

光通信产品测试 解决方案



ROHDE & SCHWARZ



目 录

1	背景介绍	4
2	光通信产品及器件介绍	5
2.1	光有源器件	6
2.1.1	电光调制器	6
2.1.2	光放大器	7
2.1.3	光电探测器	8
2.2	光无源器件	10
2.2.1	光纤	10
2.2.2	光连接器	11
2.2.3	光耦合器	12
2.2.4	光衰减器	13
2.2.5	光隔离器/光环形器	14
2.2.6	光开关	14
3	模块光器件测试	15
3.1	电光 (E/O) 器件测试	16
3.2	光电 (O/E) 器件测试	17
3.3	纯光 (O/O) 器件测试	18
3.4	光纤通信系统整机测试	19
4.	晶元光器件测试	20
4.1	探针的触点类型	20
4.2	探针的校准	20
4.2.1	嵌入/去嵌入校准	21
4.2.2	在片校准	21
4.2.3	其他校准文件格式	23

5	R&S测试方案	24
5.1	R&S测试方案.....	24
5.2	光矢网扩展发射机.....	24
5.3	R&S矢量网络分析仪	25
6	总结	27
7	参考文档	27

1 背景介绍

在现代通信系统中，光通信由于其高带宽成为覆盖最佳选择，也带来了光器件和光模块的大量应用，随着市场的持续升温，光器件产业投资不断扩大，国内涌现出一大批光器件企业。国家对光通信产业加大扶持，企业投入研发比重上升，这无疑是有利于产业长期发展的。在三网融合的大前提下，光器件投资成本占比不断上升，预计未来随着光电子器件集成化和智能化的进一步提高，光电子器件占光传输设备成本的比例将达到30%以上。

光通信器件是构建光通信系统与网络的基础，高速光传输设备、长距离光传输设备和智能光网络的发展、升级以及推广应用，都取决于光通信器件技术进步和产品更新换代的支持。因此，通信技术的更新与升级将促使光通信器件不断发展进步。对于这些器件的测试需求也越来越旺盛，测试频率和测试要求不断提高。

最基本的光纤通信系统由数据源、光发送端、光学信道和光接收机组成。其中数据源包括所有的信号源，它们是话音、图像、数据等业务经过信源编码所得到的信号；光发送机和调制器则负责将信号转变成适合于在光纤上传输的光信号，先后用过的光波窗口有0.85 μm 、1.31 μm 和1.55 μm 。光学信道包括最基本的光纤，还有中继放大器EDFA和光无源器件；而光接收机则接收光信号，并从中提取信息，然后转变成电信号，最后得到对应的语音、图像、数据等信息。光纤具有传输损耗低、速率高、带宽大的、重量轻、体积小和抗电磁干扰等优点，在许多通信系统中，使用光纤来替代射频电缆进行传输具有明显的优越性：频响特性好、衰减小、系统复杂程度低。

R&S公司虽没有专用光波分析仪，但可通过矢量网络分析仪加第三方模块的方式实现对光器件S参数的测量，如电光器件 (E/O)，光电器件 (O/E)，光器件 (O/O) 等，实现专门的光波分析仪的常用测试功能，是一种高性价比的解决方案。同时该方案兼容电口射频电路的设计和研发。

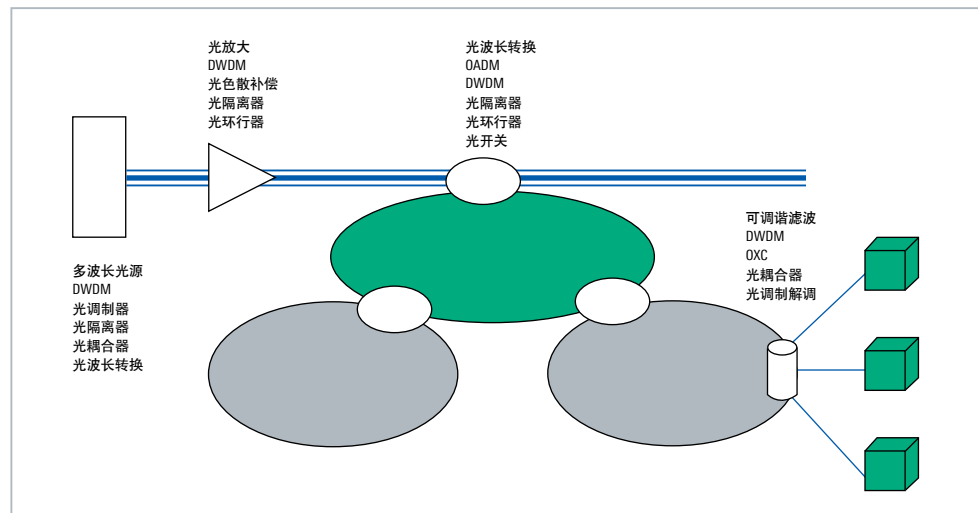


图1 典型的光纤通信系统及器件

2 光通信产品及器件介绍

光通信器件简称光器件，分为光有源器件和光无源器件。光有源器件是光通信系统中将电信号转换成光信号或将光信号转换成电信号的关键器件，是光传输系统的核心。光无源器件是光通信系统中需要消耗一定的能量、具有一定功能而没有光-电或电-光转换功能的器件，是光传输系统的关节。常见的光器件分类如下图一所示：

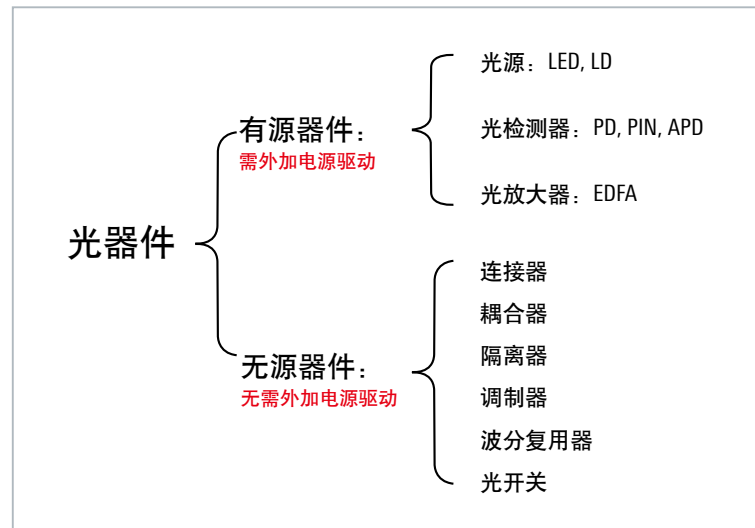


图2 光器件分类图表

光通信系统中的器件与射频收发信机中的器件功能和指标十分相近，下图二列出了常见射频器件与光器件的类比图表。

射频器件	光器件
同轴电缆	光纤
射频衰减器	光衰减器
射频隔离器	光隔离器
放大器	光放大器
滤波器	光滤波器
射频连接器	光连接器
射频开关	光开关
I/Q调制器	光调制器
耦合器	光耦合器
混频器	光波分复用器
混频器	光波长转换器
射频源	光源
射频探头	光探测器

