



中华人民共和国国家标准

GB/T 15972.41—2021
代替 GB/T 15972.41—2008

光纤试验方法规范 第 41 部分:传输特性的 测量方法和试验程序 带宽

Specifications for optical fibre test methods—
Part 41: Measurement methods and test procedures for transmission
characteristics—Bandwidth

(IEC 60793-1-41:2010, Optical fibres—
Part 1-41: Measurement methods and test procedures—Bandwidth, MOD)

2021-04-30 发布

2021-11-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

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 2

5 方法概述 2

6 试验装置 3

7 试样与试样制备 6

8 程序 7

9 计算 10

10 长度归一化 10

11 结果 10

附录 A (资料性附录) 本部分与 IEC 60793-1-41:2010 相比的结构变化情况 12

附录 B (规范性附录) 模内色散因子和归一化模间色散极限 13

附录 C (规范性附录) 光纤传递函数传递函数 $H(f)$ 、功率谱 $|H(f)|$ 和 $f_{3\text{ dB}}$ 16

附录 D (规范性附录) 其他表达函数的计算 18

附录 E (规范性附录) 多模光纤满注入的搅模要求 19

参考文献 23

前 言

GB/T 15972《光纤试验方法规范》由若干部分组成,其预期结构及对应的国际标准为:

- 第 10 部分:测量方法和试验程序总则(对应 IEC 60793-1-1);
- 第 20 部分~第 29 部分:尺寸参数的测量方法和试验程序(对应 IEC 60793-1-20 至 IEC 60793-1-29);
- 第 30 部分~第 39 部分:机械性能的测量方法和试验程序(对应 IEC 60793-1-30 至 IEC 60793-1-39);
- 第 40 部分~第 49 部分:传输特性的测量方法和试验程序(对应 IEC 60793-1-40 至 IEC 60793-1-49);
- 第 50 部分~第 59 部分:环境性能的测量方法和试验程序(对应 IEC 60793-1-50 至 IEC 60793-1-59)。

其中 GB/T 15972.40~49 由以下部分组成:

- 第 40 部分:传输特性的测量方法和试验程序 衰减;
- 第 41 部分:传输特性的测量方法和试验程序 带宽;
- 第 42 部分:传输特性的测量方法和试验程序 波长色散;
- 第 43 部分:传输特性的测量方法和试验程序 数值孔径;
- 第 44 部分:传输特性的测量方法和试验程序 截止波长;
- 第 45 部分:传输特性的测量方法和试验程序 模场直径;
- 第 46 部分:传输特性的测量方法和试验程序 透光率变化;
- 第 47 部分:传输特性的测量方法和试验程序 宏弯损耗;
- 第 48 部分:传输特性的测量方法和试验程序 偏振模色散;
- 第 49 部分:传输特性的测量方法和试验程序 微分模时延。

本部分为 GB/T 15972 的第 41 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 GB/T 15972.41—2008《光纤试验方法规范 第 41 部分:传输特性和光学特性的测量方法和试验方法 带宽》。基于新类别及新子类多模光纤的测试需要,本部分与 GB/T 15972.41—2008 相比,主要技术差异如下:

- 增加了传递函数和功率谱的定义(见第 3 章);
- 增加了缩略语(见第 4 章);
- 增加了方法 C——通过 DMD 计算得到的满注入模式带宽法(见第 5 章);
- 增加了对 A3 和 A4 类多模光纤的测试要求(见第 1 章、6.2、附录 E);
- 增加了受试光纤放置状态的要求(见 7.4);
- 增加了长度归一化的要求(见第 10 章);
- 增加了模内色散因子和归一化模间色散极限的规定(见附录 B);
- 增加了光纤传递函数 $H(f)$ 、功率谱 $|H(f)|$ 和 $f_{3\text{dB}}$ 的规定(见附录 C);
- 增加了其他表达函数的计算(见附录 D);
- 增加了多模光纤满注入条件的搅模要求(见附录 E)。

本部分使用重新起草法修改采用 IEC 60793-1-41:2010《光纤 第 1-41 部分:测量方法和试验程序 带宽》。

本部分与国际标准相比,主要结构变化如下:

——按照我国标准的编排格式和表述要求,对一些内容安排做了调整,将 IEC 文件范围部分的内容调整到本部分的方法概述章节,增加了缩略语,并增加了附录 A,说明本部分与 IEC 章节的对应关系。

本部分与 IEC 60793-1-41:2010 相比,主要技术差异及其原因为:

——规范性引用文件中,为适应我国的技术条件,做了以下技术性差异的调整:

- 用 GB/T 15972.20 代替 IEC 60793-1-20;
- 用 GB/T 15972.42 代替 IEC 60793-1-42;
- 用 GB/T 15972.43 代替 IEC 60793-1-43。

——本部分增加了频率响应的术语定义;

——为了满足 A1a.3 和 A1a.4 新子类的宽带多模光纤测试需要,本部分增加了 A1a.3 和 A1a.4 光纤的测量方法。

本部分做了下列编辑性修改:

——将标准名称修改为《光纤试验方法规范 第 41 部分:传输特性的测量方法和试验程序 数带宽》;

——纠正了 IEC 文件中公式引用错误,将 IEC 文件中 6.3 中引用公式 B1 改为本部分公式(13);

——纠正了 IEC 附录 A 中的表述错误,将附录 A 中表 A.1 的名称“商用 A1 类光纤的最高预期色散”修改为“商用 A1 类多模光纤的最低预期 IDf”。

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。

本部分由全国通信标准化技术委员会(SAC/TC 485)归口。

本部分起草单位:烽火科技集团有限公司。

本部分主要起草人:刘骋、王冬香、何书平、胡国华、祁庆庆、喻煌、何茂友、周辉智、陈黎明、姚嶝。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB/T 15972.41—2008。

光纤试验方法规范 第 41 部分:传输特性的 测量方法和试验程序 带宽

1 范围

GB/T 15972 的本部分规定了多模光纤带宽的试验方法,确立了对试验装置、注入条件、程序、计算方法和结果的技术要求。

本部分适用于 A1、A3、A4 类多模光纤带宽的测量。

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 15972.20 光纤试验方法规范 第 20 部分:尺寸参数测量方法和试验程序 光纤几何参数 (GB/T 15972.20—2021, IEC 60793-1-20:2014, MOD)

GB/T 15972.42 光纤试验方法规范 第 42 部分:传输特性和光学特性测量方法和试验程序 波长色散 (GB/T 15972.42—2021, IEC 60793-1-42:2010, MOD)

GB/T 15972.43 光纤试验方法规范 第 43 部分:传输特性和光学特性测量方法和试验程序 数值孔径 (GB/T 15972.43—2021, IEC 60793-1-43:2015, MOD)

IEC 60793-1-49:2018 光纤 第 1-49 部分:测量方法和试验程序 微分模时延 (Optical fibres—Part 1-49: Measurement methods and test procedures—Differential mode delay)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

带宽(−3 dB) bandwidth(−3 dB)

