



中华人民共和国国家标准

GB/T 16849—2008
代替 GB/T 16849—1997

光纤放大器总规范

Generic specification of optical fiber amplifier

2008-10-07 发布

2009-04-01 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

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
光 纤 放 大 器 总 规 范
GB/T 16849—2008

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 38 千字
2009年2月第一版 2009年2月第一次印刷

*

书号: 155066 · 1-35452 定价 20.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533



GB/T 16849—2008

前 言

本标准参考 IEC 61291-1:2006《光放大器 第1部分:总规范》、IEC 60825-1《激光产品的安全 第1部分:设备分类和要求》、IUT-TG. 661:1998《光放大器及子系统相关参数的定义和试验方法》和 Telcordia GR-1312-CORE:1999《光纤放大器和专有密集波分复用系统总规范》对 GB/T 16849—1997《光纤放大器总规范》进行修订。

本标准在修订过程中考虑了与 GB/T 18898.1—2002《掺铒光纤放大器 第1部分:C波段掺铒光纤放大器》、GB/T 20148—2006《喇曼光纤放大器技术条件》的协调一致。

本标准代替 GB/T 16849—1997《光纤放大器总规范》。

本标准与 GB/T 16849—1997 相比,主要变化如下:

- 对原概述中的 4.1.1、4.1.2 内容进行修改;对 4.2.47 定义进行了修改;
- 增加了部分通用参数定义:反向增益、最大增益、最大增益波长、最小信号增益波长、小信号增益波长变化、波长带、有用信号波长带、可调波长范围、最大增益随温度变化、增益稳定度、偏振相关增益、偏振模色散、主偏振态、最大输入反射、最小输入反射、载噪比、单波长应用增益斜率,把复合三阶畸变、复合二阶畸变(待研究)定义后变成载波复合三次差拍比、载波复合二次差拍比;
- 增加了适用于数字多波道传输应用光纤放大器参数定义;
- 增加了适用于喇曼光纤放大器及其参数定义;
- 对带光放大器的子系统参数定义部分,增加了“工作波长信号范围”参数定义;把 4.3.2.2 “ASE 功率电平”改为“输出 ASE 功率电平”,4.3.2.2 “ASE 功率电平”改为“输入 ASE 功率电平”;删去与通用参数定义相同的参数定义:供电和制控要求、最大功耗、工作温度、最大工作相对湿度、最大工作振动水平、贮存温度、最大贮存相对湿度、最大运输振动/冲击水平、可靠性、安全、远端本地告警控制、光连接、输出光回波损耗、泄漏到输出端泵浦功率、输入光回波损耗、泄漏到输入端泵浦功率。
- 对第3章分类重新编写并编为第5章;
- 对第6章试验方法内容进行补充和完善;
- 增加第7章电磁兼容要求和第9章可靠性试验;
- 对附录 A、缩写词一览表进行补充增加并编在第3章。

本标准由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本标准由中国通信标准化协会归口。

本标准起草单位:武汉邮电科学研究院。

本标准主要起草人:梁臣桓、陈永诗、付成鹏。

本标准于 1997 年首次发布。本次为第一次修订。

光纤放大器总规范

1 范围

本标准规定了光纤放大器(OFA)的术语和定义、分类和要求;确定了试验方法和可靠性试验。

本标准适用于稀土元素掺杂的有源光纤 OFA 器件、带光纤放大器子系统,以及喇曼光纤放大器(RFA)器件。

2 规范性引用文件

下列文件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,其随后的所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版本均不适用于本标准,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,其最新版本适合于本标准。

- GB/T 9771.1~9771.5 通信用单模光纤系列
- GB/T 16850.1—1997 光纤放大器试验方法基本规范 第1部分:增益参数的试验方法
- GB/T 16850.2—1999 光纤放大器试验方法基本规范 第2部分:功率参数的试验方法
- GB/T 16850.3—1999 光纤放大器试验方法基本规范 第3部分:噪声参数的试验方法
- GB/T 16850.4—2006 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—2001 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—2001 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—2001 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 17626 电磁兼容 试验和测量技术
- YD/T 1200—2002 MU型单模光纤活动连接器技术条件
- YD/T 1272.1—2003 光纤活动连接器 第1部分:LC型
- YD/T 1272.3—2005 光纤活动连接器 第3部分:SC型
- YD/T 1272.4—2007 光纤活动连接器 第4部分:FC型
- IEC 60825-1:2007 激光产品的安全 第1部分:设备分类和要求
- IEC 60825-2:2007 激光产品的安全 第2部分:光纤通信系统的安全(OFCS)
- IEC 61290-7-1:2007 光纤放大器 试验方法 第7-1部分:频带外介入损耗 滤波光功率表法
- IEC 61290-10-1:2003 光学放大器 试验方法 第10-1部分:多道参数 使用光学开关和光谱分析仪的脉冲法
- IEC 61290-10-2:2007 光纤放大器 试验方法 第10-2部分:多通道参数 使用选通光频谱分析仪的脉冲法
- IEC 61290-10-3:2003 光学放大器 试验方法 第10-3部分:多道参数 探测法
- IEC 61290-11-1:2008 光学放大器 试验方法 第11-1部分:偏振模式分散参数 琼斯矩阵特征分析法(JME)
- IEC 61290-11-2:2005 光学放大器 试验方法 第11-2部分:偏振模式分散参数 Poincare 球面分析方法
- ITU-T G. 662:1998 光纤放大器件和子系统的通用特性
- Telcordia GR-1312-CORE:1999 光纤放大器和专有密集波分复用系统总规范

