据。

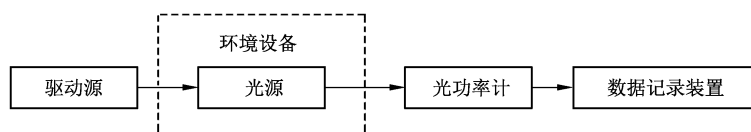


图 10 输出功率环境条件下稳定性测试原理图

6.2.1.3 计算方法

按公式(10)计算输出功率稳定性:

$$\eta = 2 \times \frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_{\max} + P_{\min}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中:

- η ——光源的输出功率稳定性;
- P_{\max} ——环境变化过程中,光源输出功率的最大值,单位为毫瓦(mW);
- P_{\min} ——环境变化过程中,光源输出功率的最小值,单位为毫瓦(mW)。

6.2.2 平均波长变化量

6.2.2.1 测试设备

测试设备如下:

- a) 驱动源;
- b) 光谱分析仪;
- c) 数据记录装置;

d) 环境设备。

6.2.2.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 按图 11 连接测试系统,并进行仪器预热；
- b) 给光源施加规定的工作电流,设置环境设备工作条件,如温度、辐照、热真空等；
- c) 利用数据记录装置,实时记录平均波长。

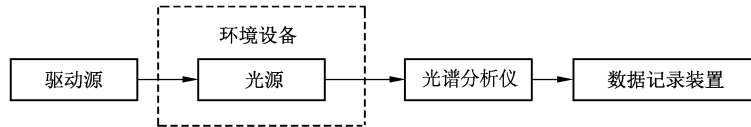


图 11 平均波长随环境条件变化特性测试原理图

6.2.2.3 计算方法

按公式(1)计算平均波长,按公式(11)计算平均波长稳定性：

$$k_{\bar{\lambda}} = \frac{\bar{\lambda}_{\max} - \bar{\lambda}_{\min}}{\bar{\lambda}} \dots\dots\dots (11)$$

式中：

- $k_{\bar{\lambda}}$ ——光源的平均波长稳定性；
- $\bar{\lambda}$ ——光源环境试验前平均波长值,单位为纳米(nm)；
- $\bar{\lambda}_{\max}$ ——环境条件变化过程中的平均波长值最大值,单位为纳米(nm)；
- $\bar{\lambda}_{\min}$ ——环境条件变化过程中的平均波长值最小值,单位为纳米(nm)。

6.2.3 启动时间

6.2.3.1 测试设备

测试设备如下：

- a) 驱动源；
- b) 光功率计；
- c) 数据记录装置；
- d) 环境设备。

6.2.3.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 按图 12 连接测试系统,按仪器设备要求进行预热；
- b) 调整驱动源的驱动电流至光源达到规定值后,关闭驱动源,保持设备的驱动电流值；
- c) 设置环境设备工作条件；
- d) 打开光源驱动源的同时,通过数据记录装置记录辐射功率值,采样频率宜不小于 10 Hz,光源辐射功率达到规定工作电流下稳态输出功率的±15%的时间为启动时间。

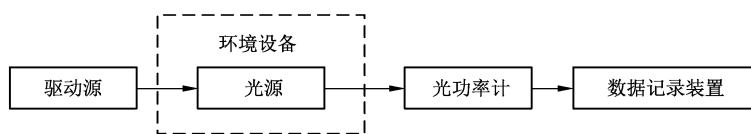


图 12 启动时间测试原理图

6.2.4 响应度变化量

6.2.4.1 测试设备

测试设备如下：

- a) 可调光源(光功率 4 h 稳定性宜优于 0.05 dB)；
- b) 直流稳压源；
- c) 光纤耦合器；
- d) 光功率计；
- e) 电信号采集系统；
- f) 环境设备。