带宽数值上等于光纤的基带传递函数的幅值下降到一个特定值时对应的最小调制频率,这个特定值通常为零频率对应幅值的一半。

注:带宽值用 $f_{-3\text{ dB}}$ 来表示。

3.2

传递函数 transfer function

与频率相关的复数离散函数,用来表征受试光纤的频域响应。

注:方法 A 是通过傅里叶变换处理时域数据来确定频率响应。如果使用一种既可以测量相位又可以测量幅度的装置,方法 B 才可测得传递函数。使用傅里叶变换时,方法 C 与方法 A 类似。传递函数用 $H(f)$ 表示。这里方法 A、方法 B、方法 C 在第 5 章进行说明。

3.3

功率谱 power spectrum

与频率相关的实数离散函数,表征受试光纤频域响应的幅度。

注:方法 A 和方法 C 通过传递函数来决定功率谱。方法 B 通过受试光纤测得的幅值与参考光纤幅值的比值得到。

功率谱用 $|H(f)|$ 表示。

3.4

冲击响应(时域) impulse response

与时间相关的实数离散函数,表征受试光纤对理想脉冲激励的时域响应。所有方法中冲击响应可以通过傅里叶逆变换推导得出。

注:冲击响应用 $h(t)$ 表示。

3.5

频率响应(频域) frequency response

频率响应定义为下式表示的函数,如公式(1)所示:

$$G(\omega) = \frac{P_2(\omega)}{P_1(\omega)} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$G(\omega)$ ——频率响应;

$P_1(\omega)$ ——横截面 1 处调制信号的光功率谱;

$P_2(\omega)$ ——横截面 2 处调制信号的光功率谱。

幅度响应和相位响应分别为 $G(\omega)$ 的绝对值和辐角。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

DMD 微分模时延 (Differential mode delay)

FWHM 半幅全宽 (Full width at half maximum)

IDF 模内色散因子 (Intramodal dispersion factor)

NA 数值孔径 (Numerical aperture)

NIDL 归一化模间色散极限 (Normalized intermodal dispersion limit)

OFL 满注入 (Overfilled launch)

OMB_c 通过 DMD 计算得到的满注入模式带宽 (Overfilled launch modal bandwidth calculated from differential mode delay)

RML 限模注入 (Restricted launch)

RMS 均方根 (Root mean square)

SSFL 系统稳定频率极限 (System stability frequency limit)

5 方法概述

基带频率响应是在频域范围中,通过确定光纤对正弦调制光源的响应直接测量得到。基带频率响应也可通过监测窄脉冲的展宽测量得到。计算的基带频率响应是由微分模时延(DMD)数据决定。其测试方法有三种:

方法 A——时域(脉冲失真)法;

方法 B——频域法;

方法 C——通过 DMD 计算得到的满注入模式带宽法。

方法 A 和方法 B 可以通过满注入(OFL)或限模注入(RML)中的一种方式来实现。方法 C 仅适用于 A1a.2、A1a.3、A1a.4 类多模光纤,用满注入条件下的权重进行加权求和。相关测试方法和注入条件

应根据光纤类型进行选择。

- 注 1: 这些方法通常用于生产和研发场所,不适于在安装现场。
- 注 2: 满注入用于基于 LED 应用的模式带宽值已很多年。然而,没有单一注入条件是代表对于千兆或以上速率的传输网的激光(如:VCSEL)光源。这一因素促使 IEC 60793-1-49:2018 提出激光器优化的 50 μm 光纤的有效模式带宽,见 GB/T 12357.1 以及 IEC 61280-4-1。

6 试验装置

6.1 辐射光源

6.1.1 方法 A——时域(脉冲失真)法

6.1.1.1 概述

时域法需采用辐射光源(如注入型激光二极管),用来产生短时,窄谱宽脉冲。时域法要求装置具备通过电学或光学开关光源的能力。某些光源通过电触发产生光脉冲时,需提供产生触发脉冲的装置,如电函数发生器或者类似装置可用于实现此目的。装置的输出端应可同时用作产生光源脉冲和触发记录系统。有些光源也可以是自触发,在这种情况下,记录系统与光源产生的脉冲以电或光电方式进行同步。

6.1.1.2 辐射光源要求

辐射光源应满足:

- a) 使用一个已知中心波长和波长精度的辐射光源。对 A1a.2 类多模光纤,要求 850 nm 波长精度 ±10 nm;对 A1a.3 和 A1a.4 类多模光纤,850 nm 波长精度 ±2 nm;对 A1a.4 类多模光纤,953 nm 波长精度 ±6 nm;对 A1 类其他子类或中心波长及 A3 和 A4 类光纤的波长精度 ±10 nm 以内。
- b) 对于注入式激光二极管,激光耦合进光纤的功率应超过自发辐射的最低光功率 15 dB。
- c) 使用足够窄线宽的光源,确保测量带宽至少在受试光纤的实际模间带宽的 90% 以内。这个可以通过计算归一化模间色散极限(NIDL)(见附录 B)。对于 A4 类多模光纤,任何激光二极管的线宽需足够窄到可以忽略其对带宽测量结果的影响。
- d) 对于 A1 和 A3 类多模光纤,通过光源谱宽计算每个波长的 NIDL(见附录 B),如公式(2)所示:

$$NIDL = \frac{IDF}{\Delta\lambda} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- Δλ ——光源的半幅全宽(FWHM),单位为纳米(nm);
- IDF ——模内色散因子,单位为吉赫兹千米纳米(GHz · km · nm);
- NIDL ——不定义 1 200 nm 到 1 400 nm。光源谱宽应小于或等于 10 nm,单位为吉赫兹千米(GHz · km)。

注: NIDL 值的可接受度主要依赖于特定使用者的测试要求。例如:0.5 GHz · km 的 NIDL 能满足最小高于 500 MHz · km 的光纤测试。如果 NIDL 太低,需要更小的光源谱宽。

- e) 辐射光源在整个单脉冲的持续时间以及整个测量的期间内应保持稳定。

6.1.2 方法 B——频域法

6.1.2.1 概述

频域法需使用辐射光源,如连续波注入激光二极管。频域法要求装备具备通过电或光方式来转换光源能量的能力。需通过要求的驱动放大器将跟踪发生器或网络分析仪的调制输出与调制器相连。

6.1.2.2 辐射光源要求

辐射光源要求见 6.1.1.2。

6.1.3 方法 C——通过 DMD 计算得到的满注入模式带宽法(OMB_c)

辐射光源要求见 IEC 60793-1-49:2018。

6.2 注入系统

6.2.1 满注入(OFL)

6.2.1.1 A1 类多模光纤的 OFL 条件

无论光源的辐射特性如何,在光源和受试光纤间使用搅模器产生一个可控的注入条件。与附录 E 保持一致,搅模器的输出应耦合到受试光纤的输出端。光纤的位置在整个测试过程中应保持稳定。视频系统可用来辅助在光纤成像过程中的光纤对中。