图3 射频器件与光器件对应图表

2.1 光有源器件

2.1.1 电光调制器

光发射机的功能是把输入电信号转换为光信号，并用耦合技术把光信号最大限度的注入光纤线路。其中把电信号转换为光信号的过程就是电光调制。电光调制器是利用某些电光晶体，如铌酸锂晶体 (LiNbO₃)、砷化镓晶体 (GaAs) 和钽酸锂晶体 (LiTaO₃) 的电光效应制成的调制器。电光效应即当把电压加到电光晶体上时，电光晶体的折射率将发生变化，引起通过该晶体的光波特性的变化，和射频系统中的调制电路应用类似，可实现对光信号的相位、幅度、强度以及偏振状态的调制，也可直接对输入 I/Q 信号进行调制。具体实现方式可分为直接调制和间接调制，直接调制用电信号直接调制半导体激光器或发光二极管的驱动电流，使输出光信号发生变化。

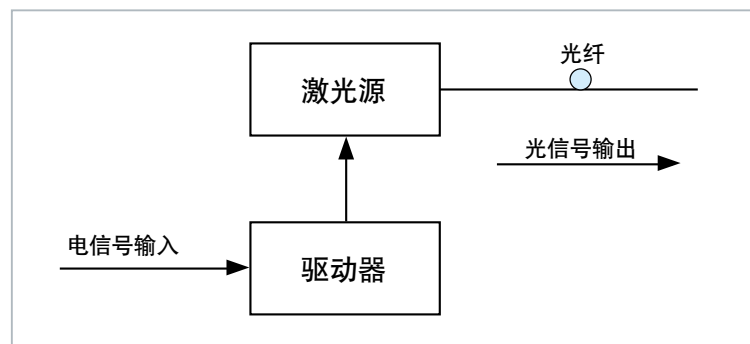


图4 直接光调制原理示意

间接调制时，调制信号不是直接施加在激光二极管上，而是施加在光调制器上，虽然这种方式增加了插入损耗，但极好的解决了直接调制存在的啁啾现象，故使用此种方式的调制器占据主导地位。

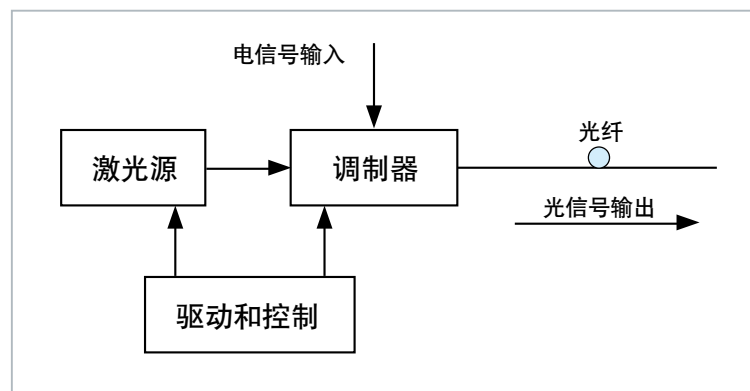


图5 间接光调制原理示意

当前市场上占有率较高，性能较好的电光调制器品牌有EOSPACE/THORLABS等，采用间接光调制技术，产品工艺均采用铌酸锂晶体 (LiNbO₃)。



图6 EOSPACE的电光/I/Q调制器

电光调制器的技术指标和射频微波调制器的技术指标基本相同，如插入损耗，回波损耗，3dB带宽等。

	Ultra-Low Vpi	Extra BW	Ultra-Low Loss
Insertion Loss	< 4 dB (<3 opt)	< 4 dB (<3 opt)	< 3 dB (<2 opt)
3 dB Bandwidth	>10, >20 GHz	>30 GHz	>10, >20 GHz
Modulation Port Vpi (@ 1 GHz)	< 3 volts	< 4 volts	< 5 volts
S11		< -10 dB	
Optical Return Loss		> 50 dB	

图7 EOSPACE电光调制器射频指标

2.1.2 光放大器

在传统无线通信一样，为了使无线信号的覆盖距离增强，需要通过增加中继或提高发射功率，在长距离光纤通信系统中，随着传输速率的增加，也必须进行信号的放大和再生，才能保证接受端的误码率的要求。放大的具体方式分为中继和直接放大两种。

- 中继方式:和无线通信数字直放站相似，对信号解调纠正后再重新放大输出，光中继执行光-电-光的转换，将调制光信号解调为电信号后重新生成光信号，这种方式生成的信号质量较高，但结构复杂，成本较高。
- 直接放大：和无线通信模拟直放站类似，放大直接在光域完成，不进行光电电光转换，该种方式结构简单，对不同的码率和格式透明，成本也更低，但由于器件会引入非线性，不适合长距离传输。

光放大器商用较广泛的形式为掺铒光纤放大器 (EDFA)，是通过掺铒光纤和泵浦激光源，将激光源输出转换成和输入信号波长、振幅都相同的信号光。

在实际应用中，放大器被应用在发射和接收链路的不同位置，如下图六所示，发射端信号通过光功放提高了光功率，但引入了非线性分量，在较长的传输距离后，通过中继放大恢复信号的信噪比，在接收端前增加预放提高接收机灵敏度：

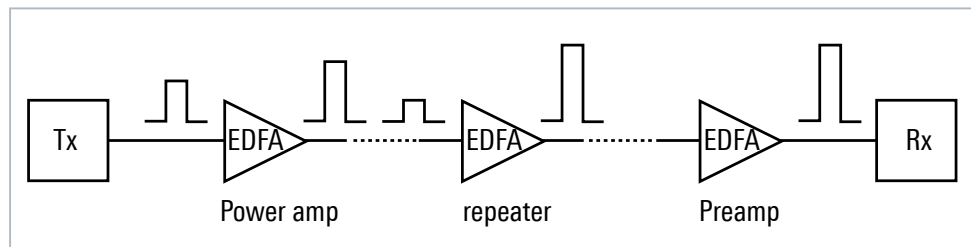


图8 光链路中的放大器

光放大器的测试参数和射频微波放大器完全相同，典型测试参数有增益、3 dB带宽、带内平坦度、噪声系数等。和射频电路补偿相同，光通路中也有相应的光均衡器用以抵消放大器产生的带内增益不平坦现象。也可通过自动电平控制电路 (ALC) 稳定控制光放大器的输出功率。

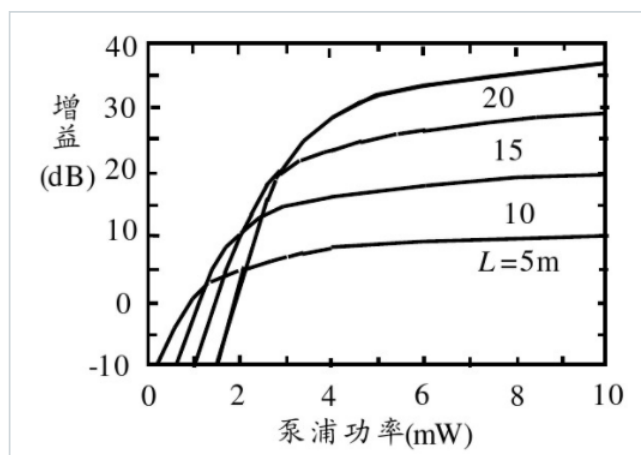


图9 激光器不同功率下EDFA典型增益曲线

2.1.3 光电探测器

光电探测器是一种能把光辐射能量转换为便于测量电能的器件，它是接受端 (光电端) 的核心组成部分，在光电系统中的作用是发现信号，测量信号，并为随后的应用提取某些必要的信息 (幅度、相位、频率、I/Q数据)，在射频微波领域功率测量使用的热敏二极管广义上来说也是一种光电探测器，它的响应波长包含了从可见光到远红外的各种波长光辐射。除此外，市面主流产品基于PIN二极管，其具有带宽宽，响应速度快的特点。主要厂家有FINISAR、Thorlabs、U2T等，射频输出带宽可达110 GHz以上。



