

国际电信联盟

ITU-T

国际电信联盟
电信标准化部门

G.661

(03/2006)

G系列：传输系统和媒质、数字系统和网络
传输媒质的特性 — 光部件和子系统的特性

光放大器器件和子系统相关通用参数的定义和测试方法

ITU-T G.661建议书

ITU-T



ITU-T G系列建议书
传输系统和媒质、数字系统和网络

国际电话连接和电路	G.100-G.199
所有模拟载波传输系统共有的一般特性	G.200-G.299
金属线路上国际载波电话系统的各项特性	G.300-G.399
在无线电接力或卫星链路上传输并与金属线路互连的国际载波电话系统的一般特性	G.400-G.449
无线电话与线路电话的协调	G.450-G.499
传输媒质的特性	G.600-G.699
概述	G.600-G.609
对称电缆线对	G.610-G.619
陆上同轴电缆线对	G.620-G.629
海底电缆	G.630-G.649
光导纤维缆	G.650-G.659
光部件和子系统的特性	G.660-G.699
数字终端设备	G.700-G.799
数字网	G.800-G.899
数字段和数字线路系统	G.900-G.999
服务质量和性能——一般和与用户相关的概况	G.1000-G.1999
传输媒质的特性	G.6000-G.6999
经传送网的数据——一般概况	G.7000-G.7999
经传送网的以太网概况	G.8000-G.8999
接入网	G.9000-G.9999

欲了解更详细信息，请查阅ITU-T建议书目录。

ITU-T G.661建议书

光放大器器件和子系统相关通用参数的定义和测试方法

摘 要

本建议书给出了 ITU-T 建议书所涉及的光放大器器件和子系统所用的各类光放大器共同的相关参数的定义和测试这些参数应遵循的方法。

来 源

ITU-T 第 15 研究组 (2005-2008) 按照 ITU-T A.8 建议书规定的程序, 于 2006 年 3 月 29 日批准了 ITU-T G.661 建议书。

前 言

国际电信联盟（ITU）是从事电信领域工作的联合国专门机构。ITU-T（国际电信联盟电信标准化部门）是国际电信联盟的常设机构，负责研究技术、操作和资费问题，并且为在世界范围内实现电信标准化，发表有关上述研究项目的建议书。

每四年一届的世界电信标准化全会（WTSA）确定 ITU-T 各研究组的研究课题，再由各研究组制定有关这些课题的建议书。

WTSA 第 1 号决议规定了批准建议书须遵循的程序。

属 ITU-T 研究范围的某些信息技术领域的必要标准，是与国际标准化组织（ISO）和国际电工技术委员会（IEC）合作制定的。

注

本建议书为简明扼要起见而使用的“主管部门”一词，既指电信主管部门，又指经认可的运营机构。

遵守本建议书的规定是以自愿为基础的，但建议书可能包含某些强制性条款（以确保例如互操作性或适用性等），只有满足所有强制性条款的规定，才能达到遵守建议书的目的。“应该”或“必须”等其他一些强制性用语及其否定形式被用于表达特定要求。使用此类用语不表示要求任何一方遵守本建议书。

知识产权

国际电联提请注意：本建议书的应用或实施可能涉及使用已申报的知识产权。国际电联对无论是其成员还是建议书制定程序之外的其他机构提出的有关已申报的知识产权的证据、有效性或适用性不表示意见。

至本建议书批准之日止，国际电联已收到实施本建议书可能需要的受专利保护的知识产权的通知。但需要提醒实施者注意的是，这可能并非最新信息，因此特大力提倡他们通过下列网址查询电信标准化局（TSB）的专利数据库：<http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>。

© 国际电联 2006

版权所有。未经国际电联事先书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

目 录

页码

1	范围	1
2	参考文献	1
3	缩写	1
4	分类	2
5	定义	3
5.1	OA 器件的定义.....	6
5.2	OA 子系统的参数.....	12
6	测试方法	14
附录一	— 光纤放大器与半导体光放大器的主要差别	15
I.1	概论	15
I.2	SOA 与 OFA 的光性能特性比较	16
I.3	应用	17
附录二	— 光放大器器件和子系统的环境、机械、物理和可靠性参数	18
II.1	OA 器件的参数.....	18
II.2	OA 子系统的参数.....	19
II.3	环境和可靠性测试方法	20
参考资料	21

ITU-T G.661建议书

光放大器器件和子系统相关通用参数的定义和测试方法

1 范围

本建议书适用于市面上销售的所有光放大器(OA)和光放大子系统。本建议书适用于采用光泵激纤维的OA（不是以掺入稀土元素的光纤为基础的光纤放大器（OFA）就是以喇曼效应为基础的OFA）、采用半导体的OA（SOA）和采用波导的OA（POWA）。

本建议书给出了不同类型的OA共同的相关参数的定义，列在第5节，第6节尽可能给出了测试所述参数应遵循的方法，用于ITU-T建议书所涉及的OA器件和子系统。不过，专门适用于分布式喇曼放大器的参数定义在ITU-T G.665建议书中给出。

2 参考文献

下列ITU-T建议书和其他参考文献的条款，在本建议书中的引用而构成本建议书的条款。在出版时，所指出的版本是有效的。所有的建议书和其他参考文献均会得到修订，本建议书的使用者应查证是否有可能使用下列建议书或其他参考文献的最新版本。当前有效的ITU-T建议书清单定期出版。本建议书引用的文件自成一体时不具备建议书的地位。

- ITU-T Recommendation G.662 (2005), *Generic characteristics of optical amplifier devices and subsystems.*
- ITU-T Recommendation G.663 (2000), *Application related aspects of optical amplifier devices and subsystems.*
- ITU-T Recommendation G.665 (2005), *Generic characteristics of Raman amplifiers and Raman amplified subsystems.*
- IEC 61290 (All Parts), *Basic specification for optical amplifier test methods.*
- IEC 61291-1 (1998), *Optical fibre amplifiers – Part 1: Generic specification.*

为OA规定的参数是在从一般化的角度把OA看成是一个“黑匣子”的情况下，概括了OA的传输、操作、可靠性和环境属性的那些参数。在ITU-T G.662建议书中，按照特定OA器件或子系统类型和应用规定了这些参数的一个子集。

3 缩写

本建议书采用下列缩写：

ASE	放大的自发发射
BER	比特差错率
Bsp-sp	自发—自发光带宽
DGD	微分群时延
DOP	偏振度

EDFA	掺铒（石英基）光纤放大器
F	噪声因数
FIT	失效次数
FWHM	最大半振幅的全宽度
MPI	多径干扰
MTBF	平均失效间隔时间
NF	噪声系数
OA	光放大器
OAR	光放大接收器
OAT	光放大发送器
OFA	光纤放大器
OSA	光谱分析器
PDG	偏振相关增益
PDL	偏振色散损耗
PMD	偏振模色散
POWA	平面光波导放大器
PSP	主偏振状态
SNR	信噪比
SOA	半导体光放大器
SOP	偏振状态
TM	测试方法

4 分类

根据所用的技术和 OA 本身的用途确定了不同的 OA 应用类别。IEC/TR 61292-3 还给出了光放大器技术的分类。

这些类别用一个大写字母、一位数字和一个小写字母来标识如下：

大写字母

- A 采用石英基光纤的 OFA，这种放大器中的激活光纤是掺入铒离子的
- B 采用其他掺入材料的激活光纤的 OFA
- C 喇曼放大器
- D SOA
- E POWA

