

实验 23 光纤信息及光通信系列实验

(I) 光纤信息技术的演示与测量

一、 光纤光学基本知识演示

实验目的

通过具体演示，使实验者对光纤光学有基本的认识，为以后的实验打下基础。

实验仪器用具

He-Ne 激光器 1 套；手持式光源 1 台；光纤耦合架 1 套；633nm 单模光纤 1 米；普通通信光纤跳线 3 米；光纤支架 1 套；光功率测试仪一台；手持式光功率计 1 台；SZ—04 型调整架 6 个；SZ—42 型调整架 1 个；SZ—13 型调整架 1 个；光纤切割刀 1 套。

学习和实验内容

演示 1 观察光纤基模场远场分布

操作 取一根约 1 米长的 633nm 单模光纤，剥去其两端的涂敷层，用光纤切割刀切制光学端面，然后参照图 1 示意，由物镜将激光从任一端面耦合进光纤，用白屏接收光纤输出端的光斑，观察光场分布。其中，中心亮的部分对应纤芯中的模场，外围对应包层中的场分布。

演示 2 观察光纤输出的近场和远场图案

操作 取一根普通通信光纤（单模、多模皆可，相对 633nm 为多模光纤），参照演示 1 的操作步骤，将 He-Ne 激光器的输出光束经耦合器耦合进入光纤，用白屏接收出射光斑，分别

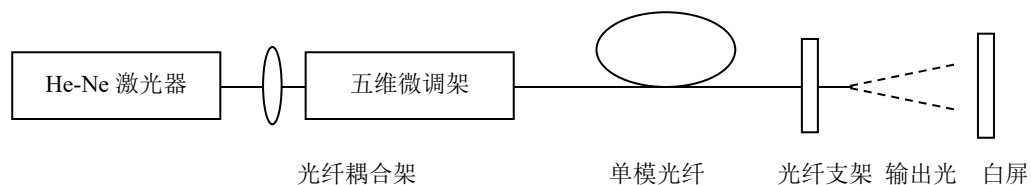


图 23.1 光纤基模场远场分布

观察其近场和远场图案。

演示 3 观察光纤输出功率和光纤弯曲（所绕圈数及圈半径）的关系

操作 取一根约 3 米长的普通通信光纤（为方便起见，可带 Fc/Pc 接头），将光源输出的光耦合进光纤，由手持式光功率计检测光纤输出光的功率，并记录此时的功率读数；将光纤绕于手上，改变绕的圈数和圈半径，观察并分析光纤输出功率与所绕圈数及圈半径大小的关系。

二、 光纤与光源耦合方法实验

实验目的

- 1、学习光纤与光源耦合方法的原理；
- 2、实验操作光纤与光源耦合。

实验仪器用具

He-Ne 激光器 1 套；光纤耦合架 1 套；633nm 单模光纤 1 米；光纤支架 1 套；光功率测试仪一台；SZ—04 型调整架 6 个；SZ—42 型调整架 1 个；SZ—13 型调整架 1 个；光纤切割刀 1 套。

学习和实验内容

1、耦合方法

光纤与光源的耦合有直接耦合和经聚光器件耦合两种。聚光器件有传统的透镜和自聚焦透镜之分。自聚焦透镜的外形为“棒”形（圆柱体），所以也称之为自聚焦棒。实际上，它是折射率分布指数为 2（即抛物线型）的渐变型光纤棒的一小段。

直接耦合是使光纤直接对准光源输出的光进行的“对接”耦合。这种方法的操作过程是：将用专用设备使切制好并经清洁处理的光纤端面靠近光源的发光面，并将其调整到最佳位置（光纤输出端的输出光强最大），然后固定其相对位置。这种方法简单，可靠，但必须有专用设备。如果光源输出光束的横截面面积大于纤芯的横截面面积，将引起较大的耦合损耗。

经聚光器件耦合是将光源发出的光通过聚光器件将其聚焦到光纤端面上，并调整到最佳位置（光纤输出端的输出光强最大）。这种耦合方法能提高耦合效率。耦合效率 η 的计算公式为

$$\eta = \frac{P_1}{P_2} \times 100\% , \quad \text{或} \quad \eta = -10 \lg \frac{P_1}{P_2} (dB)$$