3 术语和定义、缩略语

3.1 术语和定义

下述术语和定义适合于本标准。

3.1.1 光纤放大器(OFA)通用参数定义

3.1.1.1

增益 gain

从 OFA 输出端口输出的信号光功率与输入端口输入的信号功率的比值,以分贝(dB)为单位。

注1:增益包括输入光纤跳线和 OFA 输入端口之间的连接损耗。

注2:要求跳线与用作 OFA 输入端口和输出端口的光纤是同样类型。

注3:要注意从信号光功率中排除 ASE 噪声功率。

3.1.1.2

小信号增益 small-signal gain

放大器工作在线性范围区时的增益,这时,在给定的信号波长和泵浦光功率电平下,它基本上与输入信号光功率无关。

注:这种性能可在离散波长上或作为波长的函数加以描述。

3.1.1.3

反向增益 reverse gain

用 OFA 的输入端作为输出端,输出端作为输入端测得的增益。

3.1.1.4

反向小信号增益 reverse small-signal gain

用 OFA 的输入端作为输出端,输出端作为输入端测得的小信号增益。

3.1.1.5

最大增益 maximum gain

OFA 工作在标称工作条件下,所能达到的最高增益。

3.1.1.6

最大小信号增益 maximum small-signal gain

OFA 在标称的工作条件下,所能达到的最高的小信号增益。

3.1.1.7

最大增益波长 maximum gain wavelength

发生最大增益处的波长。

3.1.1.8

最大小信号增益波长 maximum small-signal gain wavelength

发生最大小信号增益处的波长。

3.1.1.9

波长变化 wavelength variation

在给定的波长范围上,增益峰-峰值变化。

3.1.1.10

小信号增益波长变化 small-signal gain wavelength variation

在给定的波长范围上,小信号增益峰-峰值变化。

3.1.1.11

波长带 wavelength band

在规定的输出功率范围内,当相应的输入信号功率处于规定的输入功率范围时,能保持 OFA 输出

信号功率的波长范围。

3.1.1.12

有用信号波长带 (仅对带光滤波器的预放大器而言) **available signal wavelength band (for pre-amplifiers with optical filter only)**

包括有用光滤波器在内的预放大器波长带。

3.1.1.13

可调波长范围 (对带可调光滤波器的预放大器或 OARs) **tunable wavelength range (for pre-amplifiers or OARs with tunable optical filter only)**

包括预放大器内部 (或 OAR 子系统内部) 可调滤波器波长在内的可调谐波长带范围。

3.1.1.14

小信号增益波长带 **small-signal gain wavelength band**

小信号增益比最大小信号增益低 3 dB 时的波长范围。

3.1.1.15

最大增益随温度变化 **maximum gain variation with temperature**

温度在规定范围内变化时引起的最大增益变化, 以分贝 (dB) 为单位。

3.1.1.16

最大小信号增益随温度的变化 **maximum small-signal gain variation with temperature**

温度在规定范围内变化时引起的最大小信号增益的变化, 以分贝 (dB) 为单位。

3.1.1.17

增益稳定度 **gain stability**

在标称工作条件下, 对于某个规定的试验周期, 用最大和最小增益之差, 以分贝 (dB) 为单位表示的增益波动程度。

3.1.1.18

小信号增益稳定性 **small-signal gain stability**

在标称工作条件下, 对于某个规定的试验周期, 用最大和最小的小信号增益之差, 以分贝 (dB) 为单位表示的小信号增益波动的程度。

3.1.1.19

大信号输出稳定性 **large-signal output stability**

在标称的工作条件和规定的大输入信号光功率情况下, 对于某个规定的试验周期, 用最大和最小的输出信号光功率之比表示输出光功率波动的程度, 以分贝 (dB) 为单位。

3.1.1.20

偏振相关增益 **polarization-dependent gain (PDG)**

在标称工作条件下, 由于输入信号光偏振态变化引起的 OFA 增益的最大变化。

注: OFA 中 PDG 光源与所用无源器件损耗偏振有关。

3.1.1.21

饱和输出功率 **saturation output power (gain compression power)**

在信号波长上, 其增益相对于小信号增益减小 3 dB 时输出信号光功率。

注: 应说明规定该参数的波长。

3.1.1.22

标称输出信号功率 **nominal output signal power**

在标称工作条件下, 一个规定的输入信号光功率所对应的最小输出信号光功率。

注: 应说明规定该参数的波长。

3.1.1.23

最大输入信号功率 maximum input signal power

在正常工作时允许输入信号的最大光功率。

3.1.1.24

最大输出信号功率 maximum output signal power

在标称工作条件下,从 OFA 能够得到的最高输出信号光功率。

3.1.1.25

输入功率范围 input power range

当 OFA 的输出光功率在规定的输出功率范围之内,并使其性能得以保障时,OFA 的输入信号光功率所在的光功率电平范围。

3.1.1.26

输出功率范围 output power range

当 OFA 输入信号光功率在规定的输入功率范围内,并使其性能得以保障时,OFA 的输出信号光功率所在的光功率电平范围。

3.1.1.27

噪声系数 noise figure

NF

受限于散弹噪声信号通过 OFA 传输引起的具有单一量子效率和无附加噪声光检测器输出端信噪比(SNR)的降低,即输入端 SNR 与输出端 SNR 之比,以分贝(dB)为单位。