数字

- 1 功率放大器（后置放大器或提升放大器）
- 2 前置放大器

- 3 线路放大器
- 4 OAT（光放大发送器）
- 5 OAR（光放大接收器）
- 6 分布式放大器
- 7 分布与分立组合式放大器

小写字母

- a 模拟放大器，单（波长）通路传输
- b 数字放大器，单（波长）通路传输
- c 数字放大器，多（波长）通路传输

示例—A2b类指的是用于单路数字传输的前置光放大器，采用了掺入铟离子的石英基光纤。功率放大器是饱和功率较高的 OA 器件，直接用在光发送器之后，以增强其信号功率电平。前置放大器是甚低噪声 OA 器件，直接用在光接收器之后以提高灵敏度。

线路放大器是低噪声 OA 器件，在无源光段之间使用，以在完成必要的再生之前延长覆盖距离，或者在点对多点连接情况下补偿光接入网中的分支损耗。

OAT 是 OA 子系统，因为光发送器中组合了一个光放大器，形成了一个功率更高的发送器。

OAR 是 OA 子系统，因为光接收器中组合了一个前置光放大器，形成了一个灵敏度更高的发送器。

分布式放大器是一种对光纤长距离传输提供放大的设备配置，例如通过喇曼泵激，因此是分布在传输段的一部分上或整个传输段上。

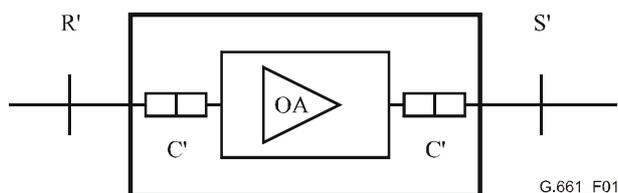
ITU-T G.665 建议书对分布与分立组合式放大器做了规定。

5 定义

本节下文列出的 OA 参数定义分为两部分：第一部分列出了与 OA 器件，即功率放大器、前置放大器、线路放大器和分布式放大器有关的那些参数；第二部分列出了与光放大基本子系统，即光放大发送器（OAT）和光放大接收器（OAR）有关的参数。

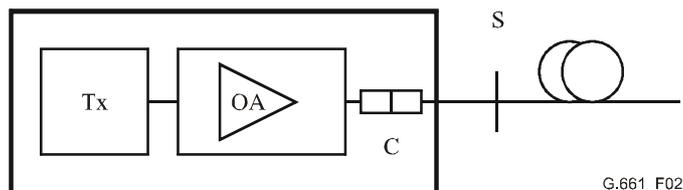
在给出特定器件的参数值时，还有必要规定某些适当的工作条件，如温度、偏置电流、泵激光功率等。在本节中给出了两种不同的工作条件：正常工作条件和受限工作条件。正常工作条件指制造商推荐的 OA 正常使用的那些工作条件；而受限工作条件是指按照制造商提供的绝对最大额定值，用户可以调整的参数（如温度、增益、泵激激光器注入电流等）均已达到其最大值。

如图 1 所示，OA 被认为是一个“黑匣子”。OA 设备有两个光端口，即输入端口和输出端口。OAT 和 OAR 被认为是分别与发送器和接收器组合在一起的 OA。这两种组合都意味着发送器或接收器与 OA 之间的连接是专用的，无法加以规定。因此，只能规定 OAT 的光输出端口（在 OA 之后，如图 2 所示）和 OAR 的光输入端口（在 OA 之前，如图 3 所示）。光端口可由未终接的光纤或光连接器组成。供电电源的电气连接也是必要的（图 1 至图 3 未示出）。按照这一“黑匣子”方法，与 OA 器件直接相连的两对连接器（图 1 至图 3 中用 C 或 C'标明）的损耗及相应的不确定性将包括在器件的增益值、噪声系数值和其他参数值中。



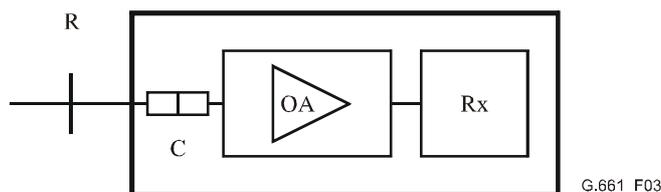
S' 在OA器件的光连接 (C') 之后紧邻的光纤上的参考点
R' 在OA器件的光连接 (C') 之前紧邻的光纤上的参考点

图 1/G.661—OA器件参考图



S 在OAT的光连接 (C) 之后紧邻的光纤上的参考点

图 2/G.661—OAT参考图



R 在OAR的光连接 (C) 之前紧邻的光纤上的参考点

图 3/G.661—OAR参考图

应注意，图 1 至图 3 中的配置表示的是 ITU-T 参考点范畴内的情况。图中指出了黑匣子 OA 中两对连接器的损耗，而不是一对。正如 ITU-T G.662 建议书所言，ITU-T 参考平面通常会考虑别的连接器损耗。关于这一课题的更完整论述见附录三/G.665。建议使用者适当考虑损耗的不同。

OA 在一个标称工作波长区内把信号放大。另外，工作波长范围之外的其他信号在某些应用中也可以通过 OA。这些带外信号的用途及其波长或波长区可在具体规范中明文规定。

如果 OA 上出现了多波长信号，例如多路系统的情况，则需要适当调整现有相关参数的定义，同时对这一不同的应用提出新参数的定义。

多路应用中 OA 的一种典型配置见图 4。在发送侧有 n 路信号，来自 n 个光发送器 Tx1, Tx2, ... Txn, 每个发送器分别有一个独特的波长 $\lambda_1, \lambda_2, \dots \lambda_n$, 这些信号由一个光复用器 (OM) 组合在一起。在接收侧, 波长为 $\lambda_1, \lambda_2, \dots \lambda_n$ 的 n 路信号由一个光分用器 (OD) 分开, 并发送到单独的光接收器 Rx1, Rx2, ... Rxn。为了描述这一多路应用中的 OA, 分别在 OA 的输入端口和输出端口规定了输入参考平面和输出参考平面, 如图 4 所示。

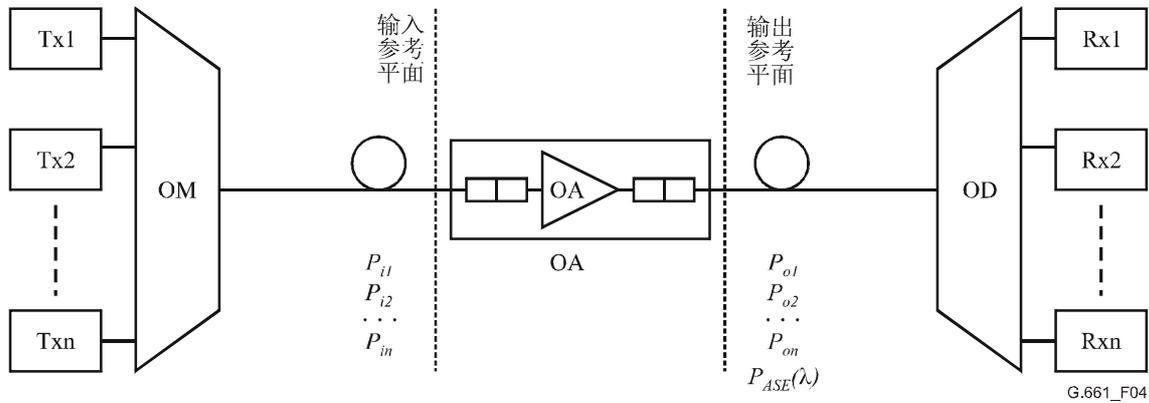


图 4/G.661—多路应用中的光放大器

在输入参考平面考虑的是 n 个波长的 n 路输入信号, 每个信号分别有一个独特的功率电平 $P_{i1}, P_{i2}, \dots P_{in}$ 。在输出参考平面考虑的是 n 个波长的 n 路输出信号, 这些信号由相应的 n 路输入信号经光放大得出, 每路信号的功率电平分别为 $P_{o1}, P_{o2}, \dots P_{on}$ 。另外, 在 OA 输出端口还要考虑噪声功率谱密度为 $P_{ASE}(\lambda)$ 的 ASE (放大的自发发射)。