如附录 E 中所述,对于高带宽(大于 1 500 MHz·km)的 A1a 类多模光纤,受试光纤输入端光强的变化可能导致测量结果产生 25% 的变化。装置在注入条件上的细微变化是导致这些差异的原因。方法 C 被引入作为获得改进的一种手段。

应采用一个合适的包层模剥除器,以消除包层中传输的光功率。通常光纤涂层具有此功能,如涂层无此功能,则应在试样两端附近使用包层模剥除器。这种光纤在具备包层滤模功能的光纤中占较小的权重,但需注意在此过程中避免微弯。

注:通过满注入条件获得的光纤带宽支持 A1 类多模光纤,尤其是 LED 应用中在 850 nm 和 1 300 nm 波长。一些激光应用也支持满注入,但是可能会导致链路长度(850 nm 波长)减少或者限制激光光源(1 300 nm 波长)。

6.2.1.2 A3 类和 A4 类多模光纤的满注入条件

OFL 应通过注入光锥角大于光纤最大理论数值孔径,并且注入光斑直径与光纤纤芯直径相当来实现。光源应能同时激励低阶模和高阶模。

注:采用搅模器几乎可以激励所有模式。模式激励对光源和搅模器对准以及其间光器件的相互作用非常敏感(其间光器件如连接头或光学成像系统)。大 NA 和芯径的光源仅激励子午模或 LP_{0,m} 模。

6.2.2 限模注入(RML)

6.2.2.1 A1b 光纤的 RML 条件

带宽的限模注入是通过一段 RML 光纤来过滤满注入(OFL)而得到。OFL 在附录 E 中定义,需要在角度和空间上足够大的光满注入到 RML 光纤中。RML 光纤的芯径为 $23.5\ \mu\text{m} \pm 0.1\ \mu\text{m}$,数值孔径为 0.208 ± 0.01 。RML 光纤应具有阿尔法值近似为 2 的渐变型折射率剖面,在 850 nm 和 1 300 nm 满注入带宽大于 700 MHz·km。为了对接方便,RML 光纤的包层直径为 125 μm 。为了消除泄露模,

RML 光纤的长度应至少为 1.5 m,但长度应不超过 5 m 以免瞬态损耗的影响,然后再将 RML 光纤的出射光耦合到受试光纤中。

应采用合适的包层模剥除器,以消除包层中传输的光功率。通常光纤涂层具有此功能,如涂层无此功能,则应在试样两端附近使用包层模剥除器。这种光纤在具备包层滤模功能的光纤中占较小的权重,但需注意在此过程中避免微弯。

注 1: 为了获得最高的准确性,RML 光纤在几何尺寸和剖面结构上需有严格的容差。为了获得最好的测量重复性,在注入 RML 光纤和受试光纤连接时要有严格的对中容差,以确保 RML 光纤中心能够与受试光纤中心的对中。

注 2: 限模注入带宽的测量用于支持千兆以太网激光注入应用中。目前特别用于 A1b 类多模光纤在 850 nm 波长上的传输对于 A1b 类光纤在 850 nm 波长的传输,这种注入方式已被证实。

6.2.2.2 A3 类多模光纤的 RML 条件

对 A3 类多模光纤,通过数值孔径为 0.3 的几何光学注入实现 RML 注入条件。光斑大于或等于芯直径。

6.2.2.3 A4 类多模光纤的 RML 条件

对 A4 类光纤的 RML,通过数值孔径为 0.3 的几何光学注入来实现 RML 注入条件。如图 1,它可通过包层模剥除器过滤 OFL 光来实现。为了避免附加损耗,光纤的长度宜为 1 m。芯轴直径应为 20 倍光纤直径,卷绕圈数为 5 圈。

注: 在将光纤卷绕到芯轴上时不得施加额外的力。卷绕部分的光纤可以用黏接剂粘到芯轴上,其他部分应保持平直。

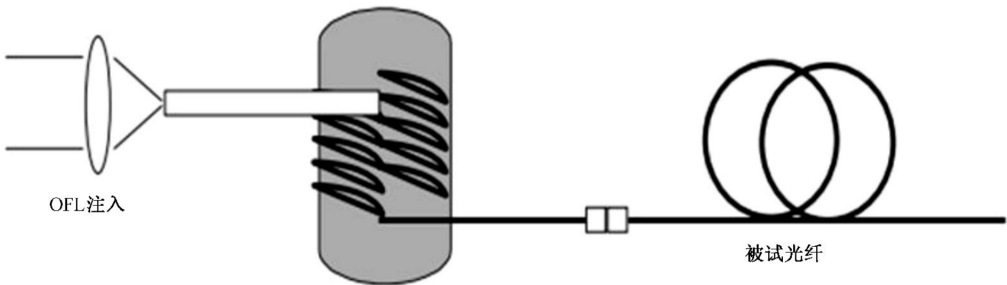


图 1 模式剥除器

6.2.3 微分模时延(DMD)注入

DMD 注入条件需与 IEC 60793-1-49:2018 中注入条件保持一致。

6.3 检测系统

输出光学检测装置应能够将所有的导向模式从测试样品耦合到检测器有效区域,使检测灵敏度不显著模式相关。装置应有足够的稳定性和重复性定位测试样品的输出端,其稳定性和重复性满足 6.6 的要求。

应使用适合在测试波长下使用的光学检测器,其振幅响应线性度,空间一致性控制在 10% 以内,并且足够大以检测全部发射功率。光衰减器可以用来控制探测器上的光强度。它也应该与模式无关。检测电子元件以及任何信号前置放大器的幅度应为线性响应(非线性小于 5%)超过遇到的信号范围。

方法 C 的检测系统应符合 IEC 60793-1-49:2018 的要求。

6.4 记录系统

对于方法 A,使用适当地连接到诸如数字处理器的记录装置的示波器来存储接收到的脉冲幅度作为时间的函数。对于时域测量,从示波器显示中获取的数据应被视为从记录信号得到的数据的间接数据。

对于方法 B,使用跟踪发生器-电谱分析仪组合,标量网络分析仪,矢量网络分析仪或用于检测,显示和记录从光学检测器导出的 RF 调制信号的幅度的等效仪器。这样做的是将谐波失真降低到 5% 以下。

方法 C 的记录系统应符合 IEC 60793-1-49:2018 的要求。

6.5 计算装置

对于方法 A 和方法 C,或者如果需要来自方法 B 的冲击响应,则需采用能对检测到的光脉冲波形进行傅里叶变换的计算设备。该设备可以实现任何一种快速傅里叶变换或其他合适的算法,并且对于其他信号调节功能,波形平均和存储也是有用的。

6.6 系统整体性能

通过比较系统输入脉冲傅里叶变换(方法 B)或输入频率响应(方法 A)在一段时间间隔内测试测量系统的稳定性。如附录 C 所示,带宽测量通过系统校准变换对光纤输出脉冲变换进行归一化。如果参考光纤代替受试光纤,则所得到的响应 $H(f)$ 表示在时间间隔内系统与其自身的比较。这种归一化的系统振幅稳定性用于确定系统稳定频率极限(SSFL)。