注 1: 应指出规定噪声系数的工作条件。

注 2: 该特性可在离散波长下或作为波长的函数加以描述。

注 3: OFA 的噪声来自不同的方面,例如:信号-ASE 差拍噪声、ASE-ASE 差拍噪声,内部反射噪声,信号散弹噪声,ASE 散弹噪声,每一种来源的大小都与不同的条件有关,为了正确估算噪声系数,必须规定这些条件。

注 4: 习惯上把噪声系数取正值。

注 5: 在模拟传输应用 OFA 情况下,噪声系数也可以用输入和输出之间载噪比来表示。

3.1.1.28

噪声因子 noise factor

F

用线性形式表示的噪声系数。

3.1.1.29

信号-自发辐射噪声系数 signal-spontaneous noise figure

$NF_{\text{sig-sp}}$

噪声系数中信号-自发差拍噪声的部分,以分贝(dB)为单位。

3.1.1.30

(等效)自发辐射-自发辐射光谱带宽 equivalent spontaneous-spontaneous optical bandwidth

$B_{\text{sp-sp}}$

等效自发辐射-自发辐射光谱带宽就是 ASE 谱功率密度的平方在 ASE 谱宽内的积分与在信号光频率 ν_{sig} 处 ASE 谱功率密度的平方 $\rho_{\text{ase}}^2(\nu_{\text{sig}})$ 倒数的乘积,公式(1)表示。

$$B_{\text{sp-sp}} = \rho_{\text{ase}}^{-2}(\nu_{\text{sig}}) \cdot \int_{B_{\text{ase}}} \rho_{\text{ase}}^2(\nu) d\nu \dots\dots\dots (1)$$

注 1: 在 OFA 输出端使用一个光滤波器,可减小等效自发辐射-自发辐射光谱带宽。

注 2: 该参数与自发辐射-自发辐射差拍噪声有关,因此,它要求应用 ASE 谱功率密度的平方。

3.1.1.31

偏模色散 polarization mode dispersion; PMD

当光信号通过光纤、器件或子系统(如光纤放大器)传播时,由于两个主偏振态(PSP)之间的平均传播的时延差,即群时延差(DGD)的影响,使得脉冲形变和均方根展宽,而且使每个主偏振态的波形畸变,称做偏振模色散(PMD)。偏振模色散和偏振相关损耗(PDL)及偏振相关增益(PDG)一起可引起波形畸变而导致不能容忍的比特误差率的增加。