图10 FINISAR光电探测器 (PIN管)

选择光电探测器对接收机指标至关重要，重要指标如下：

- 响应度或灵敏度:是光电探测器输出信号与输入光功率之间关系的度量，反映了光电转换器件的转换效率。分为电压响应度和电流响应度。

电压响应度为光电探测器输出电压与入射光功率之比：

$$S_V = \frac{V_o}{P_i} \quad \text{式一}$$

电流响应度为光电探测器输出电流与入射光功率之比：

$$S_I = \frac{I_o}{P_i} \quad \text{式二}$$

- 光谱响应度:由于光电探测器对于不同波长光信号响应度差异，使用光谱响应度来描述光电探测器在波长为 λ 下的响应度。

$$S_V(\lambda) = \frac{V_o(\lambda)}{P_i(\lambda)} \quad \text{式三}$$

$$S(f) = \frac{S_0}{\sqrt{1+(2\pi f\tau)^2}} \quad \text{式四}$$

- 响应时间:是描述光电探测器对入射光响应快慢的参数，分为上升时间和下降时间，分别描述了入射光照射光探测器后到稳定输出的时间和入射光遮断后的稳定时间。
- 频率响应:描述光电探测器的幅频特性，取决于二极管的等效电阻和电容，频响特性如下， S_0 为调制频率为0时的响应率， S_f 为频率为 f 时的响应率， τ 为时间常数，由此可见，二极管的时间常数决定了最高响应频率，PIN管的特性最适合作为此种检测应用：

$$S(f) = \frac{S_0}{\sqrt{1+(2\pi f\tau)^2}} \quad \text{式五}$$

2.2 光无源器件

2.2.1 光纤

光纤的完整名称是光导玻璃纤维，是用纯石英采用特别工艺拉成比头发还细的中空结构，成品光纤由三个基本部分构成。纤芯外面包围着一层折射率比芯低的玻璃封套，俗称包胶层，包胶层使得光线保持在芯内。再外面的是一层薄的塑料外套，即涂覆层，用来保护包层。光纤通常被扎成束，外面有外壳保护。

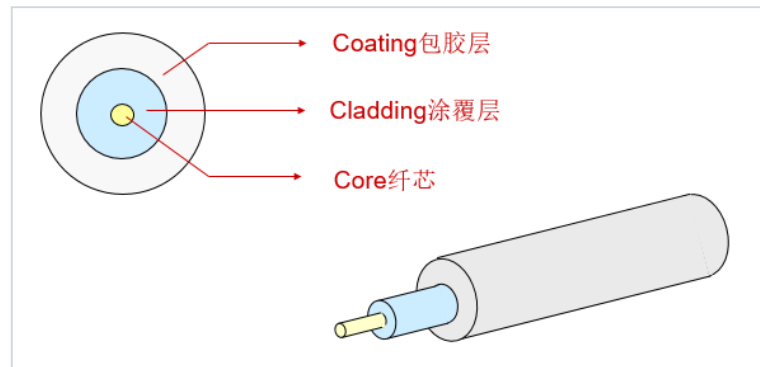


图11 光纤结构示意图

和微波波导一样，光信号在纤芯中多次反射传播，也存在最佳传输窗口，损耗特性与光的工作波长有关，在三个工作窗口有相对小的损耗：第一窗口光工作波长 $0.85\ \mu\text{m}$ ，损耗稍大，第二窗口光工作波长 $1.31\ \mu\text{m}$ ，损耗中等，第三窗口光工作波长 $1.55\ \mu\text{m}$ ，损耗最小

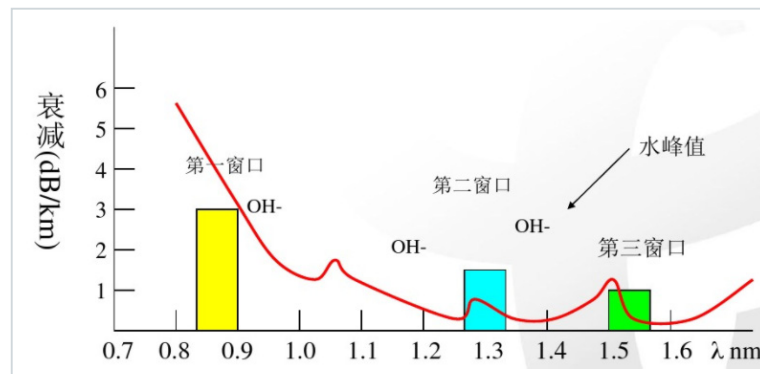


图12 光纤传输窗口

光纤按照支持的传输模式也可分为单模光纤和多模光纤，取决于可以传输的光纤波长种类，在使用前需要考虑到波长匹配情况。长距离传输时需考虑选用光纤的衰减特性。

2.2.2 光连接器

光连接器用于光纤线路与光端机(光发射机, 光接收)或其他光无源器件之间的连接的器件,是可以插拔的器件,有时也叫光纤活动连接器。采用某种机械和光学结构,使两根光纤的纤心对接,保证95%以上的光能通过连接器。



图13 光连接器

根据连接器的连接形式和外形,主要分为三大类,以螺纹形式连接的为FC (Ferrule Connector) 型,采用轴向插拔矩形外壳结构的为SC (Square/Subscriber Connector) 型,还有弹簧带键卡口形式的ST (Spring Tension) 型,同时物理接触也可分为如下三种:

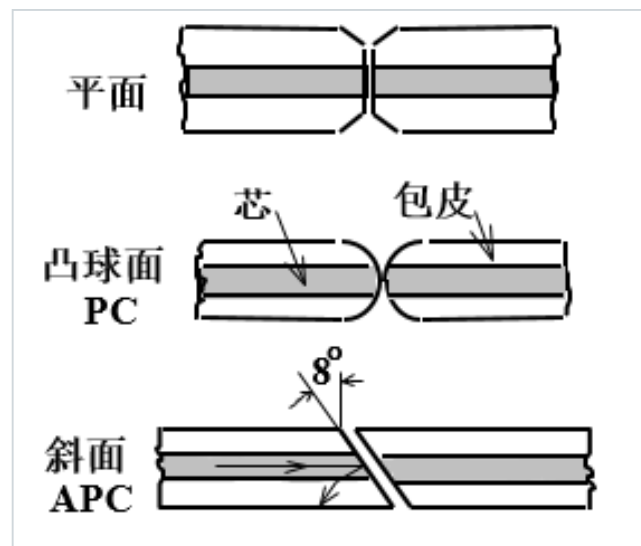


图14 光连接器物理接触

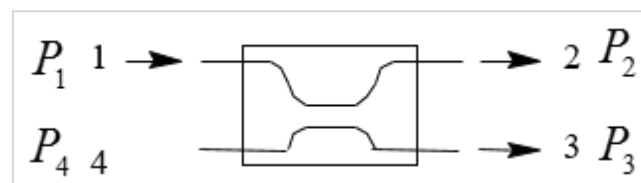
举例:FC/PC型光纤连接器即为螺纹凸球面连接形式。常见的连接器形式和其性能同射频连接器基本相同,插损和回波也是其关键指标,同时好的连接器应当在多次插拔情况下重复性好,环境温度变化时,性能保持稳定:

类型		类型				
		FC/PC	FC/APC	SC/PC	SC/APC	ST/PC
结构和特性	插针套管(包括光纤)端面形状	凸球面	8°斜面	凸球面	8°斜面	凸球面
	连接方式	螺纹	螺纹	轴向插拔	轴向插拔	卡口
结构特点	连接器形状	圆形	圆形	矩形	矩形	圆形
	平均插入损耗 (dB)	≤ 0.2	≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.2
性能指标	最大插入损耗 (dB)	0.3	0.5	0.5	0.5	0.3
	重复性 (dB)	≤ ±0.1	≤ ±0.1	≤ ±0.1	≤ ±0.1	≤ ±0.1
性能指标	互换性 (dB)	≤ ±0.1	≤ ±0.1	≤ ±0.1	≤ ±0.1	≤ ±0.1
	回波损耗 (dB)	≥ 40	≥ 60	≥ 40	≥ 60	≥ 40
性能指标	插拔次数	≥ 1000	≥ 1000	≥ 1000	≥ 1000	≥ 1000
	使用温度范围	-40~+80°C	-40~+80°C	-40~+80°C	-40~+80°C	-40~+80°C
用途		长距离干线网, 用户网或局域网	长距离干线网, 高速率数字系统或模拟视频系统	用户网或局域网	用户网或局域网	用户网或局域网

图15 光连接器物理接触

2.2.3 光耦合器

光耦合器是重要的光无源器件,从功能上将光功分器和光波长分配耦合器,此概念类比射频微波器件的功分器和定向耦合器,也对应多工器等射频路径分配器件。JDSU是此类设备的主要制造商。下图为一个2*2定向耦合器模型,引入射频耦合器的概念P1为输入口,P2为直通口,P3为耦合口,P4为隔离口:



$$\text{插入损耗 (Return Loss) } L = \frac{P_2}{P_1} \quad \text{式六}$$

$$\text{隔离度 (Isolation) 或串扰 (Crosstalk) } I = \frac{P_4}{P_1} \quad \text{式七}$$

$$\text{耦合度 (Coupling Ratio) 或分光比 (Splitter Ratio) } C = \frac{P_3}{P_1} \quad \text{式八}$$

$$\text{隔离度 (directivity) } D = \frac{P_3}{P_4} \quad \text{式九}$$

$$\text{附加插入损耗 (Return Loss) } L = \frac{P_2 + P_3}{P_1} \quad \text{式十}$$

2.2.4 光衰减器

光衰减器是重要的光学无源器件，常用于在系统中吸收或反射掉光功率余量、评估系统的损耗以及各类测试中。光衰减器可以按照用户的要求将光信号进行预期的衰减，不同类型衰减器分别采用不同的工作原理。

在短距离小系统光纤通信中，光衰减器用来防止到光端机的功率过大而溢出动态接收范围；在光纤测试系统中，则可用光纤衰减器来取代一段光纤以模拟长距离传输情况。光衰减器的分类如下图十四：

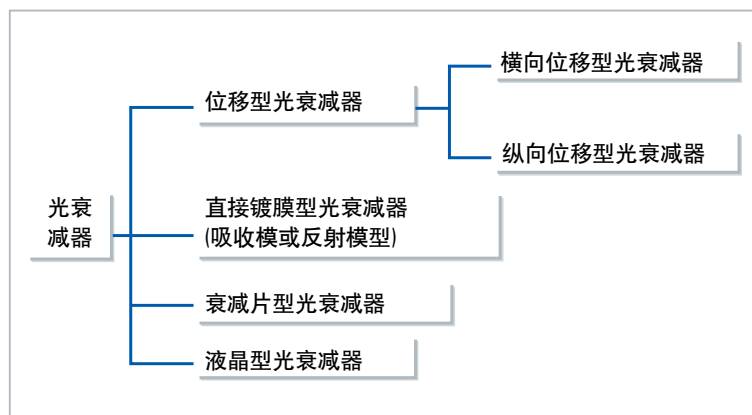


图16 光衰减器类型

■ 位移型光衰减器

当两段光纤进行连接时，必须达到相当高的对中精度，才能使光信号以较小的损耗传输过去。反过来，如果将光纤的对中精度做适当地调整，就可以控制其衰减量。位移型光衰减器就是根据这个原理，有意让光纤在对接时，发生一定错位，这种错位分为横向错位和纵向错位，使光能量损失一些，从而达到控制衰减量的目的。

■ 直接镀膜型光衰减器

直接在光纤端面或玻璃基片上镀制金属吸收膜或反射膜来衰减光能量的衰减器。常用的蒸镀金属膜包括：Al膜、Ti膜、Cr膜、W膜等。

■ 衰减片型光衰减器

衰减片型光衰减器直接将具有吸收特性的衰减片，固定在光纤的端面上或光路中，达到衰减光信号的目的。此种方法不仅可以用来制作固定光衰减器，也可用来制作可变光衰减器。

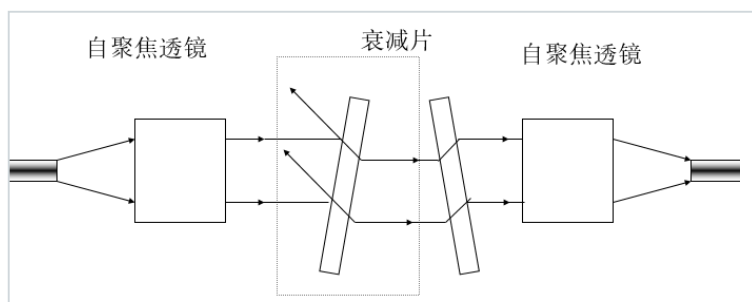


图17 衰减片型光衰减器示意

2.2.5 光隔离器/光环形器

光隔离器主要是解决光路中光的反射问题，它是只允许光线沿光路正向传输的非互易性无源器件。主要用在激光器或光放大器的后面，以避免反射光返回到该器件致使器件性能变坏。

光环形器除了有多个端口外，其工作原理与光隔离器类似，是一种单向传输器件，主要用于单纤双向传输系统和光分插复用器中。类比射频环形器，一束光入射到端口1，然后从端口2射出，但从端口2反射或传输进入的光线，从端口3射出，而不是返回端口1。很多系统中，采用环形器防止反射光回到输入端，如图十六

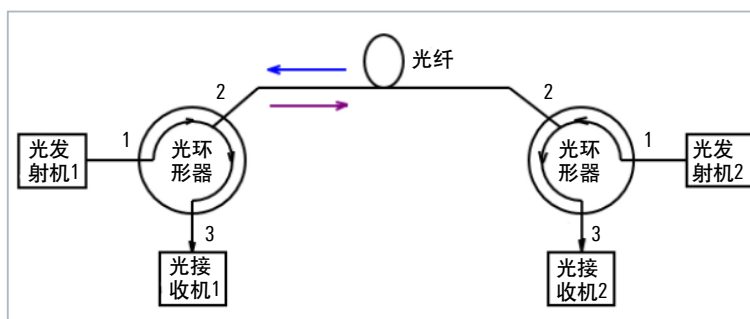


图18 单光纤双向通信中的光环形器

2.2.6 光开关

光开关是一种具有一个或多个可选择的传输端口，可对光传输线路或集成光路中的光信号进行相互转换成逻辑操作的器件。端口连接光器件中允许输入或输出的光纤或光纤连接器。在各种应用系统中起开关切换作用。从工作原理可分为机械式和非机械式两类。从端口数量可分为1x1，1x2，1xN，2x2，4x4，NxM等。