式子中 P_1 为耦合进光纤的光功率（近似为光纤的输出光功率）。 P_2 为光源输出的光功率。

2、实验操作

（1）直接耦合

- A. 切制处理好光纤光学端面，然后按图 2 示意进行耦合操作。
- B. 计算耦合效率，对自己的工作进行评估。

（2）透镜耦合

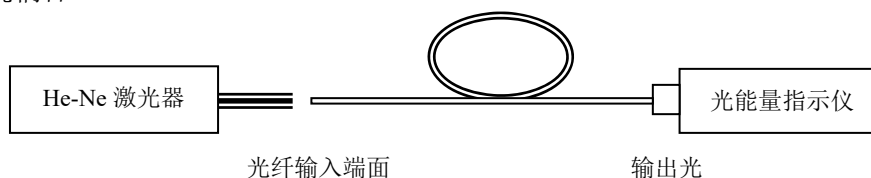


图 23.2 直接耦合原理示意图

- 切制处理好光纤光学端面，然后按示意图 3 进行耦合操作；
- 计算耦合效率，对自己的工作进行评估；
- 比较、评估两种耦合方法的耦合效率。

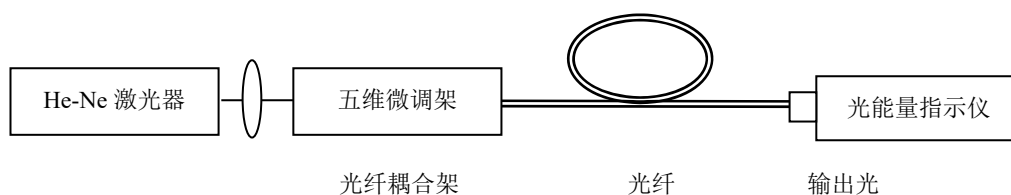


图 23.3 聚光器件耦合原理示意图

三、 多模光纤数值孔径（NA）测量实验

实验目的

- 学习光纤数值孔径的含义及其测量方法；
- 实验操作远场光斑法测量多模光纤的数值孔径。

实验仪器用具

He-Ne 激光器 1 套；光纤耦合架 1 套；633nm 多模光纤 1 米；光纤支架 1 套；光功率测试仪一台；SZ—04 型调整架 6 个；SZ—42 型调整架 1 个；SZ—13 型调整架 1 个；光纤切割刀 1 套。

数值孔径（NA）是多模光纤的一个重要参数。它表示光纤收集光的本领的大小以及与光源耦合的难易程度。光纤的 NA 大，收集、传输能量的本领就大。

学习和实验内容

1、 光纤数值孔径的几种定义

- 最大理论数值孔径 $NA_{\max, t}$
 $NA_{\max, t}$ 的数学表达式为

$$NA_{\max, t} = n_0 \cdot \sin \theta_{\max i} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \approx n_1 \sqrt{2\Delta}$$

式中 $\theta_{\max i}$ 为光纤允许的最大入射角， n_0 为周围介质的折射率，空气中为 1， n_1 和 n_2 分别

为光纤纤芯中心和包层的折射率， $\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$ 为相对折射率差。最大理论数值孔径 $NA_{\max, t}$

由光纤的最大入射角的正弦值决定。

(2) 远场强度有效数值孔径 NA (NA_{eff})

远场强度有效数值孔径是通过测量光纤远场强度分布确定的，它定义为光纤远场辐射图上光强下降到最大值的 5% 处的半张角的正弦值。CCITT（国际电报电话咨询委员会）组织规定的数值孔径指的就是这种数值孔径 NA，推荐值为 $(0.18—0.24) \pm 0.02$ 。

2、光纤数值孔径的测量

(1) 远场光强法

远场光强法是 CCITT 组织规定的 G. 651 多模光纤的基准测试方法。该方法对测试光纤样品的处理有严格要求，并且需要很高的仪器设备：强度可调的非相干稳定光源；具有良好线性的光检测器等。