应注意的是, 图 2 中所示的参考平面的位置是在 ITU-T 建议书中通常使用的命名法范畴内给出的。IEC 命名法对连接器损耗的处理有所不同。附录三/G.665 对此课题做了更完整的讨论。

多数相关单路参数的定义可以适当扩展到多路应用。如果这种扩展是直接的, 则在适用参数中使用“通路”一词。特别是通过考虑每一通路波长的 $P_{ASE}(\lambda)$ 值和通路信号带宽, 噪声系数和信号—自发噪声系数可以逐路扩展到多路应用。对每一通路波长, 都存在一个独特的噪声系数值, 该值是所有信号功率电平的函数。在这种情况下, 引入通路噪声系数和通路信号—自发噪声系数两种参数。不过, 还有必要规定一些其他的附加参数。对于每种参数, 需要对特定的多路配置加以具体规定, 包括全套的通路信号波长和输入功率。

注 1 — 除非另有说明, 下文提到的光功率均为平均功率。

注 2 — 下文规定的参数一般还取决于输入通路的温度和偏振状态。温度和偏振状态应保持不变或能够控制, 或者应与被测参数一并测量和报告。

注 3 — 对于分布式放大器, 所有参数均与一个适当的参考光纤有关, 该参考光纤用于模拟连到泵激模块的传输光纤。

5.1 OA器件的定义

本节列出的定义指的是 OA 器件规范中所用术语的含义。

5.1.1 gain 增益: 在 OA 中, 信号光功率从输入参考点 R'到输出参考点 S'的增加值, 以 dB 为单位表示。

注 1 — 应当心的是, 要从输入和输出两端的信号光功率中扣除放大的自发发射功率。

注 2 — 该定义与 IEC 的相应定义有所不同, 因为该定义包括了与输入和输出两端的 OA 器件直接相连的任何连接器的影响。

5.1.2 small-signal gain 小信号增益: 放大器的增益, 当以线性方式工作时, 在给定的波长和泵激光功率上, 该增益与输入信号的光功率无关。

注 — 该特性可用离散波长或作为波长的函数来描述。

5.1.3 reverse small-signal gain 反向小信号增益: 在相反方向, 即从输出端口到输入端口测得的小信号增益。

5.1.4 maximum small-signal gain 小信号最大增益: 在规定的标称工作条件下可达到的小信号最大增益。

5.1.5 maximum small-signal gain wavelength 小信号最大增益波长: 产生小信号最大增益的波长。

5.1.6 maximum small-signal gain variation with temperature 小信号最大增益随温度的变化: 温度在特定范围内变化导致的小信号增益变化, 以 dB 为单位表示。

5.1.7 gain-slope under single wavelength operation 单波长工作时的增益斜率 (用于模拟操作): 对于给定波长和输入功率的信号, 在该信号波长上的一个小测试信号的增益相对于波长的导数, 以 dB/nm 为单位表示。

注 — 测试信号的总平均功率电平至少应比输入信号电平低 20 dB, 以便把增益的波长特性降至极小。

5.1.8 small-signal gain variation with wavelength 小信号增益随波长的变化: 给定波长范围内小信号增益的峰—峰变化。

5.1.9 small-signal gain stability 小信号增益稳定度: 用小信号最大增益与最小增益之比表达的某一特定测试周期内标称工作条件下的小信号增益波动程度 (以 dB 为单位)。

5.1.10 large-signal output stability 大信号输出稳定度: 用最大输出信号光功率与最小输出信号光功率之比表达的某一特定测试周期内在标称工作条件和规定的最大信号输入光功率情况下的输出光功率的波动程度 (以 dB 为单位)。

5.1.11 polarization-dependent gain (PDG) 偏振相关增益: 在标称工作条件下输入信号偏振状态变化导致的 OA 增益的最大变化。

注 — OA 中 PDG 的一个来源是内部所用无源器件的偏振相关损耗。

5.1.12 saturation output power (gain compression power) 饱和输出功率 (增益压缩功率): 相对于信号波长上小信号增益而言增益减小 N dB (通常 N = 3) 的与输出信号有关的光输出功率。

注 1 — 应表明规定参数时所用的波长。

注 2 — 应酌情表明 OFA 的光泵激功率或 SOA 的泵激电流。

5.1.13 nominal output signal power 标称输出信号功率: 对于输入端的特定信号光功率, 在标称工作条件下输出端的信号光功率。

5.1.14 maximum output signal power 输出信号最大功率: 在标称工作条件下输出端可从 OA 获得的信号最大光功率。

5.1.15 input power range 输入功率范围: 在 OA 性能有保证的情况下, 相应的输出信号光功率落在规定的输出功率范围内时的输入端光功率电平的范围。

5.1.16 output power range 输出功率范围: 在 OA 性能有保证的情况下, 相应的输入信号光功率落在指定的输入功率范围内时的输出端光功率电平的范围。

5.1.17 noise figure (NF) 噪声系数 (仅适用于 OA 器件): 受限散粒噪声信号通过 OA 传播引起的具有均匀量化效应的光检测器输出端信噪比(SNR)的降低, 以 dB 为单位表示。

注 1 — 应表明规定噪声系数时所用的工作条件。

注 2 — 该属性可以用某个离散波长或作为波长的函数加以说明。

注 3 — 由 OA 引起的噪声降质可归属多重因素, 如信号—自发差拍噪声、内部反射噪声、信号散粒噪声和自发散粒噪声。这些因素中的每一个都取决于若干条件, 为了正确评估噪声系数应对这些条件做出具体规定。

注 4 — 按照惯例, 噪声系数是正数。

注 5 — 对于 OA 用于模拟应用的情况, 噪声系数还代表输入与输出载噪比之比。

5.1.18 forward amplified spontaneous emission (ASE) 前向放大的自发发射 (ASE) 功率电平: 在标称工作条件下与输出端口产生的 ASE 有关的规定带宽范围内的光功率。

注 1 — 该参数对于用做前置放大器或线路放大器的 OA 尤其重要, 它主要取决于所用的滤波器。

注 2 — 应表明规定 ASE 电平时所采用的工作条件 (例如增益和输入信号光功率)。

5.1.19 reverse ASE power level 反向 ASE 功率电平: 在标称工作条件下与光输入端口产生的 ASE 有关的规定带宽范围内的光功率。