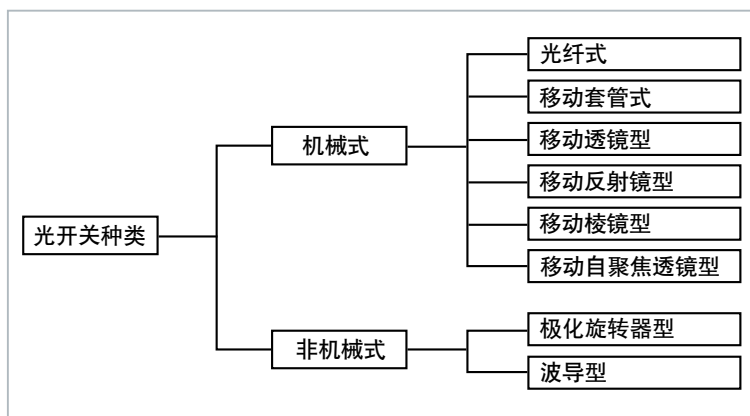


图19 光开关分类

3 模块光器件测试

传统的光器件测试一般基于KEYSIGHT的光波元器件分析仪 (LCA)，适用于测试相关的光电S参数，比如10Gb/s和40Gb/s电光元器件、光纤通道、CATV传输系统及光线无线与A&D应用的S21、S11和S22。其测试装置是由标准的网络分析仪加上光电底座集成，通过光波器件分析仪软件将光电底座的S参数去嵌入后处理得到测试结果。

基于LCA的基本原理，也可通过R&S公司的矢量网络分析仪结合光电/电光器件构成光器件解决方案。

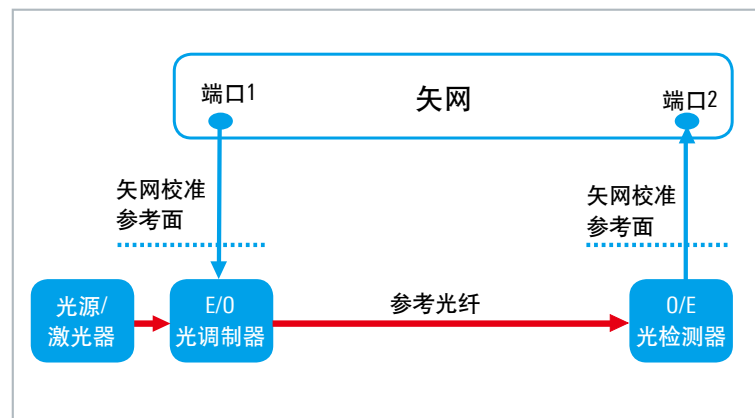


图20 矢网光器件测试基本连接图

所有的测试场景均可根据光器件的类型分为四大类：

	器件名称	测试项目
电光器件 (E/O)	各类光调制器，发射机光组件 (TOSA)	光电传输特性(S21，带宽，带内平坦度，相位线性度，群时延) 光口传输特性 (S21，带宽，带内平坦度，相位线性度，群时延) 电口回波损耗 (S11或S22)
光电器件 (O/E)	PIN光电二极管，接收机光组件 (ROSA)，光电检测器	
光元器件 (O/O)	无源光元器件,光衰减器，光耦合器，光滤波器，光延时线	
通信系统 (E/E)	光通信系统	

针对不同器件，为了得到其参数描述，下面我们根据不同器件类型进行参数分析。

3.1 电光（E/O）器件测试

电光器件将射频功率调制成光信号输出，以光调制器和这些器件的测试激光器为例，测试指标为电口的S11参数，以及电转光的插损性能S21，单位通常为W/A或者dB。

$$\text{E/O 测量结果} = \frac{P_{out}}{P_{In}} \text{ 或 } \frac{P_{out}}{I_{In}} \quad \text{式十一}$$

针对E/O器件测试，需要准备O/E光探测器作为参考测量组件，光探测器建议选用参数齐全的产品，首先进行矢网电口校准后，可以将测试结果进行去嵌入，消除参考O/E带来的影响，连接光纤的传输参数也可以确切获得，去嵌入后得到的就是被测E/O器件的具体参数，该参数包括电口的S11参数，通过S21参数测量器件带宽/频响/平坦度以及相位和时延参数。

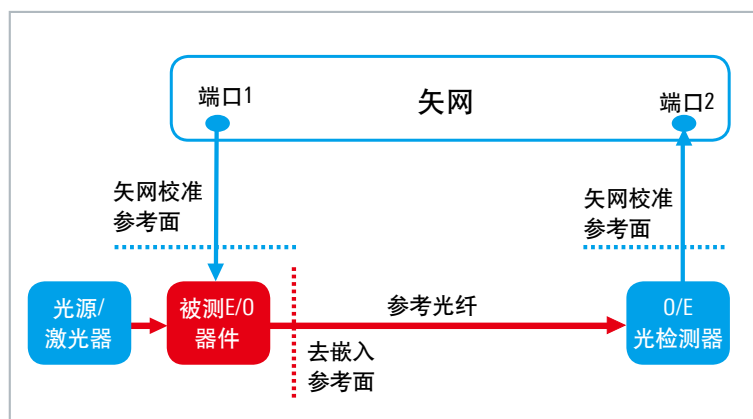


图21 光调制器测试框图

电光器件的典型测试参数如下图所示，电光器件的3 dB带宽,增益/插损平坦度，电口的回波损耗都是器件开发和使用者较为关心的。

电光器件的另一个典型测试是激光器测试，与光调制器测试不同，激光器作为被测器件，需要关注在不同射频端口激励功率下的频率响应和电口的回波参数。

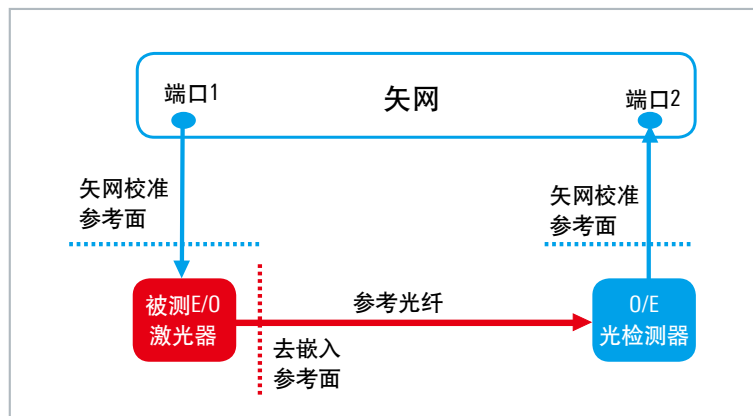


图22 激光器测试框图

在测试时O/E光电检测器可选择成熟的商用光电二极管如U2T/FINISAR，尽量采用设计好的模块，如厂家给出的S参数只含有S21和电口S11参数，因光口的回波损耗极低，可默认光口无反射，此时光口S22为0，反向传输S12为0，构造完整的2端口S2P参数后导入去嵌入。也可使用外部仿真软件实现去嵌入功能。

3.2 光电（O/E）器件测试

O/E器件测试，和E/O器件测试相反，需要准备E/O光调制器作为参考测量组件，同样首先进行矢量网电口校准，之后将测试结果进行去嵌入，消除掉光调制器带来的影响，得到被测O/E器件的具体参数，该参数包括电口的S22参数，通过S21参数测量器件光电转带宽/频响/平坦度以及相位参数。单位通常为A/W或者dB。

$$\text{O/E 测量结果} = \frac{P_{out}}{P_{In}} \text{ 或 } \frac{I_{out}}{P_{In}} \quad \text{式十二}$$