SSFL 是系统振幅稳定度偏离 5% 的最低频率。如果采用方法 A-1(见 8.1.2)或 B-1(见 8.2.2),则应在与实际光纤测量所使用的时间间隔相似的时间间隔的基础上确定一次重新测量。如果采用方法 A-2(见 8.1.3)或 B-2(见 8.2.3),则应在与用于周期性系统校准的基本相同的时间间隔内确定(见 8.1.2)。在后种情况下,时间间隔可能影响 SSFL。

为了确定 SSFL,将到达检测器的光信号衰减等于或大于测试样本的衰减加上 3 dB 的量。如诸如可能用于信号归一化和缩放的衰减器尚不存在,这可能需要将衰减器引入到光路中。此外,在 SSFL 的确定期间,显示设备上脉冲的位置和幅度或频率响应的正常偏差应存在。

7 试样与试样制备

7.1 样品长度

样品应是长度已知的光纤或光缆。

7.2 参考光纤

参考光纤应为与受试光纤相同类型的短光纤,或从受试光纤中截取。除 A4 类多模光纤外,参考光纤长度应小于 1% 受试光纤长度或小于 10 m,取其中较短者。对于 A4 类多模光纤,参考光纤长度应为 1 m~2 m。在 RML 条件下,模式剥除器的输出就是参考信号。

7.3 受试光纤端面制备

受试光纤样的输入端面和输出端面应平整、光滑,与光纤轴应垂直。

7.4 受试光纤放置要求

对于 A1 类多模光纤,放置状态(盘具类型,收线张力和其他卷绕特性)可能显著影响结果。由于卷绕在盘具上的光纤适合运输,大多数质量控制测量是在这种放置方式下进行的。但基准放置方式应是无应力的松绕状态。基于盘具卷绕状态下测试数据,可用映射函数来计算得到基准放置状态下的期望值。映射函数可以从一组光纤分别用两种方式放置方式下的测量结果中推导出来。

对于 A4 类多模光纤,受试光纤应松绕成直径不小于 300 mm 的圈,没有任何应力。确定受试光纤不受宏弯和微弯的影响,发射系统输出的能量分布基本恒定。

7.5 受试光纤端面定位

受试光纤的输入端面放置对中时应满足 6.2 的注入要求。受试光纤的输出端应放置与光探测器进行对中。

8 程序

8.1 方法 A——时域(脉冲失真)法

8.1.1 输出端脉冲测量

输出端脉冲测量步骤如下:

- 将光脉冲信号注入测受试光纤并调整光衰减器或检测电子器件,使得来自光纤的一个整个光脉冲显示在校准示波器上,包括所有前沿和后沿的幅度大于或等于 1% 或 -20 dB 的峰值幅度。
- 记录检测到的幅度和校准的示波器扫描速率。
- 记录光纤输出脉冲,并计算该脉冲的傅里叶变换,见附录 C。
- 通过测量激励参考光纤的信号来确定受试光纤的输入脉冲信号。这可以通过使用从受试光纤或类似光纤上截取的参考长度的光纤来实现。

8.1.2 输入端脉冲测量方法 A-1:从受试光纤截取参考光纤

输入端脉冲测量方法 A-1 步骤如下:

- 根据 7.2 切割输入端附近的受试光纤。根据 7.3 制备一个新的输出端面,并按照 8.1.1a) 所述对准光学检测器的末端,不扰动输入端。
- 如需要,可使用包层模剥除器。
- 如果使用光衰减器,只需按照 8.1.1a) 中所述的相同显示脉冲幅度读取。
- 使用与测试相同的示波器扫描速率记录系统输入脉冲采样,并计算每个附录 C 的输入脉冲傅里叶变换。

8.1.3 输入端脉冲测量方法 A-2:从同批次光纤上截取参考光纤

输入端脉冲测量方法 A-2 步骤如下:

- 采用同批次参考光纤的以下系统校准程序应采用与确定 SSFL(见 6.6)相同的时间间隔来进行。在多数搅模器、激光二极管和对准装置充分准备的情况下,不从受试光纤上截取参考光纤是可以接受的。

- b) 在相同光纤类别和与受试光纤相同的标称光学尺寸的参考光纤上按 7.3 制备输入和输出端。
- c) 按 7.5 所述对中输入和输出端,如果使用光衰减器,调整获得正确显示的脉冲幅度。
- d) 使用与测试样本相同的示波器扫描速率记录系统输入脉冲,并计算附录 C 的每个输入脉冲傅里叶变换。

8.2 方法 B——频域法

8.2.1 输出频率响应

输出频率响应测量步骤如下:

- a) 从低频扫描源的调制频率 f ,以提供一个足够的直流零参考电平,高于超过 3 dB 带宽的高频。记录受试光纤输出的相对光功率作为 f 的函数;表示这一点功率为 $P_{\text{out}}(f)$ 。如果需要网络分析仪和冲击响应,则高频率应超过 -15 dB,并应记录相位 $\phi_{\text{out}}(f)$ 。

注:可以记录与 $P_{\text{out}}(f)$ 相关的功能,如 $\lg P_{\text{out}}(f)$,以最终获得 8.1 中的 $|H(f)|$ 。

- b) 通过测量参考光纤的输出信号,确定受试光纤的输入调制信号。这可以使用从受试光纤截取参考光纤(方法 B-1;在测试结果冲突的情况下优先使用的方法)或从同批次光纤上截取参考光纤(方法 B-2)来实现。

8.2.2 方法 B-1:从受试光纤截取参考光纤

方法 B-1 测量步骤如下:

- a) 在输入端附近切割受试光纤,并在新制备的输出端准备平面端面(见 8.3)。如需要,从输出端剥除包层模,不改变注入条件。
- b) 从低频扫描源的调制频率 f ,以提供足够的直流零参考电平到高于 3 dB 带宽的高频。记录参考光纤输出的相对光功率作为 f 的函数,将此功率表示为 $P_{\text{in}}(f)$ 。

8.2.3 方法 B-2:从同批次光纤上截取参考光纤

方法 B-2 测量步骤如下:

- a) 如果设备存在将光纤定位在搅模器输出中与测试样本的输入相同的位置,则具有与测试样本具有相同标称特性的另一短的光纤长度可以替代为参考。使用参考光纤替换受试光纤。如果需要,应用包层模式剥离器,并将检测器前面的输出端对齐。
- b) 从低频扫描源的调制频率 f ,以提供足够的直流零参考电平到高于 3 dB 带宽的高频。记录参考光纤输出的相对光功率作为 f 的一个函数,并将此功率表示为 $P_{\text{in}}(f)$ 。

注:可以记录与引脚(f)相关的功能,如对数引脚(f),最后得到 9.2 中的 $|H(f)|$ 。

8.3 方法 C——通过 DMD 计算得到的满注入模式带宽法(OMB_c)

方法 C 测量步骤如下:

- a) 根据 IEC 60793-1-49:2018 测量光纤的微分模时延。
- b) 使用表 1 中给出的权重值,依据 IEC 60793-1-49:2018 中的公式(13)计算满注入带宽。表 1 中给出的权重线性插值适用于实际扫描的径向位置所对应于表 1 所列的整数位置之间。

表 1 在 850 nm 波长通过 DMD 计算 OMB_c 的 DMD 权重值

半径 $r/\mu\text{m}$	OMB _c 中 DMD 权重
0	0
1	0.000 73
2	0.001 57
3	0.002 53
4	0.003 62
5	0.004 87
6	0.006 31
7	0.007 95
8	0.009 83
9	0.011 98
10	0.014 43
11	0.017 25
12	0.020 46
13	0.024 14
14	0.028 36
15	0.033 17
16	0.038 69
17	0.045
18	0.052 21
19	0.060 47
20	0.069 92
21	0.080 73
22	0.093 1
23	0.107 25
24	0.123 45
25	0.141 97
注：表中的权重仅适用于 A1a 类多模光纤。	

9 计算

9.1 -3 dB 频率, $f_{3\text{ dB}}$

计算频率响应 $H(f)$, 根据附录 C 计算 -3 dB 带宽, $f_{3\text{ dB}}$ 。

如果测量的 -3 dB 频率超过 NIDL(按附录 B 计算)除以光纤长度, L 以 km 为单位, 报告测量结果。在这种情况下, 如例 1 所示, 测量结果很可能受到设备的限制。

示例 1: 长度为 2.2 km 的长度标准化的测量的 -3 dB 频率为 $2.2\text{ GHz} \cdot \text{km}$ 的光纤, 但该测量系统在该波长处具有 $2\text{ GHz} \cdot \text{km}$ 的 NIDL。优选地, 结果报告为“ $>$ 归一化测量值”(在该示例中为“ $>2.2\text{ GHz} \cdot \text{km}$ ”)。类似地, 实际测量值优选地被报告为“ $>\{\text{测量值}\}$ ”(在该示例中为“ $>1.0\text{ GHz}$ ”)。“ $>$ ”符号表示测量值可能受到测试集的限制。如果测量的 -3 dB 频率超过 SSFL(如 4.6 中所述), 则将结果报告为大于 SSFL, 如示例 2 所示。

示例 2: 长度为 2.2 km 的光纤具有 0.95 GHz ($2.09\text{ GHz} \cdot \text{km}$) 的测量 -3 dB 频率, 大于测试集的 SSFL, 0.9 GHz ($1.98\text{ GHz} \cdot \text{km}$)。将结果报告为“ $>(\text{SSFL})$ ”(“ $>0.9\text{ GHz}$ ”, 此处)。报告长度归一化结果为“ $>(\text{SSFL 乘以千米的样本长度})$ ”(“ $>1.98\text{ GHz} \cdot \text{km}$ ”)。“ $>$ ”符号需要显示测量值受测试的限制值。

9.2 其他报告方法的计算

详细规范可能需要其他报告方法来代替 $f_{3\text{ dB}}$ ：

- 光纤传递函数 $H(f)$, 见 C.1;
- 功率谱 $H(f)$, 见 C.2;
- 光纤脉冲响应 $h(t)$, 见 D.1;
- RMS 脉冲响应(精确方法), 见 D.2;
- RMS 脉冲响应(差分平方近似法), 见 D.3。

10 长度归一化

需要时, 将带宽或脉冲展宽归一化为单位长度, 如 $\text{GHz} \cdot \text{km}$ 或 ns/km 。如果带宽或脉冲宽度标准化为单位长度, 则应报告使用的长度相关公式。

11 结果

11.1 测量结果报告应包括下列内容

每次测量报告以下信息：

- 试验方法名称；
- 注入条件(RML, OFL 或 DMD)；
- 测试日期；
- 试样名称；
- 测试结果: $f_{3\text{ dB}}$ 或详细规范里要求的其他测试结果；
- 测量时的标称波长；
- 试样长度；
- 长度归一化公式(如使用)。

11.2 如有要求,报告中也可包括下列内容

以下信息可应要求提供:

- 光源:类型,实际光源波长,最大指定或实际光谱宽度(FWHM);
- 状态(如果不测量);
- 搅模器和注入装置;
- 测量波长的归一化模间色散极限(NIDL);
- 检测器类型和操作条件;
- 计算带宽或其他报告方法的计算程序的细节;
- 包层光剥除方法;
- 测试设备的最新校准日期;
- 试验名称;
- 测试人员。

附 录 A
(资料性附录)

本部分与 IEC 60793-1-41:2010 相比的结构变化情况

本部分与 IEC 60793-1-41:2010 相比在结构上有部分调整,具体章条对照情况见表 A.1。

表 A.1 本部分与 IEC 60793-1-41:2010 的章条编号对照情况

本部分章条编号	对应的 IEC 60793-1-41:2010 章条编号
3.5	—
第 4 章	—
第 5 章	第 1 章的部分内容
第 6 章	第 4 章
6.1	4.1
6.1.1	—
6.1.1.1	4.1.1
6.1.1.2	4.1.4
6.1.2	—
6.1.2.1	4.1.2
6.1.2.2	—
6.1.3	4.1.3
6.2	4.2
6.3	4.3
6.4	4.4
6.5	4.5
6.6	4.6
7	5
8	6
9	7
10	8
11	9
附录 A	—
附录 B	附录 A
附录 C	附录 B
附录 D	附录 C
附录 E	附录 D

附 录 B
(规范性附录)

模内色散因子和归一化模间色散极限

B.1 模内色散因子(IDF)

本部分旨在规范光纤模间带宽的测量。然而,由激光光谱与光纤色散相互作用引起的附加色散会降低测量值。IDF 的目的是提供一种修正这种测量误差的方法。IDF 以 GHz·km·nm 为单位,是测量带宽下降到模间带宽的 90%时,每千米长度、每纳米光源线宽所对应的频率。有关 IDF 的推导见 B.3。基于标称 IDF 性能,表 B.1 中的数据给出了商用 A1 类多模光纤的最低预期 IDF。对于表格中 1 200 nm 以下波长的数据,最大零色散波长 λ_0 的光纤(即 NA 为 0.29 的光纤或 A1d 类多模光纤)IDF 最大。对于表格中大于 1 400 nm 波长的数据,最小零色散波长 λ_0 的光纤(即 NA 为 0.20 的光纤,或 A1a 类多模光纤)IDF 最大。IDF 在 1 200 nm 和 1 400 nm 之间不使用。