5.1.20 maximum input reflectance 最大输入反射: 在标称工作条件下由 OA 输入端口反射的处于工作波长上的涉及输入光偏振所有状态的那部分最大注入光功率, 以 dB 为单位表示。

注 1 — 按给定的输入信号光功率进行测量。

5.1.21 output reflectance 输出反射 (不适用于光放大接收器): 在标称工作条件下由 OA 输出端口反射的处于工作波长上的那部分注入光功率, 以 dB 为单位表示。

5.1.22 maximum reflectance tolerable at input 输入端最大容许反射: 由 OA 的光输入端口产生的返回 OA 的同时仍能让器件符合其规范的那部分最大功率, 以 dB 为单位表示。

注 1 — 按给定的输入信号光功率进行测量。

注 2 — 噪声系数是对这种反射最为敏感的参数。

5.1.23 maximum reflectance tolerable at output 输出端最大容许反射: 由 OA 的光输出端口产生的返回 OA 的同时仍能让器件符合其规范的那部分最大功率, 以 dB 为单位表示。

注 1 — 按给定的输入信号光功率进行测量。

注 2 — 噪声系数是对这种反射最为敏感的参数。

5.1.24 pump leakage to output 输出端口的泵激泄漏: 从 OA 输出端口发出的泵激光功率。

注 1 — 按给定的输入信号光功率进行测量。

注 2 — 无输入信号时可能会发生输出端口的最大泵激泄漏。

5.1.25 pump leakage to input 输入端口的泵激泄漏: 从 OA 输入端口发出的泵激光功率。

注 1 — 按给定的输入信号光功率进行测量。

注 2 — 无输入信号时可能会发生输入端口的最大泵激泄漏。

5.1.26 out-of-band insertion loss 带外插入损耗: 对处于一个（几个）特定带外波长上的某个信号，OA 的插入损耗。

5.1.27 out-of-band reverse insertion loss 带外反向插入损耗: 对处于一个（几个）特定带外波长上的某个信号，在相反方向，即从输出端口到输入端口测得的 OA 的插入损耗。

5.1.28 powering and control requirements 电源和控制要求: OA 在标明的最大额定范围内工作所必需的那些电流和/或电压以及所必需的那些电信号。包括必需的电源容差和电源开关程序。

5.1.29 maximum power consumption 最大功率消耗: OA 在最大绝对标称范围内工作所需要的电源功率。

5.1.30 maximum total output power 最大总输出功率: OA 在最大绝对标称范围内工作时输出端口的最高光功率电平。

5.1.31 operating temperature 工作温度: 可使 OA 工作并仍符合其所有规定参数值的温度范围。

5.1.32 optical connections 光连接: 用做 OA 输入和/或输出端口的连接器和/或用做 OA 输入和/或输出端口的光纤的类型。

注 1 — 光连接器的和连接光纤的光、机械和环境特性与性能应分别合乎 IEC 60874-1 和 IEC 60793-2 的要求。

5.1.33 polarization mode dispersion (PMD) 偏振模色散: 光信号通过光纤、器件或子系统（如光放大器）传播时，由差分群时延（DGD）（两种主偏振状态（PSP）之间的传播延迟差）引起的和由每种 PSP 的波形失真引起的脉冲形状和宽度的变化，都起因于 PMD。PMD 以及偏振相关损耗（PDL）和偏振相关增益（PDG）可引入较大的波形失真，导致因此增加的比特差错率不可接受。

注 1 — PMD 的级别可能取决于温度和工作条件。

5.1.34 principal states of polarization (PSP) 主偏振状态: 在给定的频率（或波长）上的两种正交输入主偏振状态，其相应的输出偏振状态（SOP）与一阶光频率无关。

注 1 — 光纤、器件或子系统通常用两种 PSP 来描述，两种 PSP 是材料固有的双折射和作用在材料上的外部与内部感应力的函数。

注 2 — 这两种 PSP 状态之间的 DGD 可随时间和波长而变。

注 3 — 如果信号的 SOP 与其中的一种 PSP 一致，则该信号将不受 PMD 量值的影响，至少对一阶 PMD 如此。

5.1.35 degree of polarization (DOP) 偏振度（适用于喇曼光放大器的泵激器件）：对于泵激光源的每一发射频率，以百分比表示的下值：

$$\frac{P_{\max} + P_{\min}}{P_{\max} + P_{\min}}$$

其中 P_{\max} 和 P_{\min} 分别是该发射波长的泵激光源所有偏振状态下的光输出功率，在指定带宽内测量。

注 1 — 由于喇曼放大器所利用的喇曼效应与偏振有关，所以偏振度会影响放大器的偏振相关增益。

注 2 — 由于喇曼放大器常常由多波长或多模激光器推动，因此有必要单独确定每一发射波长的偏振度，而不是整个光输出的偏振度。

5.1.36 noise Factor (F) 噪声因数：以线性形式表示的噪声系数。

5.1.37 multi-path interference (MPI) figure of merit 多径干扰 (MPI) 品质因数：由在所有基带频率（零至无穷大）上累积的多径干扰引起的噪声因数分量。

注 — 例如，多径干扰可由光通路上连续的部分反射引起。

5.1.38 double Rayleigh scattering figure of merit 双重瑞利散射品质因数：由在所有基带频率（零至无穷大）上累积的双重瑞利散射形成的多径干扰引起的噪声因数分量。

注 — 双重瑞利散射与喇曼分布式和分立式光纤放大器特别有关，因为较长的放大光纤长度不仅给出了增益，还产生了程度显著的散射光。其他增益较高的光纤放大器用于较长的光纤时也会产生这种效应。增益电平越高，作用越明显。

5.1.39 frequency-independent contribution to noise factor 噪声因数的频率无关分量：扣除多径干扰噪声分量的噪声因数。

5.1.40 signal-spontaneous noise figure (NF_{sig-sp}) 信号—自发噪声系数：噪声系数中的信号—自发拍噪声分量，以 dB 为单位表示。

5.1.41 (equivalent) spontaneous-spontaneous optical bandwidth (B_{sp-sp}) (等效的) 自发—自发光带宽：一个等效光带宽，即要获得整个 ASE 带宽 B_{ase} 内 ASE 频谱功率密度平方的积分，必须用该带宽乘以信号光频率 ν_{sig} 上的 ASE 频谱功率密度 ρ_{ase} 的平方，也就是说该带宽为：

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

注 1 — 可在 OA 的输出端用一个光滤波器把等效自发—自发光带宽减至最小。

注 2 — 该参数与自发—自发拍噪声的产生有关，因而要求采用 ASE 频谱功率密度的平方。

5.1.42 effective noise figure 有效噪声系数（仅适用于分布式放大器）：启用泵激与停用泵激相比，由受限散粒噪声经提供分布式放大的光纤传播而引起的具有单位量化效率的光检测器输出端信噪比 (SNR) 的降低，以 dB 为单位表示。

注 1 — 有效噪声系数与噪声系数的不同在于它没有比较放大器输出端的 SNR 与放大器输入端的 SNR。由 SNR 的变化产生的信号强度的增加即为有效增益，而不是增益。特别是，信号—自发噪声系数分量可由 ASE 功率与增益间的差值算得，以 dB 为单位表示，因而该值在有效噪声系数中降低的量为输入与输出间的无源损耗。因此以 dB 为单位表示的分布式放大器的有效噪声系数有可能是负数。