6.2.4.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 按照图 13 将被测探测器放入环境设备；
- b) 采用与标称波长相对应的低偏振稳定光源；
- c) 打开直流稳压源，设置环境设备工作条件，如温度、力学、辐照、热真空等；
- d) 当环境条件到达第 i 个测试点(共 n 个测试点)并稳定后，实时采集探测器无光输入下的输出信号(电压或电流)，并计算出采样时间内信号的平均值 \bar{V}'_{i0} 或 \bar{I}'_{i0} ；
- e) 调节光源光功率使探测器工作在线性区并为固定值(计算中被约分)，实时采集探测器输出信号(电压或电流)，并计算出采样时间内的平均值 \bar{V}'_{i1} 或 \bar{I}'_{i1} ；
- f) 关闭光源，环境设备达到下一个测试点，达到重复步骤 d) 和 e)，直至完成测试。

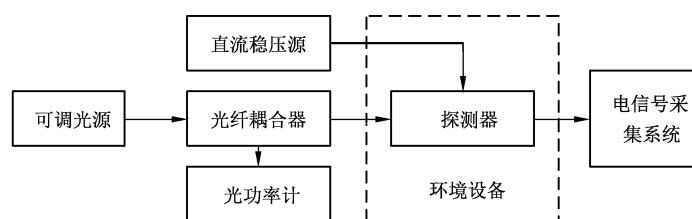


图 13 响应度变化量测试原理图

6.2.4.3 计算方法

全环境条件下所有测试点的电压响应度变化量 ΔR_V 由公式(12)计算得到。

$$\Delta R_V = 2 \times \left| \frac{\max_{1 \leq i \leq n} (\bar{V}'_{i1} - \bar{V}'_{i0}) - \min_{1 \leq i \leq n} (\bar{V}'_{i1} - \bar{V}'_{i0})}{\max_{1 \leq i \leq n} (\bar{V}'_{i1} - \bar{V}'_{i0}) + \min_{1 \leq i \leq n} (\bar{V}'_{i1} - \bar{V}'_{i0})} \right| \times 100\% \quad (12)$$

式中：

ΔR_V ——环境条件内电压响应度变化量；

\bar{V}'_{i0} ——第 i 个测试点，探测器的零位电压均值，单位为伏(V)；

\bar{V}'_{i1} ——第 i 个测试点,输入光功率条件下的探测器输出电压均值,单位为伏(V)。

全环境条件下所有测试点的电流响应度变化量 ΔR_1 由公式(13)计算得到。

$$\Delta R_1 = 2 \times \left| \frac{\max_{1 \leq i \leq n} (\bar{I}'_{i1} - \bar{I}'_{i0}) - \min_{1 \leq i \leq n} (\bar{I}'_{i1} - \bar{I}'_{i0})}{\max_{1 \leq i \leq n} (\bar{I}'_{i1} - \bar{I}'_{i0}) + \min_{1 \leq i \leq n} (\bar{I}'_{i1} - \bar{I}'_{i0})} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (13)$$

式中:

ΔR_1 ——环境条件内电流响应度变化量;

\bar{I}'_{i0} ——第 i 个测试点,探测器的零位电压均值,单位为毫安(mA);

\bar{I}'_{i1} ——第 i 个测试点,输入光功率条件下的探测器输出电压均值,单位为毫安(mA)。

6.2.5 无光噪声电压最大值

6.2.5.1 测试设备

测试设备如下:

- a) 直流稳压电源;
- b) 噪声毫伏表(毫伏表分辨率宜优于 0.01 mV,频率带宽高于被测器件带宽);
- c) 数据记录装置。

6.2.5.2 测试步骤

测试步骤如下:

- a) 按图 14 连接光路;
- b) 打开直流稳压源,设置环境设备工作条件,如温度、力学、辐照、热真空等;
- c) 在试验过程的每一个稳定测试点采集记录探测器无光输出电压有效值;
- d) 所有测试点的噪声电压的最大值为全过程无光噪声电压最大值。



图 14 噪声电压测试原理图

6.2.6 插入损耗变化量

6.2.6.1 测试设备

测试设备如下:

- a) 低偏振光源(光功率 4 h 稳定性宜优于 0.05 dB);
- b) 光功率计;
- c) 数据记录装置;
- d) 环境设备。



6.2.6.2 测试步骤

测试步骤如下:

- a) 按图 15 所示连接光路;
- b) 调节光源输出规定光功率,设置环境设备工作条件,如温度、力学、辐照、热真空等;
- c) 光功率计单位设置为 dBm,通过数据记录装置自动采集;

d) 采集全过程被测器件的输出光功率值 P 。

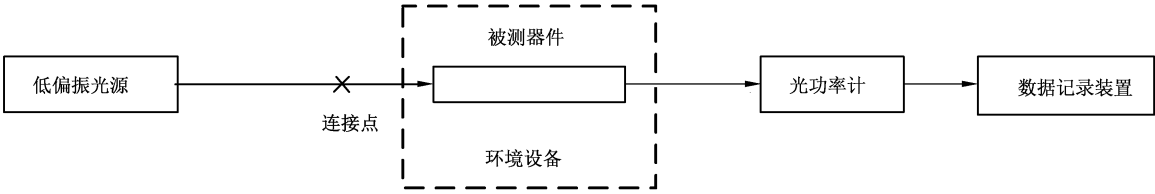


图 15 插入损耗变化量测试原理图

6.2.6.3 计算方法

被测器件在环境条件下的插入损耗变化量由公式(14)计算得到。

$$\Delta IL = P_{\max} - P_{\min} \dots\dots\dots (14)$$

式中：

- ΔIL —— 被测器件的插入损耗变化量,单位为分贝(dB);
- P_{\max} —— 被测器件在环境条件下输出光功率的最大值,单位为毫瓦分贝(dBm);
- P_{\min} —— 被测器件在环境条件下输出光功率的最小值,单位为毫瓦分贝(dBm)。

6.2.7 偏振串音变化量

6.2.7.1 测试设备

测试设备如下。

- a) 光源(对于自身具有起偏功能的器件,如光纤偏振器、光调制器,宜采用低偏振光源;对于保偏耦合器等偏振保持器件,宜用高偏光源,输出光消光比宜不小于 28 dB;光功率 4 h 稳定性宜优于 0.05 dB)。
- b) 消光比测试仪。
- c) 数据记录装置。
- d) 环境设备。

6.2.7.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 按照图 16 将光源与起偏器连接,被测器件的输入端与起偏器输出端连接;
- b) 调节光源,输出规定光功率,设置环境设备工作条件,如温度、辐照、热真空等;
- c) 被测器件输出端与消光比测试仪相连,采集全过程被测器件的消光比值 PER 。

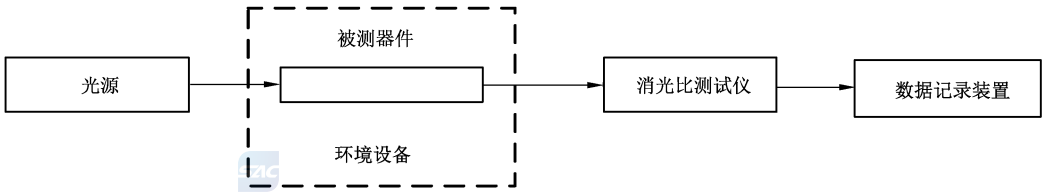


图 16 偏振串音变化量测试装置原理图

6.2.7.3 计算方法

被测器件在环境条件下的偏振串音由公式(15)计算得到。

$$\Delta PER = PER_{\max} - PER_{\min} \dots\dots\dots (15)$$

式中：

- ΔPER —— 被测器件的偏振串音变化量,单位为分贝(dB);

PER_{max} ——被测器件在环境条件下偏振串音的最大值,单位为分贝(dB);

PER_{min} ——被测器件在环境条件下偏振串音的最小值,单位为分贝(dB)。

6.2.8 中心波长变化量(光纤光栅)

6.2.8.1 测试设备

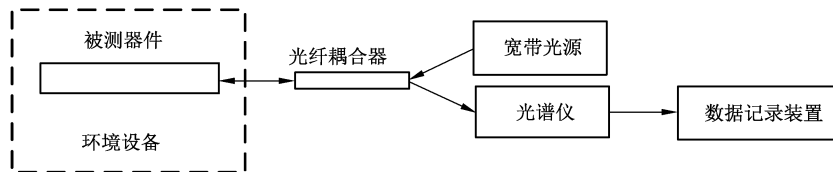
测试设备如下。

- a) 宽带光源(提供包含光栅反射波长的宽带光源,光谱宽度宜大于中心波长±10 nm;光功率4 h稳定性宜优于0.05 dB)。
- b) 光纤耦合器。
- c) 光谱分析仪。
- d) 数据记录装置。
- e) 环境设备。