注: PMD 可能与温度和工作条件有关。

3.1.1.32

主偏振态 principal states of polarization; PSP

在给定的频率或波长上,对应的输出偏振态(SOPs)的两个正交输入偏振态对于一阶光频率无关。

注1: 光纤、器件或子系统是典型的两个主偏振态特征,该特征是材料固有双折射导致其自身外部和内部的应力。

注2: 两个主偏振态(PSPs)之间的群时延差(DGD)可随时间及波长而变化。

注3: 与主偏振态之一相一致的那些偏振态信号将不受偏振模色散量的影响,至少对一阶光频信号是这样。

3.1.1.33

前向 ASE 功率电平 forward ASE power level

在标称工作条件下,从输出端输出的与 ASE 有关的规定波长范围内的 ASE 噪声光功率。

注1: 该参数对于 PA 或 LA 特别重要,它主要取决于所用的滤波器。

注2: 应该说明规定 ASE 电平的工作条件(例如增益和输入信号光功率)。

注3: 对于分布式 RFA 的前向 ASE 是指与信号光传播方向相同的 ASE 光功率,分立式的参考面为信号输出端口的 ASE 光功率。

3.1.1.34

反向 ASE 功率电平 reverse ASE power level

在标称工作条件下,从输入端输出的与 ASE 有关的规定波长范围内的 ASE 噪声光功率。

注: 对于 RFA,应说明分布式的反向 ASE 是指与信号光传播方向相反的 ASE 光功率,分立式的参考面为信号输入端口的 ASE 光功率。

3.1.1.35

ASE 谱宽 ASE bandwidth

从输出的 ASE 功率谱的峰值下降 30 dB~40 dB 时两个波长之间的波长范围。

注: 由于测量的功率谱的可能畸变,例如由泵浦泄漏引起,可能需要进行适当的外推。

3.1.1.36

输入光反射 input optical reflectance

在标称工作条件和工作波长上,从输入端口被 OFA 反射的入射光功率与总入射光功率之比,以分贝(dB)为单位。

注: 用给定的输入信号光功率进行测量。

3.1.1.37

输出光反射 output optical reflectance

在标称工作条件和工作波长上,从输出端口被 OFA 反射的入射光功率与总入射光功率之比,以分贝(dB)为单位。

注: 用给定的输入信号光功率进行测量。

3.1.1.38

最大输入反射 maximum input reflectance

在标称规定的条件下和工作波长的所有输入光偏振态上,从输入端被 OFA 反射的入射光功率与总入射光功率之比的最大值,以分贝(dB)为单位。

注: 用给定的输入信号光功率进行测量。

3.1.1.39

最小输入反射 minimum input reflectance

在标称规定的条件下和工作波长的所有输入光偏振态上,从输入端被 OFA 反射的入射光功率与总入射光功率之比的最小值,以分贝(dB)为单位。

注:用给定的输入信号光功率进行测量。

3.1.1.40

输入端最大光反射容限 maximum optical reflectance tolerable at input

在器件仍然满足其规范时,从 OFA 的输入端口看到的最大反射。

注1:用给定的输入信号光功率进行测量。

注2:噪声系数是对反射率最敏感的参数。

3.1.1.41

输出端最大光反射容限 maximum optical reflectance tolerable at output

在器件仍然满足其规范时,从 OFA 的输出端口看到的最大反射。

注1:用给定的输入信号光功率进行测量。

注2:噪声系数是对反射率最敏感的参数。

3.1.1.42

输入端和输出端最大容许反射 maximum reflectance tolerable at input and output

在器件仍然满足其规范时,同时放在一个 OFA 输入端和输出端的两个一样的反射器的最大反射。

注1:用给定的输入信号光功率进行测量。

注2:噪声系数是对反射率最敏感的参数。

3.1.1.43

输出端泵浦泄漏功率 pump leakage to output

在标称工作条件下,从 OFA 或 OAT、RFA 输出端口泄漏的泵浦光功率。

注1:用给定的输入信号光功率进行测量。

注2:最大泄漏到输出端的泵浦功率发生在没有输入信号时。

3.1.1.44

输入端泵浦泄漏功率 pump leakage to input

在标称工作条件下,从 OFA 或 OAR、RFA 输入端口泄漏的泵浦光功率。

注1:用给定的输入信号光功率进行测量。

注2:输入端的泵浦最大泄漏功率发生在没有输入信号时。

注3:对 RFA,应说明分布式的参考面为传输光纤的输入端口,分立式的参考面为信号输入端口。

3.1.1.45

带外插入损耗 out-of-band insertion loss

在规定的带外波长上,信号光的 OFA 插入损耗。

3.1.1.46

带外反向插入损耗 out-of-band reverse insertion loss

在规定的带外波长上,将规定的 OFA 输入端口和输出端口对换,所测得的信号光的 OFA 插入损耗。

3.1.1.47

带内插入损耗 in-band insertion loss

在无电功率的条件下,OFA 在给定输入光信号波长和给定信号光功率电平下的插入损耗。

注1:这种特性可在离散波长下或作为波长的函数加以描述。

注2:在测量该参数时,要注意排除输出的 ASE 的噪声。

注3:带内插入损耗是输入信号功率电平的函数。

3.1.1.48

供电和控制要求 powering and control requirements

电流和/或电压和对于 OFA 工作在标出的最大额定值内所需要的电信号一样,应该包括电光源需要的容差和开关程序。

3.1.1.49

最大功耗 maximum power consumption

OFA 工作在绝对最大额定值时需要的电功率。

3.1.1.50

外形尺寸和重量 external dimensions and weight

OFA 最大的高度、长度、宽度和重量。

3.1.1.51

环境条件 environmental conditions

在 OFA 仍然能够满足所规定参数值的情况下,OFA 允许贮存、工作或运输的环境要求,包括温度范围、湿度和振动水平。

3.1.1.52

工作温度 operating temperature

OFA 能够运行且仍满足其所有规定参数值的温度范围。

3.1.1.53

最大工作相对湿度 maximum operating relative humidity

OFA 能够运行且仍满足其所有规定参数值的最大相对湿度。

3.1.1.54

最大工作振动水平 maximum operating vibration level

OFA 能够运行且仍满足其所有规定参数值的最大振动水平。

3.1.1.55

贮存温度 storage temperature

OFA 能够贮存且仍满足其所有规定参数值的温度范围。

3.1.1.56

最大贮存相对湿度 maximum storage relative humidity

OFA 能够贮存且仍满足其所有规定参数值的最大相对湿度。

3.1.1.57

最大运输振动/冲击水平 maximum transport vibration/shock level

OFA 仍能满足其所有规定参数值时,OFA 所能承受的运输时的最大振动/冲击水平。

3.1.1.58

可靠性 reliability

即为器件工作寿命的估算。OFA 的可靠性由下面两个参数之一来表示:平均无故障时间(MTBF)或失效率(FIT)。MTBF 是在规定的工作和环境条件下,OFA 没有任何故障而连续工作的平均周期;FIT 是器件在 10^9 h 内,在规定的工作和环境条件下的失效次数。

注:可靠性试验请查看 Telcordia GR-1312-CORE:1999 中的第 10 章。

3.1.1.59

安全 safety

为了 OFA 的安全运行,安装人员、操作人员和制造人员应共同遵循的预防措施或通过的安全标准。

注:除非另有规定,本标准应采用 IEC 60825-1:2007 和 IEC 60825-2:2007。

3.1.1.60

最大总输出功率 maximum total output power

OFA 工作在绝对最大额定值时,在输出端口的最高光功率电平。

3.1.1.61

远端和本地告警控制 remote and local alarm control

能够检查 OFA 的运行、探测和发送可能产生故障的信号的功能。

3.1.1.62

光连接 optical connections

用作 OFA 输入和输出端口的连接器类型和/或光纤类型。

注:光连接器和连接光纤的光学、机械和环境特性及性能应分别符合 YD/T 1200—2002、YD/T 1272.1—2003、YD/T 1272.3—2005、YD/T 1272.4—2007、GB/T 9771.1~9771.5 中的有关规定。