注 2 — 有效噪声系数可以认为是处于光纤末端的某个等效分立式光放大器的噪声系数，该放大器产生的有效增益和 ASE 输出功率与分布式放大器相同。由于分布式放大器的光纤内产生的 ASE 也被该光纤的衰减所部分减小，所以 ASE 输出功率可以比实际可实现的这种分立式放大器的输出功率低。

5.1.43 equivalent signal-spontaneous noise figure 等效的信号—自发噪声系数（仅适用于分布式放大器）：有效噪声系数的信号—自发拍噪声分量。

5.1.44 ASE bandwidth ASE 带宽：观察到输出 ASE 从输出 ASE 频谱峰值到规定下降值的两个波长之间的间隔。

注 1 — 认为下降 30 至 40 dB 是适宜的。

注 2 — 由于测得的光谱可能失真（如泵激泄漏所引起的），可能需要一个合适的外推法。

5.1.45 in-band insertion loss 带内插入损耗（仅适用于 OA 器件）：在不供电条件下，给定输入信号波长和给定信号功率电平上的 OA 信号插入损耗。

注 1 — 该特性可用离散波长或作为波长的函数描述。

注 2 — 应留心在该参数的测量中去除输出 ASE 的影响。

注 3 — 带内插入损耗是输出功率电平的函数。

5.1.46 maximum reflectance tolerable at input and output 输入端和输出端最大容许反射（仅适用于 OA 器件）：OA 仍符合其规范时，同时置于 OA 输入和输出端口的两个相同反射器的最大反射。

注 1 — 按给定输入信号光功率进行测量。

注 2 — 噪声系数是对反射最敏感的参数。

5.1.47 power wavelength band 功率波长带（仅适用于功率放大器）：在 OA 输入信号功率电平位于指定的输入功率范围内时，OA 输出信号功率维持在指定的输出功率范围所处的波长范围。

5.1.48 available signal wavelength band 可用信号波长带（仅适用于采用光滤波器的前置放大器）：纳入了光滤波器作用后形成的前置放大器 OA 波长带。

5.1.49 tuneable wavelength range 可调波长范围（仅适用于采用可调光滤波器的前置放大器和光放大接收器）：前置放大器 OA 内的可调光滤波器可以调谐的波长范围。

5.1.50 channel gain 通路增益（用于多路操作）：在指定的多路配置中（波长为 λ_j 的）每一路的增益，以 dB 为单位表示。

通路增益可用下式表示（ P_{ij} 和 P_{oj} 分别为第 j 路的输入和输出功率电平，以 dBm 为单位， $j = 1, 2, \dots, n$ ； n 为通路总数）：

$$G_j = P_{oj} - P_{ij}$$

注 1 — 由于放大器的饱和功率电平是由所有波长上输入信号的组合作用决定的，所以通路增益取决于所有信号的输入功率电平。

5.1.51 multichannel gain variation (inter-channel gain difference) 多路增益变差（路间增益差）（用于多路操作）：在指定的多路配置中任何两条通路间的通路增益差值，以 dB 为单位表示。

多路增益变差可用下式表示 (G_j 和 G_l 分别为第 j 路和第 l 路的通路增益, $j, l = 1, 2, \dots, n$; $j \neq l$; n 为通路总数):

$$\Delta G_{jl} = G_j - G_l$$

注一 该参数一般规定为最大多路增益变差, 意在顾及通路对的所有可能组合的情况下取多路增益变差的最大绝对值。输入功率电平一般会置为其最小和最大规定值。也可以按照获得一定的增益值或获得总输出功率电平来规定输入功率电平。最大多路增益变差可用下式表示:

$$\Delta G_{MAX} = MAX_{j,l} \left\{ \left| \Delta G_{jl} \right| \right\}$$

5.1.52 gain cross-saturation 增益交叉饱和 (用于多路操作): 对于某种指定的多路配置, 在所有其他通路的输入功率电平保持不变的情况下, 一个通路的通路增益变化 ΔG_j 与另一通路输入功率电平的给定变化 ΔP_l 之比, 以每 dB 的 dB 为单位表示。

增益交叉饱和可由下式表示 ($j, l = 1, 2, \dots, n$; $j \neq l$; n 为通路总数):

$$GXS_{jl} = \Delta G_j / \Delta P_l$$

注一 该参数一般规定为各通路间的起始输入功率分布, 其中每一通路都处于最小可允许功率电平。其他分布可在适当的产品规范中说明。

5.1.53 multichannel gain-change difference (inter-channel gain-change difference) 多路增益变化差 (路间增益变化差) (用于多路操作): 对于某种指定的多路配置, 在规定两组通路输入功率的情况下, 一条通路增益的变化与另一通路增益的变化的差值, 以 dB 为单位表示。

多路增益变化差可由下式表示 ($G_j^{(1)}$ 、 $G_j^{(2)}$ 与 $G_l^{(1)}$ 、 $G_l^{(2)}$ 分别表示第 j 路和第 l 路对于两组指定的通路输入功率(1)和(2)的通路增益, $j, l = 1, 2, \dots, n$; n 为通路总数):

$$GD_{jl} = \left[G_j^{(1)} - G_j^{(2)} \right] - \left[G_l^{(1)} - G_l^{(2)} \right]$$

注1— 一般而言, 两组指定的通路输入功率电平为: (1) 所有输入功率电平置为最小值和 (2) 所有输入功率电平置为最大值。

注2— 一般都将规定最大通路增益差。在产品规范中可规定别的两组输入条件。

注3— 前向 ASE 功率电平可能与用做前置放大器或线路放大器的 OA 有关。在此情况下, 通路输入功率将包括前向 ASE 分布。

注4— 在增益倾斜规定无法使用的情况下, 可以不用多路增益倾斜, 而是使用该参数。

5.1.54 multichannel gain tilt (inter-channel gain-change ratio) 多路增益倾斜 (路间增益变化比) (用于多路操作): 在输入条件从一组输入通路功率变为第二组输入通路功率时, 每条通路增益的变化与某一基准通路增益的变化之比, 以每 dB 的 dB 为单位表示。

多路增益倾斜可由下式表示 ($G_j^{(1)}$ 、 $G_j^{(2)}$ 和 $G_r^{(1)}$ 、 $G_r^{(2)}$ 分别表示在两组指定的通路输入功率情况下第 j 路和基准通路的通路增益, $j = 1, 2, \dots, n$; n 为通路总数):

$$GT_j = \left[G_j^{(1)} - G_j^{(2)} \right] / \left[G_r^{(1)} - G_r^{(2)} \right]$$

注 1 — 多路增益倾斜一般用于根据基准通路观测到的变化预测每一通路在各组输入通路功率情况下的增益。

注 2 — 一般而言，两组输入通路功率为（1）所有功率电平都置为等于最大可允许值和（2）所有功率都置为等于最小可允许值。

注 3 — 基准通路应在适当的规范中加以规定。基准通路的多路增益倾斜本来就等于 1 dB/dB。

注 4 — 对于多级混合放大器、同向异质增益媒质，特别是对于采用自动增益控制的放大器，在不同的条件下用多路增益倾斜来预测通路增益可能会失准。

5.1.55 channel addition/removal (steady-state) gain response 通路加入/移出（稳态）增益响应（用于多路操作）：对于某种指定的多路配置，任何一条通路因加入/移出一条或多条别的通路引起的通路增益的稳态变化，以 dB 为单位表示。