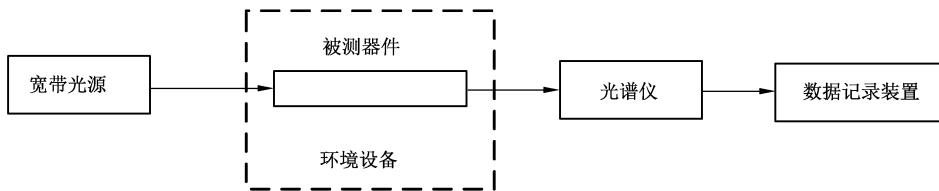
6.2.8.2 测试步骤

测试步骤如下:

- a) 按图 17a)和图 17b)分别连接反射式光栅和透射式光栅测试系统;
- b) 调节宽带光源,输出规定光功率,设置环境设备工作条件,如温度、力学、辐照、热真空等;
- c) 利用数据记录装置,实时采集中心波长 λ 。



a) 反射式光纤光栅



b) 透射式光纤光栅

图 17 光纤光栅中心波长随环境变化特性测试原理图

6.2.8.3 计算方法

按公式(16)计算中心波长变化量:

$$k_{\lambda} = \lambda_{max} - \lambda_{min} \dots\dots\dots (16)$$

式中:

- k_{λ} ——中心波长变化量,单位为纳米(nm);
- λ_{max} ——中心波长最大值,单位为纳米(nm);
- λ_{min} ——中心波长最小值,单位为纳米(nm)。

6.2.9 插入损耗变化量(反射)

6.2.9.1 测试设备

测试设备如下:

- a) 光源(光功率4 h稳定性宜优于0.05 dB);

- b) 光纤耦合器；
- c) 光功率计；
- d) 数据记录装置；
- e) 环境设备。

6.2.9.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 按照图 18 连接光路,调节光源输出规定光功率；
- b) 设置环境设备工作条件,如温度、力学、辐照、热真空等；
- c) 通过数据记录装置自动采集光功率计的值。

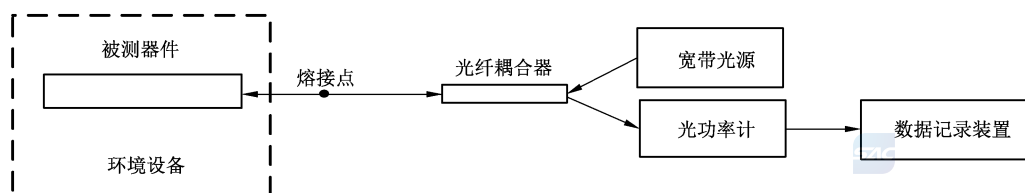


图 18 反射率随环境变化特性测试原理图

6.2.9.3 计算方法

反射插入损耗变化量计算方法见公式(14)。

6.2.10 光开关插入损耗变化量

6.2.10.1 测试设备

测试设备如下：

- a) 光源(光功率 4 h 稳定性宜优于 0.05 dB)；
- b) 多通道光功率计；
- c) 光开关切换控制电路；
- d) 数据记录装置；
- e) 环境设备。

6.2.10.2 测试步骤

测试步骤包括如下内容。

- a) 按图 19 所示连接光路,光开关输出通道依次与多通道光功率计通道连通,通过控制电路控制光开关各通道依次选通。
- b) 调节光源,输出规定光功率,设置环境设备工作条件,如温度、力学、辐照、热真空等。
- c) 多通道光功率计单位设置为 dBm。
- d) 依次控制光开关通道顺序选通,每次选通后光功率计均读取每个通道的光功率值,得到被选通通道的有光光功率值和未被选通通道的无光串扰光功率值,分别按通道号存储。在环境试验时段内,循环控制光开关选通和光功率计读数。