3.1.1.63

载噪比(对于模拟传输) carrier to noise ratio

载波电平与系统噪声电平平均方根值之比,以分贝(dB)为单位。

3.1.1.64

载波复合三次差拍比(对于模拟传输) carrier to composite third-order distortion ratio

在系统指定点,载波电平与围绕在载波中心附近群集的复合三次差拍产物电平的峰值之比,以分贝(dB)为单位。

3.1.1.65

载波复合二次差拍比(对于模拟传输) carrier to composite second-order distortion ratio

在系统指定点,载波电平与围绕在载波中心附近群集的复合二次差拍产物电平的峰值之比,以分贝(dB)为单位。

3.1.1.66

单波长应用增益斜率(对于模拟传输) gain-slope under single wavelength operation

给定波长信号和输入功率的情况下,探测波长处的小信号增益对波长的导数。

注:探测信号的总平均功率电平必须至少低于输入信号功率电平 20 dB,使其对增益谱曲线影响最小。

3.1.2 适用于多波道 OFA 参数定义

多波长信号入射到 OFA 时,产生了多波道的 OFA,在多波道应用中,大多数单波道应用的参数定义可适用,但某些参数的定义需要调整。当这些定义被延长使用时,“波道”这个词将加到相关参数上,特别是噪声系数和信号自发辐射噪声系数。

3.1.2.1

输入参考面 input reference plane

如图 1 所示,输入参考面在 OFA 的输入端定义。来自发送机 T_{x1} 、 T_{x2} …… T_{xn} 的 n 个信号,每个分别具有单一波长 λ_1 、 λ_2 …… λ_n ,由光复用器(OM)进行合波,每个信号分别具有单一功率 P_{i1} 、 P_{i2} …… P_{in} ,输送到 OFA 的输入端。

3.1.2.2

输出参考面 output reference plane

如图 1 所示,输出参考在 OFA 的输出端定义。 N 个输入信号被 OFA 放大后,每个分别具有单一功率 P_{o1} 、 P_{o2} …… P_{on} ,从 OFA 输出端输出,经光解复用器(OD)分离出 λ_1 、 λ_2 …… λ_n 的 n 个信号,由接收机 R_{x1} 、 R_{x2} …… R_{xn} 接收。在输出参考面上还应考虑被放大的自发辐射 ASE 具有噪声光功率谱密度 $P_{ASE}(\lambda)$ 。

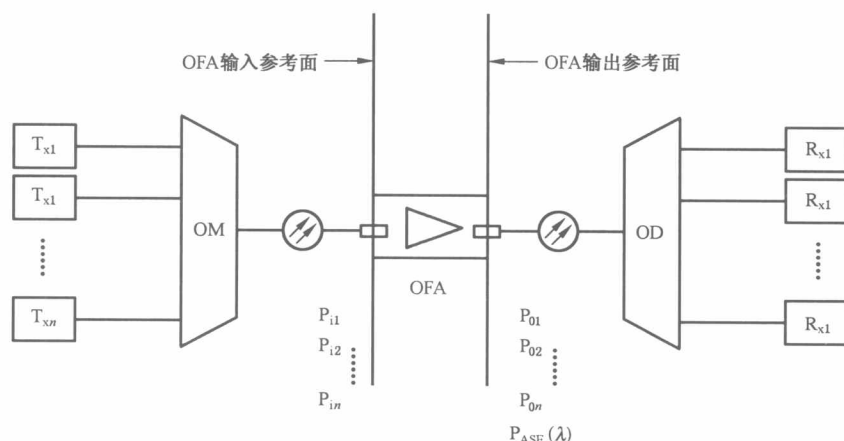


图 1 多波道应用中的 OFA

3.1.2.3

波道增益 channel gain

在规定的多波道配置中,每一波道(在波长 λ_j 上)的增益,由公式(2)表示。

$$G_j = P_{oj} - P_{ij} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

G_j ——表示第 j 波道的增益,单位为分贝(dB), $j=1,2,\dots,n$, n 为总波道数;

P_{oj} ——表示第 j 波道的输出功率(dBm), $j=1,2,\dots,n$, n 为总波道数;

P_{ij} ——表示第 j 波道的输入功率(dBm), $j=1,2,\dots,n$, n 为总波道数。

注: 由于 OFA 饱和功率是由所有波长输入信号复合效应确定,所以波道增益与所有信号输入功率相关。

3.1.2.4

多波道增益变化 multichannel gain variation**相互波道间增益差 inter-channel gain difference**

在规定的多波道配置中,任意两波道之间的波道增益差,定义为多波道增益变化,由公式(3)表示。

$$\Delta G_{ji} = G_j - G_i \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

ΔG_{ji} ——表示第 j 波道和第 i 波道间的增益变化,单位为分贝(dB), $j, i=1,2,\dots,n$, 但 $j \neq i$, n 为总波道数;

G_j ——表示第 j 波道的波道增益,单位为分贝(dB), $j=1,2,\dots,n$, 但 $j \neq i$, n 为总波道数;

G_i ——表示第 i 波道的波道增益,单位为分贝(dB), $i=1,2,\dots,n$, 但 $j \neq i$, n 为总波道数。

注: 通常情况下,考虑到波道对复合的所有可能,这一参数被规定为波道增益变化最大值,表示为多波道增益变化最大绝对值,输入功率通常将取规定的最大值和最小值,也可以是规定达到中心增益值或总输出功率时的输入功率。