表 B.1 商用 A1 类多模光纤的最低预期 IDF

λ (nm)	IDF (GHz·km·nm)	λ (nm)	IDF (GHz·km·nm)	λ (nm)	IDF (GHz·km·nm)
780	1.31				
790	1.37			1 400	23.18
800	1.44	1 000	3.54	1 410	21.15
810	1.50	1 010	3.71	1 420	19.49
820	1.57	1 020	3.90	1 430	18.09
830	1.64	1 030	4.09	1 440	16.90
840	1.72	1 040	4.30	1 450	15.87
850	1.79	1 050	4.52	1 460	14.98
860	1.88	1 060	4.76	1470	14.20
870	1.96	1 070	5.02	1 480	13.50
880	2.05	1 080	5.30	1 490	12.89
890	2.14	1 090	5.60	1500	12.33
900	2.24	1 100	5.92	1 510	11.83
910	2.34	1 110	6.27	1 520	11.37
920	2.45	1 120	6.65	1 530	10.96
930	2.56	1 130	7.07	1540	10.58
940	2.68	1 140	7.53	1 550	10.23

表 B.1 (续)

λ (nm)	IDF (GHz · km · nm)	λ (nm)	IDF (GHz · km · nm)	λ (nm)	IDF (GHz · km · nm)
950	2.80	1150	8.03	1560	9.91
960	2.93	1 160	8.59	1 570	9.61
970	3.07	1 170	9.22	1 580	9.34
980	3.22	1 180	9.92	1 590	9.08
990	3.37	1 190	10.71	1 600	8.84
注：对数值孔径为 0.29 的光纤(即 A1d 多模光纤)，假定 $S_0=0.095\ 62\ \text{ps}/(\text{nm}^2 \cdot \text{km})$ ， $\lambda_0=1344.5\ \text{nm}$ 。					

B.2 归一化模间色散极限(NIDL)

测试可得到的最大带宽受归一化模间色散极限(NIDL)的限制。根据 6.1.1.2,使用从表 B.1 获得的 IDF 值来计算每个测试组的测量波长的 NIDL。计算中使用的光源谱宽可以是设备制造商指定的最大值,或者测量值。

由于 NIDL 基于 IDF,因此当测得的长度归一化带宽等于 NIDL 时,测得的长度归一化带宽会比受试光纤的实际模间带宽少 10%。测量的带宽小于 NIDL 时,误差会减小,并在其之上迅速增加。因测试样本的实际色散将小于 IDF 中使用的值,并且光源谱宽可能被夸大,实际误差通常会小百分之几。由于这些近似值和光谱不稳定性,对色散进行校正并不合适。

对于波长从 1 200 nm 到 1 400 nm 的 NIDL 没有定义,因为在这个范围内的激光器使用时,光纤测量中的模内色散可以忽略不计。

注：表 B.1 中的计算来源于光谱为高斯的假设。如果这个假设是无效的,那么在解释表格时需要注意。

B.3 IDF 推导

对于 IDF 的推导,假定下列具有高斯分布：

- 色度和模式瞬时脉冲展宽分别用 D_{chrom} 和 D_{modal} 表示；
- 所有频率响应(振幅)；
- 光源光谱,表示为 $\Delta\lambda_s$ (FWHM,单位为 nm)。

色散和带宽之间的关系表示为公式(B.1)：

$$D = \frac{k}{BW} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

当 RMS 色散单位为皮秒(ps)，-3 dB 带宽单位为吉赫兹(GHz)，则 $K=187$ 。

假设色度色散 D_{chrom} 和模式色散 D_{modal} 是独立的,那么总(测量)色散 D_{meas} ，可以写成公式(B.2)：

$$D_{\text{meas}} = \sqrt{D_{\text{chrom}}^2 + D_{\text{modal}}^2} \dots\dots\dots (B.2)$$

结合公式(B.1)和(B.2)，可以得到公式(B.3)：

$$\left[\frac{BW_{\text{meas}}^2}{BW_{\text{chrom}}^2} \right] + \left[\frac{BW_{\text{meas}}^2}{BW_{\text{modal}}^2} \right] = 1 \dots\dots\dots (B.3)$$

令 ϵ 表示由色度色散引起的测量误差,因此得到公式(B.4):

$$BW_{\text{meas}} = (1 - \epsilon) BW_{\text{modal}} \quad \dots\dots\dots (\text{B.4})$$

色度带宽可以按公式(B.5)计算:

$$BW_{\text{modal}} = \frac{440}{D(\lambda)L\Delta_s} \quad \dots\dots\dots (\text{B.5})$$

式中:

BW_{modal} ——色度带宽,单位为吉赫兹(GHz);

$D(\lambda)$ ——波长 λ 处的光纤色散系数,在 GB/T 15972.42 中定义,单位为皮秒每纳米千米[ps / (nm · km)];

L ——光纤长度,单位为千米(km)。

结合公式(B.3),(B.4),(B.5)提供了 IDF 定义如公式(B.6):

$$\text{IDF} = BW_{\text{meas}} L \Delta\lambda_s = \frac{440 \sqrt{2\epsilon - \epsilon^2}}{D(\lambda)} \quad \dots\dots\dots (\text{B.6})$$

特定情况下,假定 $\epsilon = 0.1$ (误差为 10%),得到公式(B.7):

$$\text{IDF} = \frac{192}{D(\lambda)} \quad \dots\dots\dots (\text{B.7})$$

式中:

IDF ——模内色散因子,单位为吉赫兹 · 千米 · 纳米(GHz · km · nm);

$D(\lambda)$ ——波长 λ 处的光纤色散系数,单位为皮秒每纳米千米[ps/(nm · km)]。

附录 C
(规范性附录)

光纤传递函数传递函数 $H(f)$ 、功率谱 $|H(f)|$ 和 $f_{3\text{ dB}}$

C.1 光纤传递函数

C.1.1 方法 A——时域(脉冲失真)法

时域测量从输入脉冲 $a(t)$ 和输出脉冲 $b(t)$ 开始。输入脉冲和光纤输出脉冲傅里叶变换的计算方法,如公式(C.1)和公式(C.2)所示:

$$A(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} a(t) e^{-j2\pi ft} dt \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

$$B(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} b(t) e^{-j2\pi ft} dt \quad \dots\dots\dots (C.2)$$

式中:

$a(t)$ —— 时间输入脉冲;

$b(t)$ —— 时间输出脉冲;

$A(f)$ —— 输入脉冲傅里叶变换;

$B(f)$ —— 光纤输出脉冲傅里叶变换。

对于时域法,光纤传递函数的计算方法,如公式(C.3)所示:

$$H(f) = \frac{B(f)}{A(f)} \quad \dots\dots\dots (C.3)$$

注: $A(f)$, $B(f)$ 和 $H(f)$ 是通常表示为实数和虚数对的复数向量。

C.1.2 方法 B——频域法

当使用网络分析仪或等效的相位测量设备时,进行传输函数的计算如公式(C.4)、公式(C.5)、公式(C.6)所示:

$$A(f) = P_{\text{in}}(f) \times [\cos(\varphi_{\text{in}}(f)) + i \sin(\varphi_{\text{in}}(f))] \quad \dots\dots\dots (C.4)$$

$$B(f) = P_{\text{out}}(f) \times [\cos(\varphi_{\text{out}}(f)) + i \sin(\varphi_{\text{out}}(f))] \quad \dots\dots\dots (C.5)$$

$$H(f) = \frac{B(f)}{A(f)} \quad \dots\dots\dots (C.6)$$

式中 $A(f)$, $B(f)$ 和 $H(f)$ 定义与公式(C.1)相同。

C.2 功率谱

C.2.1 方法 A——时域(脉冲失真)法

用时域(脉冲失真)测量,以 dB 为单位的频率响应 $|H(f)|$ 计算如公式(C.7)所示:

$$|H(f)| = 10 \lg [\sqrt{\text{Re}(H(f))^2 + \text{Im}(H(f))^2}] - 10 \lg [\text{Re}(H(0))] \quad \dots\dots\dots (C.7)$$