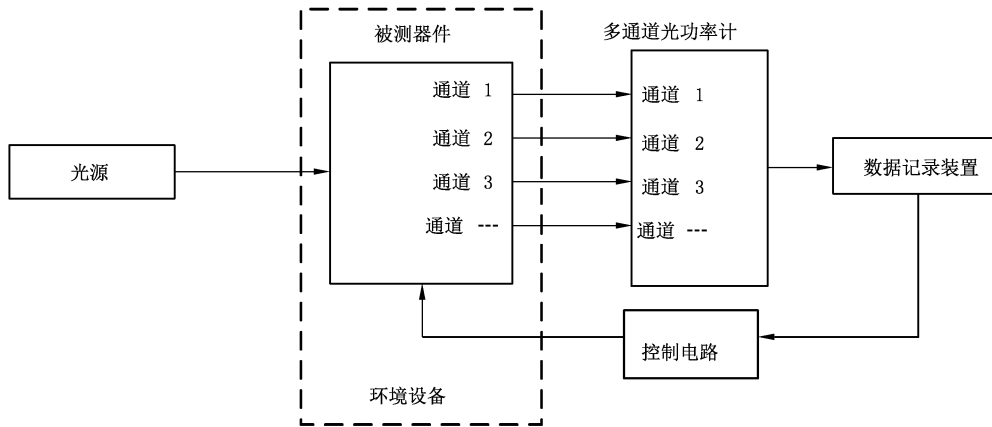


图 19 光开关插入损耗变化量测试原理图

6.2.10.3 计算方法

对于光开关的第 k 个通道,在环境条件下的插入损耗变化量由公式(17)计算得到。

$$\Delta IL_k = HP_{k\max} - HP_{k\min} \dots\dots\dots(17)$$

式中:

ΔIL_k ——光开关第 k 个通道的插入损耗变化量,单位为分贝(dB);

$HP_{k\max}$ ——光开关第 k 个通道所有选通时刻采集到的有光光功率的最大值,单位为毫瓦分贝(dBm);

$HP_{k\min}$ ——光开关第 k 个通道所有选通时刻采集到的有光光功率的最小值,单位为毫瓦分贝(dBm)。

6.2.11 光开关串扰变化量

6.2.11.1 测试设备

测试设备同 6.2.10.1。

6.2.11.2 测试步骤

测试步骤同 6.2.10.2。

6.2.11.3 计算方法

对于光开关的第 k 个通道,在环境条件下的串扰变化量由公式(18)计算得到。

$$\Delta R_k = LP_{k\max} - LP_{k\min} \dots\dots\dots(18)$$

式中:

ΔR_k ——光开关第 k 个通道的串扰变化量,单位为分贝(dB);

$LP_{k\max}$ ——光开关第 k 个通道采集到的无光光功率最大值,单位为毫瓦分贝(dBm);

$LP_{k\min}$ ——光开关第 k 个通道采集到的无光光功率最小值,单位为毫瓦分贝(dBm)。

6.2.12 增益稳定度

6.2.12.1 测试设备

测试设备如下:

- a) 信号光源(输出波长处于光放大器有效增益波长带内,光功率 4 h 稳定性宜优于 0.05 dB);
- b) 光放大器驱动源;
- c) 光功率计;
- d) 数据记录装置;
- e) 环境设备。

6.2.12.2 测试步骤

测试步骤如下:

- a) 按图 20 连接测试系统;
- b) 调节信号光源光功率和放大器驱动,输出光功率处于光放大器增益线性中间区域;
- c) 设置环境设备工作条件,如温度、力学、辐照、热真空等;
- d) 通过数据记录装置记录光功率的值。

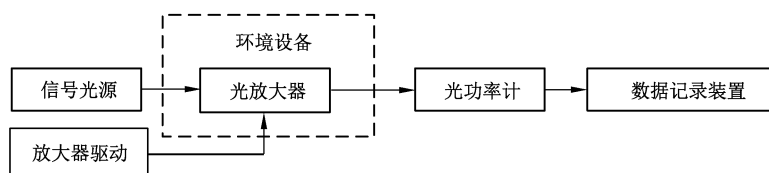


图 20 光开关增益稳定性测试原理图

6.2.12.3 计算方法

光放大器增益稳定度由公式(19)计算得到。

$$\Delta K = P_{\max} - P_{\min} \dots\dots\dots (19)$$

式中:

- ΔK ——光放大器增益稳定度,单位为分贝(dB);
- P_{\max} ——在环境条件下输出光功率的最大值,单位为毫瓦分贝(dBm);
- P_{\min} ——在环境条件下输出光功率的最小值,单位为毫瓦分贝(dBm)。

6.2.13 中心波长变化量(光放大器)

6.2.13.1 测试设备

测试设备如下:

- a) 信号光源(输出波长处于光放大器有效增益波长带内,光功率 4 h 稳定性宜优于 0.05 dB);
- b) 光放大器驱动源;
- c) 光谱分析仪;
- d) 数据记录装置;
- e) 环境设备。

6.2.13.2 测试步骤

测试步骤如下:

- a) 按图 21 连接测试系统;
- b) 调节信号光源光功率和放大器驱动,输出光功率处于光放大器增益线性中间区域;
- c) 设置环境设备工作条件,如温度、力学、辐照、热真空等;
- d) 通过数据记录装置记录中心波长的值。

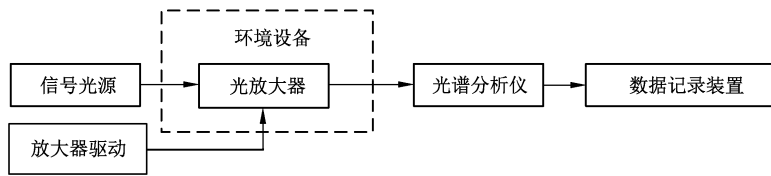


图 21 光放大器中心波长变化量测试原理图

6.2.13.3 计算方法

按公式(20)计算光放大器中心波长变化量：

$$k_{\lambda} = \frac{\lambda_{\max} - \lambda_{\min}}{\bar{\lambda}} \dots\dots\dots (20)$$

式中：

- k_{λ} —— 光放大器中心波长变化量；
- $\bar{\lambda}$ —— 环境试验前信号光源经光放大器后的中心波长值，单位为纳米(nm)；
- λ_{\max} —— 环境条件变化过程中，采集得到的中心波长最大值，单位为纳米(nm)；
- λ_{\min} —— 环境条件变化过程中，采集得到的中心波长最小值，单位为纳米(nm)。

7 测试注意事项

7.1 测试前准备

7.1.1 尾纤处理

测试前，尾纤处理注意事项包括以下内容。

- a) 器件测试前对器件尾纤端面进行处理。处理流程依次为外层剥离、光纤清洁、光纤切割。
- b) 测试过程宜采用对包层损伤较小的涂覆层剥离方式，如机械式热剥、激光剥除、化学剥除。
- c) 器件尾纤带松套管的剥离，避免剥离过程中对尾纤根部造成损伤，如先把带松套尾纤距剥离处 1 cm~5 cm 位置宜在手指或其他器具上盘绕 3 圈以上后再剥离。
- d) 涂覆层剥离后光纤清洁宜采用无尘擦拭纸蘸取浓度 99% 以上无水乙醇进行擦拭，并至少擦拭 3 次。
- e) 光纤切割宜采用专用光纤切割刀或切割笔，切割端面平直，切割角度偏差宜小于 0.5°。

7.1.2 尾纤接入或连接

测试前，尾纤接入或连接注意事项如下：

- a) 器件尾纤已带有连接头的，宜直接接入测试设备，确保连接器插头类型与测试仪器插座类型一致，并在插入前对端头进行清洁；
- b) 需用到裸纤适配器连接的，尾纤端面经过剥除、清洁、切割处理，且适配器类型与测试仪器插座类型一致；
- c) 测试精度及重复性要求高，用裸纤适配器无法满足测试要求的，宜用带连接头的跳线与尾纤固定连接后再连接仪器测试；
- d) 光纤端面菲涅尔反射对测试结果有影响的，宜用带斜面物理接触光纤连接器(APC)连接头的跳线与器件尾纤固定熔接后再连接仪器测试；
- e) 器件熔接跳线后要环境试验或长时间测试的，宜对熔接点采用热缩管进行保护；