最大多波道增益变化(又称增益平坦度)由公式(4)表示。

$$\Delta G_{\max} = \text{MAX}_{j,i} \{ |\Delta G_{ji}| \} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$\Delta G_{\max}$ ——表示第 j 波道和第 i 波道之间的最大波道增益变化,单位为分贝(dB)。

3.1.2.5

增益交叉饱和 gain cross-saturation

在规定的多波道配置中,当所有其他波道输入功率保持恒定时,某一给定波道的输入功率的变化 ΔP_i 对于另外波道的增益变化 ΔG_j 的比率。

增益交叉饱和由公式(5)表示。

$$GX S_{ji} = \Delta G_j / \Delta P_i \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

j ——表示第 j 波道, $j=1, 2, \dots, n$, 但 $j \neq i$, n 为总波道数。

i ——表示第 i 波道, $i=1, 2, \dots, n$, 但 $j \neq i$, n 为总波道数。

注: 通常, 这一参数被指定为当每个波道处于最小允许功率时的多波道中的一种初始输入功率分配, 其他分配可在相应的产品规范中表示。

3.1.2.6

相互波道干扰 interchannel crosstalk

在研究中。

3.1.2.7

多波道增益变化差 multichannel gain-change difference

相互波道间增益变化差 inter-channel gain-change difference

对于某一规定的波道配置, 在两个规定的波道输入功率设定值中, 某一波道增益变化值与相关的另一波道增益变化值之间的差, 定义为多波道增益变化差, 由公式(6)表示。

$$GD_{ji} = [G_j^{(1)} - G_j^{(2)}] - [G_i^{(1)} - G_i^{(2)}] \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

GD_{ji} ——第 j 波道和第 i 波道的增益变化差, 单位为分贝(dB);

$G_j^{(1)}, G_j^{(2)}$ ——表示第 j 波道在两个规定的波道输入功率设定值之一上的波道增益, $j=1, 2, \dots, n$, n 为总波道数;

$G_i^{(1)}, G_i^{(2)}$ ——表示第 i 波道在两个规定的波道输入功率设定值之一上的波道增益, $i=1, 2, \dots, n$, n 为总波道数。

注1: 通常, 两个规定的波道输入功率设定值中: (1) 为所有输入功率调至最小值, (2) 为所有输入功率调至最大值。

注2: 通常应规定的多波道最大增益变化差, 不同输入设定值的情况应在相应的产品规范中加以定义。

注3: 前向 ASE 功率与相应使用的预放大器或线路放大器有关, 因此波道输入功率将包含前向 ASE 成分。

注4: 当不能使用增益斜率定义时, 该参数可用作替代多波道增益斜率。

3.1.2.8

多波道增益斜率 multichannel gain tilt

相互波道间增益变化率 inter-channel gain-change ratio

在第 j 波道中, 由第(1)输入多波道功率设定值变到第(2)输入波道功率设定值时, 每一波道增益变化相对于参考波道增益变化的比率。

多波道增益斜率由公式(7)表示。

$$GT_j = [G_j^{(1)} - G_j^{(2)}] / [G_r^{(1)} - G_r^{(2)}] \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