注 1 — 在每一输入通路的最终或初始功率电平等于最小可允许值时，该参数一般规定为通路加入/移出最大增益响应。不过，可在适当的产品规范中指出别的最终或初始功率电平。

注 2 — 一般而言，预计最坏情况下的通路加入/移出增益响应会在除一条通路外，所有其他通路都加入或都移出时出现。

5.1.56 channel addition/removal transient gain response 通路加入/移出瞬态增益响应（用于多路操作）：对于某种指定的多路配置，任何一条通路因在通路加入/移出之后的瞬态期间加入/移出一条或多条别的通路引起的通路增益的最大变化，以 dB 为单位表示。

注 1 — 在每一输入通路的最终或初始功率电平等于最小可允许值时，该参数一般规定为通路加入/移出最大瞬态增益响应。不过，可在适当的产品规范中指出别的最终或初始功率电平。

注 2 — 一般而言，预计最坏情况下的通路加入/移出瞬态增益响应会在除一条通路外，所有其他通路都加入或都移出时出现。

5.1.57 channel addition/removal transient response time constant 通路加入/移出瞬态响应时间常数（用于多路操作）：从某条通路加入/移出开始至该条或另一条通路达到其稳定值并保持在其稳定值的 $\pm N$ dB 内的时间为止的这段时间周期。

注 1 — 应在相关的产品规范中规定 N 值。

5.1.58 channel noise figure 通路噪声系数（用于多路操作）：对于某种指定的多路配置，在指定的光带宽内每一通路的噪声系数，以 dB 为单位表示。

5.1.59 channel signal-spontaneous noise figure 通路信号—自发噪声系数（用于多路操作）：在指定的多路配置中每一通路的信号—自发噪声系数，以 dB 为单位表示。

5.1.60 channel allocation 通路划分（用于多路操作）：采用通路编号、通路的标称中心频率/波长及其中心频率/波长容差进行通路划分。

5.1.61 optical safety 光安全：安装人员、操作人员和制造人员为安全操作 OA 而应遵守的预防措施或商定的标准。除非另有规定，应采用 IEC 60825-1 和 IEC 60825-2。在 ITU-T G.664 建议书《光传送系统的光安全程序和要求》和 IEC/TR 61292-4《光放大器 — 第 4 部分：不受危害地安全使用光放大器，包括喇曼放大器的最大可允许光功率》中可见到其他指导意见。

5.2 OA 子系统的参数

本节所含参数的规定涉及基本 OA 子系统，即光放大发送器（OAT）和光放大接收器（OAR）的相关参数。

5.2.1 通用OA子系统

5.2.1.1 signal wavelength 信号波长: 信号光载波的波长。

5.2.1.2 signal linewidth 信号束宽: 信号光谱的最大半振幅的全宽度 (FWHM)。

5.2.2 光放大发送器 (OAT) 子系统

5.2.2.1 signal power after output connector 输出连接器后的信号功率: 与离开 OAT 的光输出端口的信号有关的光功率。

5.2.2.2 operating signal wavelength range 工作信号波长范围: OAT 输出信号功率能维持在指定的输出功率范围内的频率范围。

5.2.2.3 ASE power level ASE 功率电平: 在正常工作条件下, 与离开 OAT 的光输出端口的 ASE (放大的自发发射) 有关的光功率。

5.2.2.4 output reflectance 输出反射: 在正常工作条件下, 工作波长的入射光功率中被 OAT 从光输出端口反射回来的那部分, 以 dB 为单位表示。

5.2.2.5 maximum return optical power 最大返回光功率: 在 OAT 仍满足其规范的同时可以进入 OAT 输出端口最大光功率。

5.2.2.6 pump leakage to output 输出端口的泵激泄漏: 在正常工作条件下, 由 OAT 输出端口发射的泵激光功率。

注 1 — 按给定的信号光功率进行测量。

注 2 — 无信号时可发生输出端口的最大泵激泄漏。

5.2.2.7 optical connections 光连接: 用于 OAT 输出端口的连接器类型和/或光纤类型。

注 — 光连接器的和连接光纤的光、机械和环境特性与性能应分别合乎 IEC 60874-1 和 IEC 60793-2 的要求。

5.2.3 光放大接收器 (OAR) 子系统

5.2.3.1 sensitivity 灵敏度: 与获得某个固定的 BER 值 (如 10^{-12}) 所必需的刚好在输入连接器之前的输入信号有关的光功率。

注 — 该参数可能有适用的其他规定, 正在研究中。

5.2.3.2 operating signal wavelength range 工作信号波长范围: 对于某个指定的 BER (如 10^{-12}) 和某种指定的比特率, OAR 具有指定的灵敏度和过载输入功率的频率范围。

5.2.3.3 tunable wavelength range 可调波长范围 (仅适用于采用可调光滤波器的 OAR): OAR 内的可调光滤波器可以调谐的波长范围 (在工作信号波长范围内)。

5.2.3.4 ASE power level ASE 功率电平: 在正常工作条件下, 与离开 OAR 的输入光端口的 ASE 有关的光功率。

5.2.3.5 input reflectance 输入反射: 在正常工作条件下, 工作波长的入射光功率中被 OAR 从光输入端口反射回来的那部分, 以 dB 为单位表示。

5.2.3.6 ASE filter bandwidth ASE 滤波器带宽: ASE 滤波器波长的 FWHM。

注 — ASE 滤波器带宽确定了输入信号的最大束宽。

5.2.3.7 maximum input optical power 最大输入光功率: 在 OAR 仍满足其规范的同时可以进入 OAR 输入端口最大光功率。

5.2.3.8 pump leakage to input 输入端口的泵激泄漏: 在正常工作条件下, 由 OAR 输入端口发射的泵激光功率。

注 1 — 按给定的输入信号光功率进行测量。

注 2 — 无输入信号时可发生输入端口的最大泵激泄漏。

5.2.3.9 optical connections 光连接: 用于 OAR 输入端口的连接器类型和/或光纤类型。

注 — 光连接器的和连接光纤的光、机械和环境特性与性能应分别合乎 IEC 60874-1 和 IEC 60793-2 的要求。

5.2.3.10 safety 安全: 安装人员、操作人员和制造人员为安全操作 OA 子系统而应遵守的预防措施或商定的标准。除非另有规定, 应采用 IEC 60825-1 和 IEC 60825-2。在 ITU-T G.664 建议书《光传送系统的光安全程序和要求》和 IEC/TR 61292-4《光放大器 — 第 4 部分: 不受危害地安全使用光放大器, 包括喇曼放大器的最大可允许光功率》中可见到其他指导意见。

6 测试方法

按照与 IEC-SC86C-WG 3 达成的一项协议, 在 IEC 61290 “OFA 测试方法基本规范”(各部分) 中概括性地提出了测量第 5 节中大部分参数应遵循的指导原则。概括性地提出了用于测量一组相关参数的每种测试方法。表 1 给出了相关参数的分组以及相应测试方法规范的出处。表 1 还给出了目前 IEC 61290 系列规范中报告的每组参数的测试方法。

注 1 — 与这些 IEC 文件中包含的测试方法有关的 IEC 参数定义, 采用了与本建议书所含的规定不同的连接器损耗。关于这一课题的进一步讨论见附录三/G.665。