此时矢网的校准端面连接见下图，对矢量网而言，测试结果和操作没有任何差异，只是校准端面延伸至O/E器件输入光口和射频输出端口。

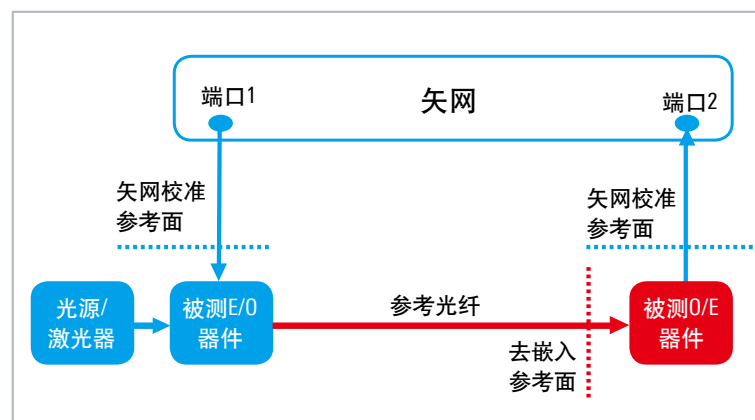


图23 O/E器件测试框图

典型的O/E器件是光电二极管或光电探测器等，例如在进行光电探测器测试时，还需要对探测器的带宽以及平坦度和电口回波参数进行评估，还需要考虑在不同光功率输入情况下的性能，以达到整个通信系统的最佳工作状态。

3.3 纯光（O/O）器件测试

纯光器件的测试在光器件测试中最为常见，在此种测量模式下，如光衰，光放大器，光滤波器等器件，由于光路无需进行反射系数测量，故只会对其增益/衰减/频响等参数进行测试，可选择使用归一化的校准方式直接校准到被测件端面，在加入光器件后测量其S21参数。由于只需要进行归一化校准进行传输测量，校准方式较为简洁：

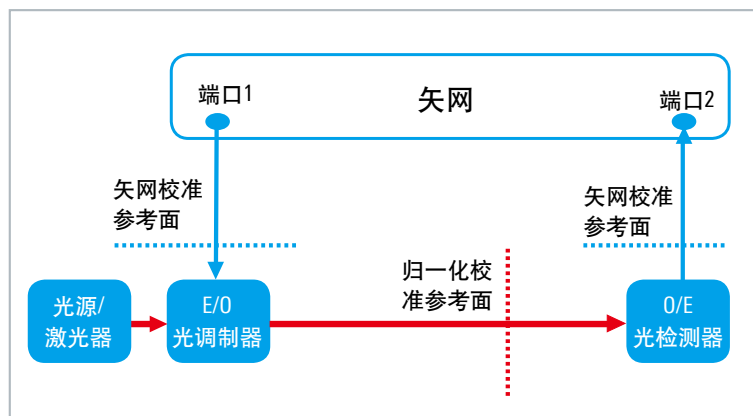


图24 O/O器件测试校准设置

归一化校准参考面上，光纤采用直通连接器（法兰盘）连接，尽量采用插损较小，机械结构稳定的法兰盘是好的校准结果的保证。



图25 O/O器件校准时采用的直通法兰盘

校准结束后，将法兰盘移除，加入被测光器件，即可完成O/O器件的测试流程。需要注意的是在某些测试场景下，如需要测量一些较小的光时延时，由于网分计算群时延的限制，步进可能需要设置的较大，测试结果不太稳定，此时可以加入一段较大时延的延时线，首先测得延时线的时延 T_1 ，再将时延线加上被测件测得 T_2 ，最终被测件的实际时延为差值 T_2-T_1 。

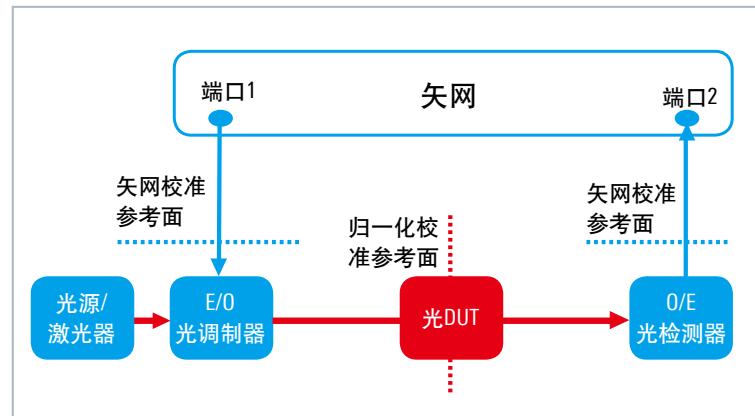


图26 O/O器件测试装置

3.4 光纤通信系统整机测试

对于光纤通信系统整机测试，由于光发射机/光接收机系统输入输出接口均为射频接口，所以在测试时，可类比无线通信收发信机测试，将光发射机和光接收机看作射频收发信机闭环测试，可根据实际测试需求对通信系统的频率响应，电口回波，系统的线性度，整机群时延，噪声系数等指标进行评估。

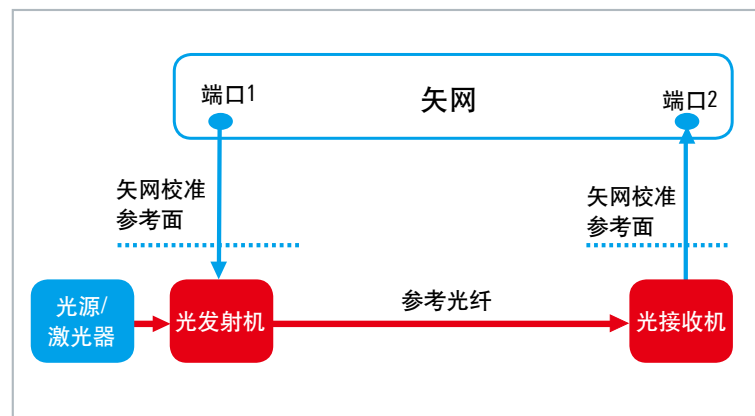


图27 光纤通信系统整机测试装置

4 晶元光器件测试

上文介绍了R&S针对光器件测试的测试方法和解决方案，但对于许多光器件研究和生产企业和实验室，测试人员需要在晶圆上执行光电元器件的测量。这时就需要使用探针完成测试操作，也必然涉及到探针的误差校准，市面上最常用的探针有CASCADE/GGB/MPI等，本章详细介绍探针的基础知识和校准方式。

4.1 探针的触点类型

探针的触点类型为探针头的分布及个数，市面主流探针类型为GS/GSG/SG等，G代表地针，S代表信号针，GSG的含义是三探针，探针分布为地/信号/地，对于特殊的传输线形式如差分传输线，可以使用GSGSG型探针，对于槽线，可使用SGS型探针。除此之外，还有波导型探针可用于共面波导测试。由于干扰源来自不同的辐射源，具有不同的波束方向和不同的信号形式，所以如果要产生真实的环境，需要接不同的天线，这样需要多通道的信号模拟器，同时能够模拟多个辐射源，或者多部雷达的信号产生。R&S®SMW200A具有业内独有的双通道构架和2个模拟基带输出6个数字基带输出，这样可以搭配出各种复合条件的多通道雷达信号模拟和干扰模拟，框图如下：