$G_r^{(1)}, G_r^{(2)}$ ——是参考波道 r 在两个规定的波道输入功率设定值之一上的波道增益。

注1: 多波道增益斜率通常用作预计基于参考波道变化的各种输入波道功率设定值的每一波道的增益。

注2: 通常, 把输入波道功率设定值调到: (1) 为所有功率中等于最大允许值, (2) 为所有功率中等于最小允许值。

注3: 参考波道可在适合产品规范中规定, 参考波道的多波道增益斜率用 dB/dB 来定义。

注4: 在混合多级放大的情况下, 应减少使用多波道斜率对不同情况下波道增益的预测, 在不均匀增益段和特殊的情况下应使用具有自动增益控制的放大器。

3.1.2.9

波道增/减(稳态)增益响应 channel addition/removal(steady-state)gain response

对于某一规定的多波道配置, 由于增/减一个或多个别的波道而引起任一波道所产生的波道增益的稳态变化, 以分贝(dB)为单位。

注1: 通常, 当每一输入波道的最终和最初功率等于最小允许值时, 最大波道增/减增益响应为规定的参数。因此, 不同的最终或最初功率可在适合的产品规范里标出。

注 2: 当加上所有波道或在所有波道中减到仅剩下一个波道时,通常会预期发生最坏情况的波道增/减增益响应。

3.1.2.10

波道增/减瞬时增益响应 channel addition/removal transient gain response

对于规定的多波道配置,在波道增/减后瞬时期,由于增/减一个或多个别的波道而引起任一波道的最大波道增益的变化,以分贝(dB)为单位。

注 1: 通常,当每一输入波道的最终和最初功率等于最小允许值时,最大波道增/减增益响应为规定的参数。因此,不同的最终或最初功率可在适合的产品规范里标出。

注 2: 当加上所有波道或在所有波道中减到仅剩下一个波道时,通常会预期发生最坏情况的波道增/减增益响应。

注 3: 正向最大波道增益变化率通常是相对于超调节的,而负向最大波道增益变化率通常是相对于未达调节的。

3.1.2.11

波道增/减瞬时响应时间 channel addition/removal transient response time

从波道增/减到该波道或别的波道的输出功率达到并维持在稳态值 $+N$ dB $\sim -N$ dB的时间间隔。

注 1: N 值应在相应的产品规范中规定。

注 2: 该定义适用于波道数的瞬时变化,意思是,每增/减波道持续时间与响应时间可忽略不计。

3.1.2.12

波道噪声系数 channel noise figure

对于规定的多波道配置中,在规定的光带宽中每波道的噪声系数称为波道噪声系数,以分贝(dB)为单位。

3.1.2.13

波道信号自发辐射噪声系数 channel signal-spontaneous noise figure

规定的多波道配置中,每波道的信号自发辐射噪声系数称为波道信号自发辐射噪声系数,以分贝(dB)为单位。

3.1.2.14

波道配置 channel allocation

波道配置由给定波道数、标称中心频率(标称中心波道波长)和它们的中心频率(波长)偏差组成。

3.1.2.15

多径干扰(MPI)品质因数 multi-path interference (MPI) figure of merit

由所有基带频率积累的多径干扰引起的噪声因子的贡献。

注: 例如:多径干扰可以由光路中逐次元件反射引起。

3.1.2.16

频率无关噪声因子贡献 frequency-independent contribution to noise factor

除了多径干涉噪声之外的噪声因子。

3.1.3 带光放大器子系统参数定义

本条中包括的定义涉及基于 OFA 子系统,即带光放大器的发射机(OAT)和带光放大器的接收机(OAR)的参数。

3.1.3.1 带光放大器的发射机子系统(OAT)参数定义

3.1.3.1.1

信号波长 signal wavelength

传送信号光的波长。

3.1.3.1.2

信号线宽 signal linewidth

信号光谱的半高全宽 FMHM。

3.1.3.1.3

输出连接器后的信号功率 **signal power after output connector**

从 OAT 光输出端口发射的信号光功率。

3.1.3.1.4

工作信号波长范围 **operating signal wavelength rang**

OAT 输出信号功率能够保持在规定的输出功率范围内的波长范围。

3.1.3.1.5

输出 ASE 功率电平 **output ASE power level**

在标称工作条件下,从 OAT 光输出端口输出的 ASE 光功率。

3.1.3.1.6

最大返回光功率 **maximum return optical power**

在 OAT 仍然满足它的指标时,允许返回 OAT 输出端口的最大光功率。

3.1.3.2 带光放大器的接收机子系统(OAR)参数定义

3.1.3.2.1

灵敏度 **sensitivity**

为达到固定的误码率 BER 值(如 10^{-10}),紧靠在输入连接器前的光纤点所需的输入信号最小光功率。

3.1.3.2.2

工作信号波长范围 **operating signal wavelength range**

在规定的 BER(如 10^{-10})和规定的比特率上;OAR 具有规定的灵敏度和过载输入功率的波长范围。

3.1.3.2.3

ASE 滤波器谱宽 **ASE filter bandwidth**

ASE 滤波器的 FWHM 宽度。

注:ASE 滤波器的谱宽确定了输入信号的最大线宽。

3.1.3.2.4

最大输入光功率 **maximum input optical power**

在 OAR 仍能满足其规范时,能够进入 OAR 输入端口的最大光功率。

3.1.3.2.5

输入 ASE 功率电平 **input ASE power level**

在标称工作条件下,从 OAR 光输入端口输出的 ASE 光功率。

3.1.4 喇曼光纤放大器及其参数定义

3.1.4.1

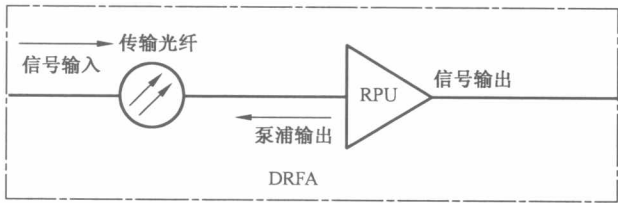
分布式喇曼光纤放大器 **Distributed Raman Fiber Amplifier**

基于传输光纤中的受激喇曼散射效应,以传输光纤本身作为增益介质,在喇曼泵浦单元(Raman Pump Unit,以下简称 RPU)的作用下,使信号在整个传输线路上都得到放大的一种光纤放大器。在实际参数测量过程中,把喇曼泵浦模块与传输光纤一起作为一整体来测量,DRFA 符号如图 2a)、图 2b)、图 2c)所示。

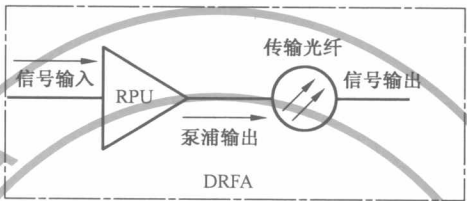
3.1.4.2

分立式喇曼光纤放大器 **Discrete Raman Fiber Amplifier (DRFA)**

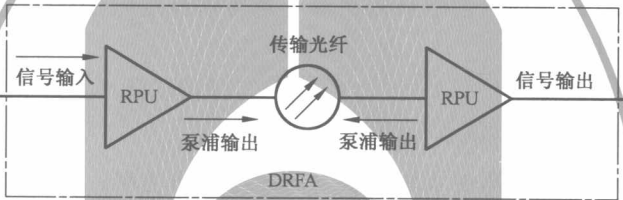
基于光纤中的受激喇曼散射效应,以色散补偿光纤或高非线性光纤作为增益介质,在喇曼泵浦模块的作用下,使信号得到放大的一种光纤放大器。分立式喇曼光纤放大器被想象成一个“黑盒子”,如图 3 所示,至少具有两个光端口和供电的电连接口(图中未给出)。