注 2 — 关于“IEC 基本规范”中给出的测试方法的比较性评估正在进行。一旦评估完成, 将会表明为本建议书中规定的每种参数选定的基准测试方法和可能的替代方法。

表 1/G.661—建议用于第5节规定参数的测试方法

测试参数的分组	测试方法规范的编号	测试方法 (TM)
增益参数	IEC 61290-1	IEC 61290-1-1: 光谱分析仪 (OSA) TM IEC 61290-1-2: 电能谱分析仪 TM IEC 61290-1-3: 光功率仪 TM IEC 61290-10-1: 采用光开关和 OSA 的多路脉冲法 TM IEC 61290-10-2: 采用选通 OSA 的多路脉冲法 TM IEC 61290-10-3: 多路探测法 TM
光功率参数	IEC 61290-1	IEC 61290-1-1: 光谱分析仪 TM IEC 61290-1-2: 电能谱分析仪 TM IEC 61290-1-3: 光功率仪 TM IEC 61290-10-1: 采用光开关和 OSA 的多路脉冲法 TM IEC 61290-10-2: 采用选通 OSA 的多路脉冲法 TM IEC 61290-10-3: 多路探测法 TM

表 1/G.661—建议用于第5节规定参数的测试方法

测试参数的分组	测试方法规范的编号	测试方法 (TM)
噪声参数	IEC 61290-3: 噪声系数参数的测试方法	IEC 61290-3-1: 光谱分析仪 TM IEC 61290-3-2: 电能谱分析仪 TM IEC 61290-10-1: 采用光开关和 OSA 的多路脉冲法 TM IEC 61290-10-2: 采用选通 OSA 的多路脉冲法 TM IEC 61290-10-3: 多路探测法 TM
偏振模色散	IEC 61290-11	IEC 61290-11-1: 琼斯矩阵本征分析 TM IEC 61290-11-2: 庞加莱球分析 TM
反射参数	IEC 61290-5	IEC 61290-5-1: 光谱分析仪 TM IEC 61290-5-2: 电能谱分析仪 TM IEC 61290-5-3: 反射容限测试, 电谱分析仪 TM
泵激泄露参数	IEC 61290-6	IEC 61290-6-1: 光分用器 TM
插入损耗参数	IEC 61290-7	IEC 61290-7-1: 滤波功率仪 TM
OA 子系统参数	IEC 61290-9	正在审议

附 录 一

光纤放大器与半导体光放大器的主要差别

本附录探讨光纤放大器与半导体光放大器的关键差别。IEC/TR 61292-3《光放大器—第3部分: 类别、特性和应用》中对光放大器的总类别有更为完整的论述, 包括半导体放大器、采用多种稀土掺杂剂的光纤放大器和其他类型的放大器。关于分布式喇曼光放大器的其他资料见 ITU-T G.665 建议书《喇曼放大器和喇曼放大系统的通用特性》。

I.1 概论

在半导体光放大器 (SOA) 中提供增益的物理机制在各方面都不同于光纤放大器。从根本上讲, SOA 是没有光谐振腔反馈的半导体激光器 (基片刻面有抗反射涂层), 因而电流会使激活范围内产生粒子数反转。光子的受激发射是在信号光子 (在处于半导体材料的放大带内的波长上) 感生的电子空穴重组过程中产生的。每单位长度半导体材料的增益远远大于掺入稀土元素的激活光纤 (REDF); 这种器件因此长度很短: 0.5 mm 就相当于 REDF 的数十米的长度。这一事实以及由偏置电流直接泵激的手段使 SOA 变得很简单, 可与需要长激活光纤、用于光泵激的激光源和各种光纤组件的 OFA 相媲美。

此外，SOA 在工作波长方面是灵活的，可用于第 2 窗口（1310 nm）或第 3 窗口（1550 nm）波长范围，采用哪个窗口取决于半导体材料的成分；然而，目前高等级的 OFA 通常仍工作于 1550 nm 左右。

另一个重要差别是 SOA 的增益动态远比 OFA 迅速。增益完全恢复所需的特征时间不同，SOA 通常为 200 ps，OFA 通常为 0.5-10 ms。因此，SOA 不能像 OFA 那样，避免出现交叉饱和干扰以及由饱和导致的波形畸变。

快速增益动态还意味着 SOA 在工作于饱和状态时是强非线性的；这与 OFA 的情况相反，OFA 在与光通信有关的几乎所有工作条件下都是线性的。这种特点可能不利于把 SOA 用做 WDM 线路放大器，反而可能成为实现许多重要系统功能的优势，如波长转换、光开关和分路。

最后，SOA 有源光波导的几何形状与光纤不匹配，在与线路光纤耦合时造成极大的耦合损耗；而且由于矩形对称性，可能导致相当大的 PDG。

SOA 与 OFA 的这种结构差异也反映在器件的性能上。本附录的应用范围是比较这两种光放大器的特性。I.2 节中列出拟用以表征和比较 SOA 和 EDFA 光性能的主要光参数。下面对可能关系到所述 SOA 参数的数值和与 OFA 的相应值的对比给出说明。OFA 的报告值是用于 EDFA 的典型值。

事实上，EDFA 代表最成熟的 OFA 工艺；EDFA 工艺已得到充分的强化，EDFA 已在几年内遍布市场，并由全世界各个厂家生产。另一方面，SOA 则仍处于研发阶段。目前，只有很少厂家生产 SOA，而且产量很低。尽管 SOA 工艺是以颇受好评的半导体激光器工艺为基础，但有关封装、尾纤、抗反射涂层和偏振敏感性等若干重要的问题，尚未找到令人满意的批量生产解决方案。

再者，SOA 现场试验才刚刚启步，时至今日在现场使用 SOA 中还只取得了有限的经验 [B.1]。

在本附录中，只考虑 SOA 的放大特性，因为将其用于实现其他功能的情况已超出了本附录的范围。

I.2 SOA与OFA的光性能特性比较

下面比较中报告的 SOA 参数值仅是提示性的，反映 SOA 工艺的最新情况；这些参数值可能会随着 SOA 工艺的演变而改变。

一 小信号增益

SOA 的小信号增益受光纤放大耦合损耗（在 EDFA 的情况下可忽略）的影响。实验室样件的典型值为 30 dB 左右，不包括耦合损耗和商用带尾纤单元的 10-15 dB 纤—纤损耗。对于 EDFA 单元，小信号增益通常大于 30 dB。

— 波长带宽

SOA 的波长带宽通常为 40 nm 或更大,与 EDFA 的 35 nm 可以类比。SOA 可用于第 2 窗口(1310 nm)或第 3 窗口(1550 nm) 波长范围,采用哪个窗口取决于半导体材料的成分。最近的多量子阱 SOA 试验已表明了实现宽达 120 nm 的波长带宽的可能性。

— 小信号随波长的变化

在基片刻面上使用很好的抗反射涂层已使商用的 SOA 波长带宽上的峰—峰小信号增益随波长的变化得以减小至 1 dB 以下。

— 饱和输出功率

SOA 实验室样件(纤—纤)饱和输出功率可能高达+15 dB。对于该参数,所获得的值已能与商用 EDFA 单元的值(+17/20 dBm 或更大)类比。

— 噪声系数(NF)