f) 重复性要求高及长时间测试的,确保接头不插拔。

7.1.3 器件供电

测试前,器件供电注意事项如下。

- a) 光发射器件及组件、光探测器件及组件及部分光处理器件工作需供电工作,供电装置宜能提供器件详细规范要求的电压(电流)值。
- b) 对于带有帕尔帖制冷器的可温度控制器件,供电电源能提供器件在额定工作温度范围内工作的温控制冷电流,温控工作点及电流精度宜满足详细规范要求。
- c) 器件测试中的供电一般采用供电夹具,夹具管脚定义与器件详细规范中定义的管脚定义一致。供电夹具宜具有易于操作、夹持稳定、不易损坏器件等特点。

7.2 测试中器件防护

7.2.1 光纤尾纤防护

测试过程中,光纤尾纤防护注意事项如下:

- a) 光纤尾纤弯曲半径不宜小于详细规范规定的要求;
- b) 不宜扯拽、牵拉、弯折光纤尾纤,以防光纤断裂;
- c) 不宜用金属硬物挤压光纤尾纤,以防光纤涂覆层脱落、划伤或光纤断裂;
- d) 不宜用金属镊子或其他硬性工具夹持光纤尾纤,以防光纤涂覆层脱落、划伤或光纤断裂;
- e) 不宜通过光纤尾纤牵拉器件;
- f) 当安装、插拔器件时,不宜压或牵拉管壳尾部的保护套管;
- g) 器件在测试转运装配过程中,器件不宜受撞击、冲击、跌落,以防器件内部失效。

7.2.2 静电防护

对静电敏感器件,操作过程中注意事项包括以下内容。

- a) 宜做好防静电防护,穿戴防静电实验服、试验鞋,佩戴防静电腕带和指套,并在防静电试验桌面进行测试。
- b) 瞬间电压和短路脉冲的正向或反向的电流浪涌可能引起光发射器件管芯的损伤,甚至击穿。测试前检查电源的电学瞬态特性,在开启或切断电源之前,降低电流电平。
- c) 电烙铁焊接时保证电烙铁头外壳接地良好。

7.2.3 储存、搬运及包装防护

储存、搬运及包装宜采取以下防护措施。

- a) 测试完毕的器件将其尾纤盘起,盘绕直径不小于允许弯曲值,整齐存放,以防尾纤散落互相缠绕。
- b) 器件储存期间,静电敏感器件存放在防静电环境中,并将光电器件的管脚插入导电泡沫材料中或将管脚短路;非静电敏感器件存放在详细规范规定的贮存环境中。
- c) 器件使用导电袋或导电盒来存储或搬运,避免使用纸或普通塑料来做容器。

7.3 其他防护

其他防护措施包括以下内容。

- a) 裸光纤碎段具有穿入皮肤或其他织物的可能性,特别是对人眼的损伤,因此处理裸光纤时宜小

心,处理后宜将裸光纤碎段收集在专用光纤头收集器内。

- b) 转运、存放、安装过程中,工作人员注意尾纤末端裸光纤,以防裸光纤刺伤皮肤。
 - c) 取器件时,逐个取出,避免尾纤互相缠绕在一起,以防器件尾纤受损或失效。
 - d) 在操作中避免强光束直射光电器件的输出或输入端口。
 - e) 对于带有光窗的器件,防止光窗玻璃沾污,影响出光。
 - f) 在高于规定的最高工作温度时,发热光发射器件性能和寿命会快速退化。因此,将器件安装在热沉(例如铜或铝)上,单只器件的热沉散热面积尽可能大(如 10 cm^2)。
 - g) 光发射器件管脚的焊接时间小于 10 s ,宜在 $260 \text{ }^\circ\text{C}$ 焊接温度以下进行焊接。
 - h) 光发射器件的光输出功率不宜大于额定极限值,否则可能引起光发射器件反射镜面的破坏,造成其可靠性的下降。
-