a) 后向 DRFA



b) 前向 DRFA



c) 双向 DRFA

图 2 分布式喇曼光纤放大器示意图

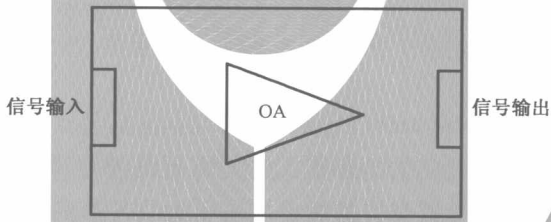


图 3 分立式喇曼光纤放大器示意图

3.1.4.3

混合喇曼光纤放大器 hybrid Raman Fiber Amplifier

基于分布式喇曼光纤放大器与掺铒光纤放大器(或分立式喇曼光纤放大器)混合应用的一种放大器,根据应用情况不同,可分为下面三种混合放大器:

- 带后向 DRFA 和 EDFA(或分立式 RFA)的混合结构喇曼光纤放大器;
- 带前向 DRFA 和 EDFA(或分立式 RFA)的混合结构喇曼光纤放大器;
- 带双向 DRFA 和 EDFA(或分立式 RFA)的混合结构喇曼光纤放大器。

3.1.4.4

泵浦光反射 pump optical reflectance

在标称工作条件下,从泵浦输出端口被传输光纤端面反射的泵浦光功率与总输出泵浦光功率之比,以分贝(dB)为单位。

注:用给定的输出泵浦光功率进行测量。

3.1.4.5

开-关增益(仅对分布式光纤放大器而言) on-off gain(only applicable to distributed amplifier)

分布式放大器的放大光纤输出端在泵浦打开时的信号光功率相对于关闭时信号光功率的增加值,

以分贝(dB)为单位。有时称为“有效增益”。

注：开-关增益不同于通常意义上的增益，它不是输出端功率与输入端功率的比值，因为通常意义上的增益包括了光纤的衰减，而且光纤衰减被看成系统而不是放大器的一部分。开关增益的值高于通常意义上的增益。

3.1.4.6

净开-关增益(仅对分布式光纤放大器而言) **net on-off gain**(only applicable to distributed amplifier)

分布式放大器的放大光纤输出端在泵浦打开时的信号光功率相对于没有安装为获得分布放大效果的附加光纤装置时光纤输出端的信号功率的增加值，以分贝(dB)为单位。

3.1.4.7

净增益平坦度 **net gain flatness**

一定波长范围内，在 DRFA 正常工作状态下，以光纤的起始端作为参考输入端，在一定的输入信号功率范围内，光纤放大器信号增益随波长的最大变化量。

3.1.4.8

功率波长带宽 **wavelength bandwidth of power**

一个波长范围，在此波长范围内，当信号光在输入光功率范围内变化时，输出信号光功率在规定范围内。

3.1.4.9

泵浦输出总功率 **total output power of pump**

DRFA 泵浦输出总功率定义为喇曼泵浦模块总的泵浦输出功率。

3.1.4.10

等效噪声指数 **effective noise figure**

NF_{eff}

RFA 的等效噪声指数定义为在喇曼泵浦关与开的两种状态下，信噪比之比，以分贝(dB)为单位。

3.1.4.11

等效总噪声系数 **equivalent total noise figure**

受限于瑞利散射噪声的信号通过提供给分布式放大器光纤的传播，在泵浦打开与关闭状态下引起的具有单一量子效率和零附加噪声光探测器的输出端信噪比(SNR)的降低程度，以分贝(dB)为单位。

注1：有效噪声系数不同于通常意义上的噪声系数，通常意义上的噪声系数是指放大器输入端的噪声系数与输出噪声系数之比，与信噪比变化相关的信号功率增加的是有效增益而不是增益，特别是，能够从不同的 ASE 噪声功率与增益之间的计算出来的信号-自发辐射噪声指数对有效噪声指数中贡献被输入端与输出端的大量无源损耗衰减了，因此对于分布式喇曼放大来说，有效噪声指数是负值，以分贝(dB)为单位。

注2：有效噪声指数可以理解为放在光纤末端的能够产生分布式放大器相同的有效增益与 ASE 输出功率的分立式光纤放大器的噪声指数，由于产生的 ASE 噪声在分布式光纤放大器的内部，产生的 ASE 噪声会随传输光纤而部分的衰减，因此分布式放大器产生的 ASE 噪声功率会小于同样的分立式放大器产生的 ASE 噪声功率。

3.1.4.12

等效信号-自发辐射噪声系数 **equivalent signal-spontaneous noise figure**

信号-自发辐射差拍噪声对等效总噪声系数的贡献。

3.1.4.13

偏振度 **degree of polarization**

DOP

该偏振度适用于喇曼光纤放大器泵浦器件，对于每种光泵浦源的发射波长，该值由公式(8)表示。

$$DOP = (P_{\max} - P_{\min}) / (P_{\max} + P_{\min}) \quad \dots\dots\dots (8)$$