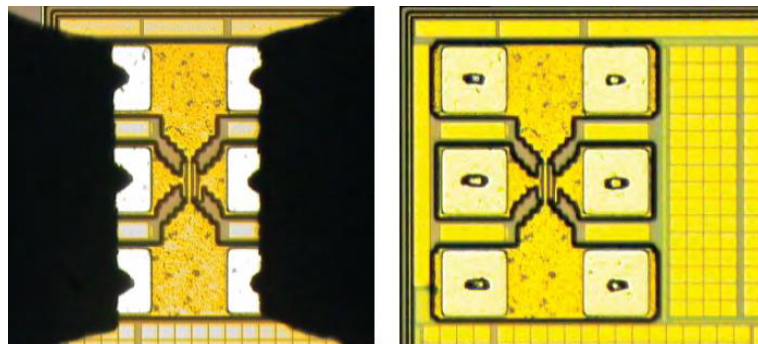


图28 典型GSS探针及被测晶圆触电

4.2 探针的校准

探针的校准可采用两种方式，一种是网分嵌入/去嵌入功能，另外一种是在片校准件完成校准。

4.2.1 嵌入/去嵌入校准

使用此种方式进行校准时，首先在矢网端口进行射频线缆的校准，之后根据厂家提供的S2P文件进行去嵌入即可得到被测晶圆的S参数数据。采用这种方式测试步骤较为简单，但是由于S2P文件为出厂测试结果，后期无法进行调整，实际的电缆连接情况和探针的形变导致参数的变化无法预估。



图29 探针的去嵌入测试

4.2.2 在片校准

在片校准方式通常采用TRL或TOSM校准方式，矢量网络分析仪内在进行测试前需要将校准件的片上校准件的参数导入网络分析仪，首先自定义形式，校准件接头可选择TEM模式或WAVEGUIDE模式，针对标准校准件和波导校准件的应用。使用波导校准件时需要输入校准件的截止频率。

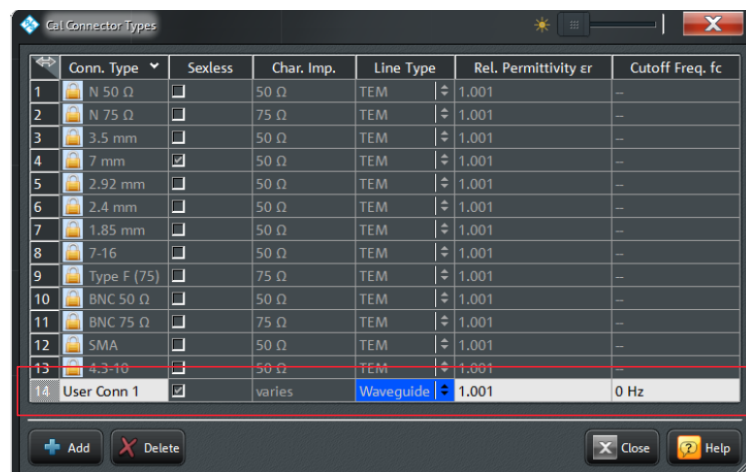


图30 建立新的校准件接头形式

针对TRL和TOSM校准方式，至少需要四个校准标准件，根据厂家提供的校准件参数，依次建立各个校准件参数。

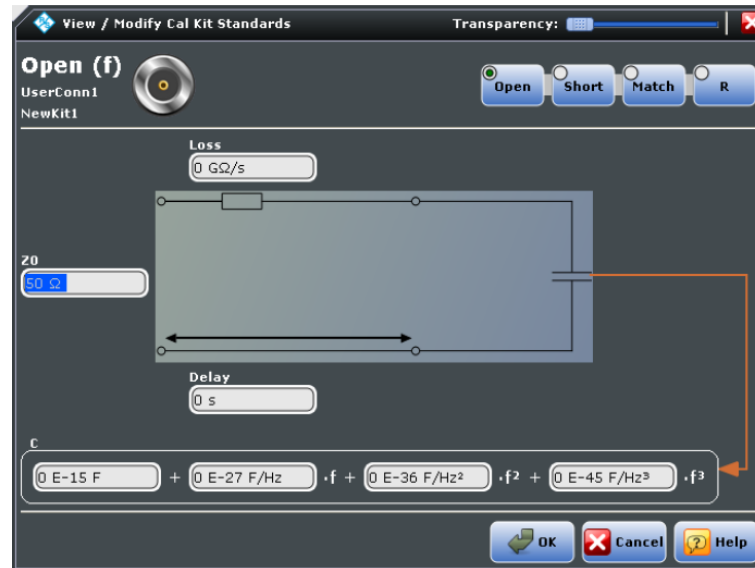


图31 建立新的校准件参数

当校准件建立完成后，再测试时，就可以调用自定义校准件完成测试，将测试参考面直接移至探针头处。

4.2.3 其他校准文件格式

某些探针厂家如GGB，未提供R&S支持的校准件格式，它提供的校准件数据后缀名称为.ckt，R&S公司所支持的校准件格式为.calkit,.ck或.csv,此时就涉及到格式的转换和识别。

针对.ckt格式文件，可使用VNA Cal Kit Editor打开和编辑，找出校准件的各项参数和定义。

打开相应的校准件文件后，可以看到校准件的电参数，包含特征阻抗、适用频率、电长度和寄生参数等，这些参数和R&S矢网中校准件编辑器的参数设置一一对应，按照4.2.3节中建立新校准件的步骤即可将其导入矢网。

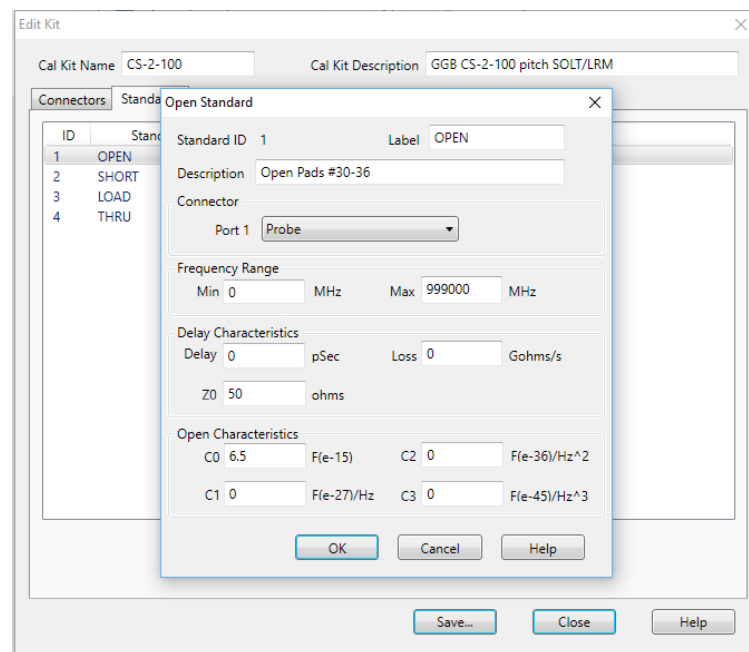


图32 校准件电参数

5 R&S测试方案

5.1 R&S测试方案

R&S公司具备丰富的矢量网络分析仪产品线，是业内领先的射频仪器仪表供应商，在光通信产品测试应用中，不仅有上文中介绍的使用分立器件搭配矢网完成测试的经济型解决方案，也可使用第三方集成的高性能光电底座实现。同时具备良好的扩展性和通用性，最大程度降低客户的仪表拥有成本。

5.2 光矢网扩展发射机

分立式组件测试系统的方案在上文中已经介绍，还可使用第三方成熟的集成式光电发射机，如法国Photline公司的Ixblue ModBox-VNA-OBand光发射机，该产品内置独立DC供电和光源，同时具备光调制器，可直接搭配矢网使用。射频调制带宽为40 GHz/65 GHz，支持1310 nm波长。