式中:

$\text{Re}(x)$ 和 $\text{Im}(x)$ —— 复数 x 的实部和虚部,零频率减项是为了在零频率时将功率谱使之归一化至 0 dB。

C.2.2 方法 B——频域法

用于频域法,以 dB 为单位的 $H(f)$ 的频率响应,计算可以简化如公式(C.8)所示:

$$|H(f)| = 10 \lg \left[\frac{P_{\text{out}}(f)}{P_{\text{in}}(f)} \right] - 10 \lg \left[\frac{P_{\text{out}}(0)}{P_{\text{in}}(0)} \right] \quad \dots\dots\dots (C.8)$$

式中:

$P_{\text{in}}(f)$ ——在 8.2.2 中测量的输入频率响应;

$P_{\text{out}}(f)$ ——在 8.2.1 中测量的输出频率响应。

零频率减项是为了在零频率时将功率谱使之归一化至 0 dB。

C.2.3 -3 dB 频率

-3 dB 频率 $f_{3 \text{ dB}}$ 应确定为 $|H(f)| = -3 \text{ dB}$ 时对应的最低频率。采用插值法来确定 $f_{3 \text{ dB}}$ 。

附 录 D
(规范性附录)
其他表达函数的计算

D.1 光纤冲击响应 $h(t)$

受试光纤的冲击响应 $h(t)$ 应计算为公式(D.1):

$$h(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} H(f) e^{j2\pi ft} df \quad \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

$H(f)$ ——光纤传递函数(见附录 C)。

在高频时,如果在数据采集时产生混叠效应, $H(f)$ 信噪比变低。

注:为了对频域测量执行此计算,方法 B 还应收集相位信息以进行精确的脉冲响应计算。可以通过使用电网分析仪而不是电谱分析仪来实现。

D.2 RMS 冲击响应,精确方法

RMS 脉冲展宽应根据受试光纤脉冲响应 $h(t)$ (见 D.1) 计算,如公式(D.2)和(D.3)所示:

$$\sigma_{\text{rms}} = \sqrt{C_2^2 - C_1^2} \quad \dots\dots\dots (D.2)$$

同时

$$C_n = \int_0^{+\infty} t^n h(t) dt \quad \dots\dots\dots (D.3)$$

式中:

n ——0,1,2,...自然数。

D.3 RMS 冲击响应,平方近似差法

RMS 脉冲响应应根据输入和输出脉冲的均方根差计算,如公式(D.4):

$$\sigma_{\text{rms}} = \sqrt{\sigma_B^2 - \sigma_A^2} \quad \dots\dots\dots (D.4)$$

式中:

σ_B ——RMS 光纤输出脉宽;

σ_A ——RMS 输入脉冲宽度。

σ_A 和 σ_B 应根据 D.2 中给出的方程计算,其中 $h(t)$ 分别代入 σ_A 和 σ_B 的 $a(t)$ 和 $b(t)$ 。

附录 E
(规范性附录)
多模光纤满注入的搅模要求

E.1 概述

本程序描述了受试光纤的注入条件,目的是通过激光二极管或其他光源实现均匀的满注入。注入条件通过搅模器实现。搅模器位于光源和受试光纤之间,以产生可满注入到受试光纤纤芯和数值孔径的辐射分布,而与光源的空间辐射特性无关。

然而,对于搅模器设计,产生的注入条件取决于光源/搅模器对准以及与诸如连接器或光学成像系统的任何中间光学器件的相互作用。如果光源系统或光学系统中的任何组件发生变化,则应重新进行确认。当应用于信息传输容量测量时,满注入提供了良好的测量可重复性,但不一定给出链接长度的最佳带宽预测。特定的光源/搅模器组合对于一种尺寸的芯径和数值孔径受试光纤可能是满足要求的,但是对于另一种尺寸组合可能不满足。

E.2 装置

E.2.1 光源

激光二极管等光源。

E.2.2 搅模

E.2.2.1 概述

“搅模器”是位于光源和受试光纤之间以控制注入条件的设备。未指定特定搅模器设计,应注意这些搅模器的性能取决于实际施工中使用的注入光学系统和光纤尺寸(芯径和数值孔径)。

示例:图 E.1 中给出的两个设计仅用于示意图,其他设计也可。

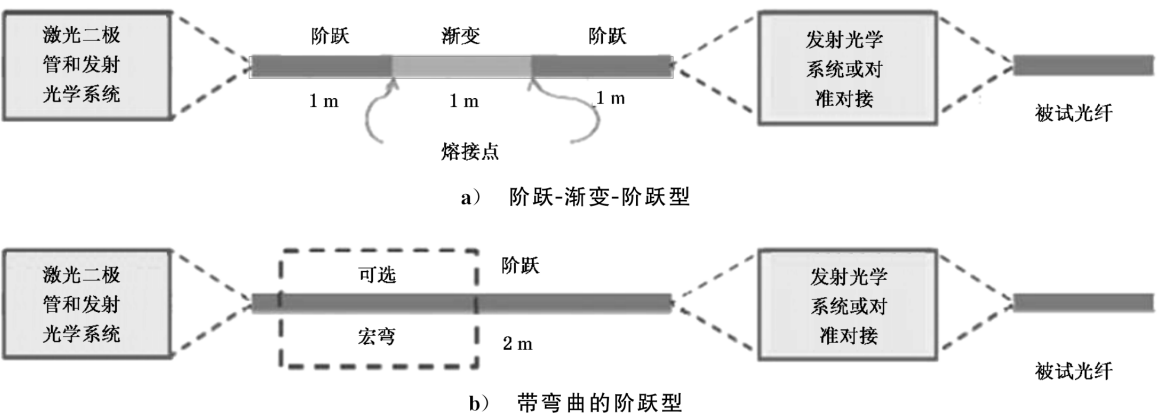


图 E.1 两种光纤搅模器的示例

E.2.2.2 阶跃-渐变-阶跃

图 E.1a)中的搅模器是将长度分别为 1 m 的阶跃、渐变和阶跃折射率光纤熔接在一起的串联组合。

E.2.2.3 带有弯曲的阶跃

图 E.1b) 中的搅模器使用单个长度的阶跃折射率光纤。在某些情况下, 弯曲或围绕芯轴缠绕几圈阶跃折射率光纤将使得搅模器对激光二极管对准不太敏感。

E.2.2.4 用于验证搅模器的试验装置

为了确保搅模器有效, 需测量搅模器耦合到 E.2.1 中光源时近场和远场辐射的输出模式。在 GB/T 15972.20 和 GB/T 15972.43 中描述了适当的测试装置。如果在搅模器输出的图像上执行验证试验, 适当的测试设备可能与 GB/T 15972.20 和 GB/T 15972.43 中描述的不同。