SOA 的噪声系数因光纤耦合的损耗很大而受影响。在 SOA 实验室模块中,已获得了 5-6 dB 左右的噪声系数值;而在商用带尾纤单元中,噪声系数值从 7 至 9 dB 是典型情况。商用 EDFA 典型值对 980 nm 泵式 EDFA 为 5-6 dB,对 1480 nm 泵式 EDFA 为 6-7 dB。

— 偏振相关增益(PDG)

在 SOA 实验室样件中,PDG 已降至可忽略值(0.2 dB)。在商用 SOA 中,典型值为 2-5 dB。PDG 在 EDFA 中是可忽略的(0.2 dB)。

— 增益动态串话

正在研究中。

I.3 应用

在 SOA 工艺的目前阶段,最适合的 SOA 应用,如点对点光系统中的增益块,看来是用做与发送激光器集成为一体的提升放大器的,尽管在输出功率方面受到限制。

关于线路放大器和前置放大器问题(例如偏振敏感性和相当高的噪声系数)也即将解决(例如采用增益钳位 SOA [B.2])。最近,已成功地在 10 Gbit/s 现场试验中将 SOA 作为线路放大器使用 [B.3]。在该传输实验中,光系统工作于 1310 nm 波长;到目前为止一个连高等级 OFA 也未曾开发的光谱窗口。

此外,SOA 由于处于饱和状态时的强非线性响应,具有相当大的潜力,作为功能器件用于光开关,以同时提供增益和快速选通功能,以及用于其他信号处理器件(波长变换器、光复用器和分用器)。它们也可集成在光开关矩阵块中,以补偿矩阵本身的内部损耗。

附录二

光放大器器件和子系统的环境、机械、物理和可靠性参数

给出了光放大器器件和子系统的环境、机械、物理和可靠性参数的附加术语，供参考。这些术语在 2.0 版的 IEC 61291-1 中是规范性术语。

II.1 OA 器件的参数

II.1.1 外形尺寸和重量

OA 的最大高度、长度、宽度和重量。

II.1.2 环境条件

在 OA 仍保持满足其所有规定参数值的情况下可以存储、操作或运输 OA 的温度、湿度和振动水平的范围。

II.1.3 最大工作相对湿度

在 OA 仍保持满足其所有规定参数值的情况下可以操作 OA 的最大相对湿度。

II.1.4 最大工作振动水平

在 OA 仍保持满足其所有规定参数值的情况下可以操作 OA 的最大振动水平。

II.1.5 存储温度

在 OA 仍保持满足其所有规定参数值的情况下可以存储 OA 的温度范围。

II.1.6 最大存储相对湿度

在 OA 仍保持满足其所有规定参数值的情况下可以存储 OA 的最大相对湿度。

II.1.7 最大运输振动/冲击水平

在 OA 仍保持满足其所有规定参数值的情况下 OA 装运时可以承受的最大振动和冲击水平。

II.1.8 可靠性

预期工作寿命。OA 的可靠性用下列两种参数之一来表示：平均失效间隔时间（MTBF）或失效次数（FIT）。MTBF 是在指定的工作和环境条件下 OA 无失效连续工作的平均周期。FIT 是在指定的工作和环境条件下在 10^9 个小时内的失效次数。

注一 IEC 61291-5-2 对可靠性评判做了探讨。

II.1.9 远端和本地告警控制

该功能可考察 OA 的操作，用于检测和通知可能的故障。

II.2 OA子系统的参数

本节所含的规定涉及通用 OA 子系统，即光放大发送器（OAT）和光放大接收器（OAR）的环境、机械、物理和可靠性方面的相关参数。

II.2.1 电源和控制要求

OA 子系统在指定的最大额定值内工作所必需的那些电流和/或电压以及电信号。供电电源的必要容差和电源开关程序也包括在内。

II.2.2 最大功率消耗

OA 子系统维持工作在指定的最大额定值所必需的电功率。

II.2.3 工作温度

在 OA 子系统仍保持满足其所有规定参数值的情况下可以操作 OA 子系统的温度范围。

II.2.4 最大工作相对湿度

在 OA 子系统仍保持满足其所有规定参数值的情况下可以操作 OA 子系统的最大相对湿度。

II.2.5 最大工作振动水平

在 OA 子系统仍保持满足其所有规定参数值的情况下可以操作 OA 子系统的最大振动水平。

II.2.6 存储温度

在 OA 子系统仍保持满足其所有规定参数值的情况下可以存储 OA 子系统的温度范围。

II.2.7 最大存储相对湿度

在 OA 子系统仍保持满足其所有规定参数值的情况下可以存储 OA 子系统的最大相对湿度。

II.2.8 最大运输振动/冲击水平

在 OA 子系统仍保持满足其所有规定参数值的情况下 OA 子系统装运时可以承受的最大振动和冲击水平。

II.2.9 可靠性

预期工作寿命。OA 子系统的可靠性用下列两种参数之一来表示：平均失效间隔时间（MTBF）或失效次数（FIT）。MTBF 是在指定的工作和环境条件下 OA 子系统无失效连续工作的平均周期。FIT 是在指定的工作和环境条件下在 10^9 个小时内的失效次数。

注 — IEC 61291-5-2 对可靠性评判做了探讨。

II.2.10 远端和本地告警控制

该功能可考察 OA 子系统的操作，用于检测和通知可能的故障。

II.3 环境和可靠性测试方法

表 II.1 给出了目前 IEC 61290 系列规范中报告的本附录规定参数的测试方法。

表 II.1/G.661—建议用于附录二规定参数的测试方法

测试参数的分组	测试方法规范的编号	测试方法 (TM)
环境和可靠性参数	IEC 61291-5-2: 可靠性评判	正在审议

参考资料

- [B.1] REID (J.J.) *et al.*: Proceedings of the 11th International Conference on Integrated Optics and Optical Fibre Communications (IOOC) and of the 23rd European Conference on Optical Communications (ECOC), Vol. 1, page 83, Edinburgh, (UK), 22-25 September 1997.
- [B.2] VAN DEN HOVEN (G.N.), TIEMEIJER, (L.F.): Technical Digest of Optical Amplifiers and their Applications (OAA), Invited Paper TuC1, Victoria (BC, Canada), 21-23 July 1997.
- [B.3] KUINDERSMA (P.I.) *et al.*: Proceedings of the 11th International Conference on Integrated Optics and Optical Fibre Communications (IOOC) and of the 23rd European Conference on Optical Communications (ECOC), Vol. 1, page 79, Edinburgh (UK), 22-25 September 1997.

ITU-T 系列建议书

A系列	ITU-T工作的组织
D系列	一般资费原则
E系列	综合网络运行、电话业务、业务运行和人为因素
F系列	非话电信业务
G系列	传输系统和媒质、数字系统和网络
H系列	视听及多媒体系统
I系列	综合业务数字网
J系列	有线网络和电视、声音节目及其他多媒体信号的传输
K系列	干扰的防护
L系列	电缆和外部设备其他组件的结构、安装和保护
M系列	电信管理，包括TMN和网络维护
N系列	维护：国际声音节目和电视传输电路
O系列	测量设备的技术规范
P系列	电话传输质量、电话设施及本地线路网络
Q系列	交换和信令
R系列	电报传输
S系列	电报业务终端设备
T系列	远程信息处理业务的终端设备
U系列	电报交换
V系列	电话网上的数据通信
X系列	数据网、开放系统通信和安全性
Y系列	全球信息基础设施、互联网协议问题和下一代网络
Z系列	用于电信系统的语言和一般软件问题