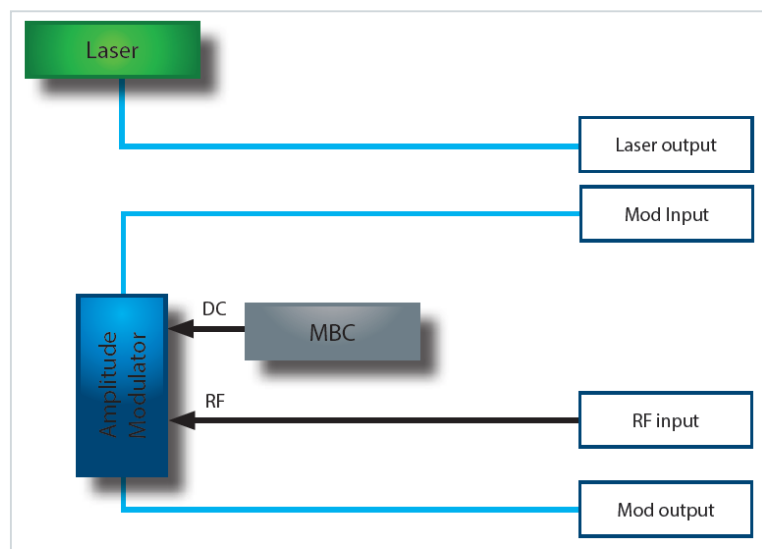


图33 PHOTLINE光矢网扩展发射机

5.3 R&S矢量网络分析仪

R&S公司是历史悠久的射频仪器制造厂商，公司的矢量网络分析仪可满足各种测试需求，针对光器件测试要求，ZVA网络分析仪强大的性能指标是测试结果准确度的保证。尤其是其多端口和高频率扩展能力，可满足未来骨干网光器件测高频测试要求。

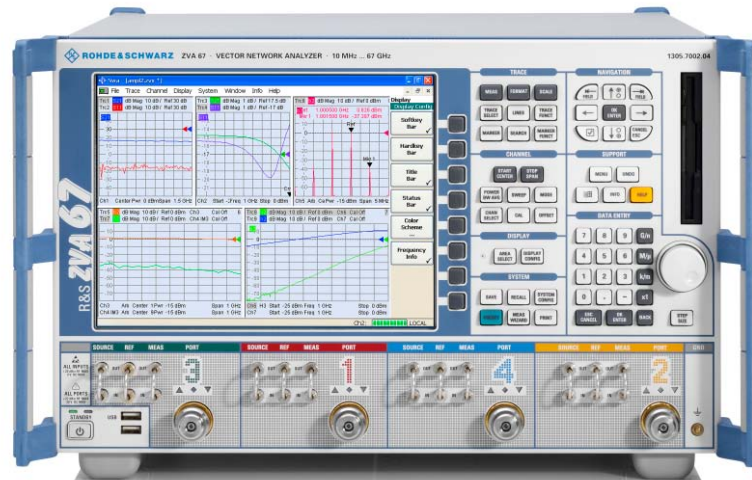


图34 R&S®ZVA矢量网络分析仪

其具体技术指标如下：

- 高端矢量网络分析仪具有卓越的技术指标和全面的应用功能
- 频率范围：300 kHz to 8 GHz, 10 MHz to 24/ 40/ 50/ 67/ 110 GHz
- 2或4个端口可选 (ZVA110仅2端口)
- 功率输出：typ. > 15 dBm
- 动态范围：typ. > 140 dB
- 测试速度：< 3.5 μ s per test point
- 中频带宽：30 MHz
- 可配4个源和8个并行接收机
- 可以满足各种复杂测试任务
- 使用外部变频器，频率范围可扩展至500 GHz

R&S®ZNB矢量网络分析仪是更为经济型的解决方案，满足大部分测试的使用要求，全新的操作理念和人性化的操作方式具备良好的上手性。



图35 R&S®ZNB矢量网络分析仪

- 频率范围: 9 kHz to 4.5/ 8.5 GHz, 100 kHz to 20 GHz, 10 MHz to 40 GHz
- 配置2或4端口 (ZNB40 可配2端口)
- 最大功率输出: typ. 15 dBm
- 功率扫描范围: 98 dB (ZNB4/8)
- 动态范围: typ. 140 dB
- 测试时间: < 2.5 μ s per test point
- 测试速度快
- 配置选件K20可以测量眼图
- 通过开关扩展单元可以实现最多48 (ZNB8) 端口测试, 12 (ZNB20) 个端口测试

6 总结

本文主要介绍了光器件的分类各种光器件的参数和指标，之后介绍使用矢量网络分析仪进行光器件S参数的一种解决方案，无需专门的光波分析仪，便可适用于大部分光器件参数评估及测量，虽然在功能和软件支持程度上与光波分析仪有差距，但具备成本低配置使用灵活的优点。

对于光器件生产公司，每家公司生产的产品都较窄，所以本方案完全可以满足其测试需要，如光纤生产厂家一般只需要测试光纤或延时器时延，光衰厂家需测量衰减量等，所以光波分析仪未必是客户的最佳性价比选择。本文介绍的测试方案是性价比极高的替代方案。

7 参考文档

- 1 《光电检测技术》，曾光宇 清华大学出版社
- 2 《光电检测技术与应用》，郭培源 付洋 北京航空航天大学
- 3 《光无源器件》，张树东 曲阜大学物理信息学院
- 4 Rohde & Schwarz ZNB network analyzer user manual

增值服务

- 丨 遍及全球
- 丨 立足本地个性化
- 丨 可定制而且非常灵活
- 丨 质量过硬
- 丨 长期保障

关于罗德与施瓦茨公司

罗德与施瓦茨公司是一家致力于电子行业，独立而活跃的国际性公司，在测试及测量、广播电视与媒体、安全通信、网络安全、监测与网络测试等领域是全球主要的方案解决供应商。自成立80多年来，罗德与施瓦茨公司业务遍布全球，在超过70个国家设立了专业的服务网络。公司总部在德国慕尼黑。

罗德与施瓦茨 (中国) 科技有限公司

800-810-8228 400-650-5896

customersupport.china@rohde-schwarz.com

www.rohde-schwarz.com.cn

罗德与施瓦茨公司官方微信



北京

北京市朝阳区紫月路18号院1号楼(朝来高科技产业园)

罗德与施瓦茨办公楼 邮政编码: 100012

电话: +86-10-64312828

传真: +86-10-64379888

上海

上海市浦东新区张江高科技园区盛夏路399号 亚芯科技园11号楼

邮政编码: 201210

电话: +86-21-63750018

传真: +86-21-63759170

广州

广州市天河北路233号 中信广场3705室

邮政编码: 510620

电话: +86-20-87554758

传真: +86-20-87554759

成都

成都市高新区天府大道 天府软件园A4号楼南一层

邮政编码: 610041

电话: +86-28-85195190

传真: +86-28-85194550

西安

西安市高新区锦业一路56号 研祥城市广场5楼502室

邮政编码: 710065

电话: +86-29-87415377

传真: +86-29-87206500

深圳

深圳市南山区高新南一道013号 赋安科技大厦B座1-2楼

邮政编码: 518057

电话: +86-755-82031198

传真: +86-755-82033070

R&S®是罗德与施瓦茨公司注册商标

商品名是所有者的商标 | 中国印制

CN17.0006.15 | 01.00版 | 2017年10月

光通信产品测试解决方案

文件中没有容限值的数据没有约束力 | 随时更改