E.2.2.5 微定位装置/光学元件

需要将来自搅模器的光耦合到受试光纤的设备。这可以是与光学器件一起的微定位器, 以将搅模器输出成像到受试光纤的输入端。空间分辨率和位置重复性应足够高以保证可重复的耦合条件。或者, 可以采用将搅模器输出对接到受试光纤的输入端的临时耦合。

E.2.3 包层模剥除器

应采用包层模剥除器, 以滤除包层模。当预涂覆层折射率大于或等于光纤包层折射率时, 就不需要包层模剥除器。

E.3 试样和试样制备

试样包括光源和搅模器。还包括定位装置, 诸如连接器和光学成像系统的相关光学器件以及用于测量系统中的光纤。

E.4 程序

E.4.1 搅模器确认

E.4.1.1 概述

搅模器应足以将 E.4.1.2、E.4.1.3 和 E.4.1.4 的发射注入条件可靠地再现到受试光纤。如果受试光纤的发射条件保持足够稳定, 满足所有后续测量的所需发射条件, 则不需要进行鉴定测试, 并且不需要使用搅模器进行每次测试。稳定性可以通过例如将光源永久性地加尾纤或光源永久地连接到搅模器来获得。然而, 对于许多搅模器设计, 产生的发射条件取决于源/搅模器对准和与诸如连接器或光学成像系统中光学器件的耦合。如果光学系统中的光源或任何部件发生变化, 则重新进行验证。

E.4.1.2 受试光纤入射光斑

通过耦合到搅模器光纤的光源, 激发受试光纤纤芯的近场辐射图在受试光纤纤芯区域上变化小于 25%, 应避免斑点效应。如果受试光纤的芯径未知, 应由 GB/T 15972.20 确定。如果搅模器直接连接到受试光纤, 则应测量激发受试光纤纤芯的近场辐射图。如果搅模器输出被光学成像到受试光纤输入端上, 则所发射的近场分布应由 GB/T 15972.20 定义的近场来确定。

E.4.1.3 入射到光纤上的辐射角

利用耦合到搅模器光纤的光源, 测量激发受试光纤的角强度分布。入射数值孔径被定义为发射角

度强度降至最大值的 5% 半角的正弦,应超过受试光纤的 5% 数值孔径。如果受试光纤的 5% 数值孔径未知,应由 GB/T 15972.43 中的一个程序确定。如果搅模器直接连接到受试光纤,激发受试光纤纤芯的搅模器光纤的角度强度分布应按照 GB/T 15972.43 进行测量。如果搅模器输出被光学地成像到受试光纤输入端,则发射的角度强度分布应由 GB/T 15972.43 定义的远场来确定。

E.4.1.4 搅模器确认

E.4.1.4.1 概述

为了实现真正统一的发射分布,需满足下列测试要求之一。除了 E.4.1.2 和 E.4.1.3 的要求外,当搅模器出射的远场光受限时(见 E.4.1.4.2),重新测量近场,或搅模器出射的近场光受限时(见 E.4.1.4.3),重新测量远场。

E.4.1.4.2 受限远场的近场测量法

当搅模器发射的数值孔径(即发射角度)减小超过 50% 时,E.4.1.2(入射光斑)的要求仍然得到满足。此时适当的测试方法是使用 NA 近似为 0.1 的标准单模光纤,这不到受试搅模器 NA 的一半(通常为 0.3)。附加的近场测量就是通过扫描搅模器输出端的单模光纤的光强分布以确认近场分布仍然满足 E.4.1.2 的要求来实现。

E.4.1.4.3 受限近场的远场测量法

当搅模器发射(光斑大小)的空间范围减少 50% 以上时,仍需满足 E.4.1.3(入射辐射角)的要求。此时适当方法是使用放置在模式搅模器输出的图像平面上的孔。附加的远场测量是通过限制图像的孔径以确认远场仍然满足 E.4.1.3 的要求。

E.4.2 搅模器输出端光纤对准

E.4.2.1 概述

如果在搅模器输出的图像上进行 E.4.1 确认测试,则使用方法 A 进行对准。如果测试直接在搅模器输出上执行,则使用方法 B 或方法 C 进行对准。

E.4.2.2 对准方法 A——光学成像

如果使用发射光学器件将来自搅模器输出的光图像映射到受试光纤(图 E.1),则应采用使用微定位器和透镜的技术将测试光纤纤芯置于搅模器输出的图像中。搅模器的确认测试应包括成像光学元件的影响,如图像或发射角放大率。在出现分歧的情况下,方法 A 或方法 B 应优先考虑。

E.4.2.3 对准方法 B——可拆卸接头

如果不使用发射光学器件,则搅模器输出可以通过临时接头连接到受试光纤,使得搅模器与受试光纤纤芯对准并使端面紧密接触。在这种情况下,搅模器光纤的芯径应大于或等于受试光纤的芯径。

E.4.2.4 对准方法 C——对接耦合

如果不使用发射光学器件,并且受试光纤对接耦合到搅模器的输出端,则受试光纤应在垂直于轴线的平面中移动,以最大化耦合功率。

E.4.3 测量

在搅模器合格后,通过方法 A、方法 B 或方法 C 耦合到受试光纤的输出,可以开始光纤参数测量。

E.5 结果的计算

搅模器合格判据使用前面条款中提到的通过/失败规则。不需要进一步的计算。

E.6 结果

E.6.1 测试应提供的信息

每次测量应报告以下信息：

- 测试日期；
- 使用的程序；
- 试样名称；
- 搅模器对准方法：方法 A，方法 B 或方法 C；
- 测试波长。

E.6.2 必要时可提供的信息

如有要求，可提供以下信息：

- 搅模器/光源的详细描述；
- 具有显示覆盖受试光纤纤芯上注入光斑和相对于受试光纤注入数值孔径的一致性数据的搅模器合格证明；
- 测试人员姓名；
- 使用的测试设备和最新校准日期。

参 考 文 献

- [1] GB/T 12357.1 通信用多模光纤 第1部分：A1类多模光纤特性
 - [2] IEC 61280-4-1 纤维光学通信子系统测试程序 第4-1部分：已安装的光缆设施—多模衰减测量(Fibre-optic communication subsystem test procedures—Part 4-1: Installed cable plant—Multi-mode attenuation measurement)
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
光纤试验方法规范 第 41 部分:传输特性的
测量方法和试验程序 带宽

GB/T 15972.41—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

服务热线: 400-168-0010

2021 年 4 月第一版

*

书号: 155066 · 1-66594

版权专有 侵权必究



GB/T 15972.41—2021