(2) 远场光斑法

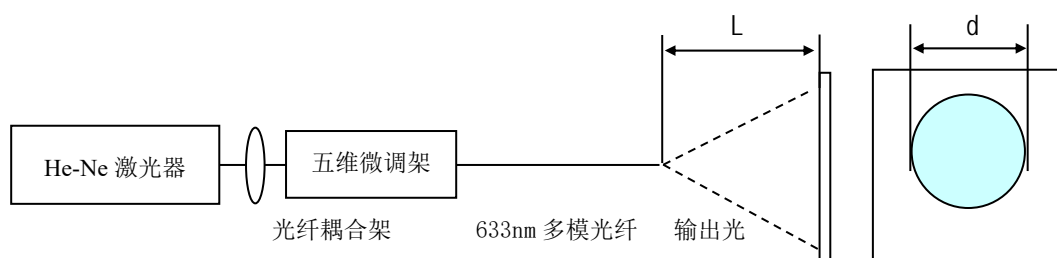


图 23.4 远场光斑法原理图

这种测试方法的原理本质上类似于远场光强法，只是结果的获取方法不同。虽然不是基准法，但简单易行，而且可采用相干光源。原理性实验多半采用这种方法。其测试原理如图 23.4 所示。测量时，在暗室中将光纤出射远场投射到白屏上（最好贴上坐标格纸，这样更方便），测量光斑直径（或数坐标格），通过下面式子计算出数值孔径。

$$NA = k \cdot d$$

式子中 k 为一常数，可由已知数值孔径的光纤标定； d 为光纤输出端光斑的直径。例如，设光纤输出端到接收屏的距离为 50cm， $k=0.01$ ， $d=20\text{cm}$ ，立即可以算出数值孔径为 0.20。

对于未知的 k ，我们可以由上述的距离和光斑直径根据 $\theta = \arctg(d/2L)$ 求出 θ ，再由 $NA = \sin \theta$ 求出 NA 的近似值。建议我们在实验中采用该方法。

注：本实验提供的多模光纤的数值孔径为 0.275 ± 0.015 。

四、 光纤传输损耗性质及测量实验

实验目的

- 1、学习光纤传输损耗的含义、表示方法及测量方法；
- 2、实验操作截断法测量光纤的传输损耗。

实验仪器用具

He-Ne 激光器 1 套；光纤耦合架 1 套；通信光纤 1 盘；光纤支架 1 套；光功率测试仪一台

学习和实验内容

1、光纤传输损耗特性和测量方法

(1) 光纤传输损耗的含义和表示方法

光波在光纤中传输，随着传输距离的增加，光波强度（或光功率）将逐渐减弱，这就是传输损耗。光纤的传输损耗与所传输的光波长 λ 相关，与传输距离 L 成正比。

通常，以传输损耗系数 $\alpha(\lambda)$ 表示损耗的大小。光纤的损耗系数为光波在光纤中传输单位距离所引起的损耗，常以短光纤的输出光功率 P_1 和长光纤的输出光功率 P_2 之比的对数表示，即

$$\alpha(\lambda) = \frac{1}{L} 10 \lg \frac{P_1}{P_2} (\text{dB/km})$$

光纤的传输损耗是由许多因素所引起的，有光纤本身的损耗和用作传输线路时由使用条件造成的损耗。

(2) 光纤的传输损耗的测量方法

光纤传输损耗测量的方法有截断法、介入损耗法和背向散射法等多种测量方法。

A. 截断法

这是直接利用光纤传输损耗系数的定义的测量方法，是 CCITT 组织规定的基准测试方法。在不改变输入条件下，分别测出长光纤的输出光功率和剪断后约为 2 米长的短光纤的输出光功率，按传输损耗系数 $\alpha(\lambda)$ 的表示式计算出 $\alpha(\lambda)$ 。这种方法测量精度最高，但它是一种“破坏性”的方法。

B. 介入损耗法

介入损耗法原理上类似于截断法，只不过用带活动接头的连接线替代短光纤进行参考测量，计算在预先相互连接的注入系统和接收系统之间（参考条件）由于插入被测光纤引起的光功率损耗。显然，光功率的测量没有截断法直接，而且由于连接的损耗会给测量带来误差。因此这种方法准确度和重复性不如截断法。

C. 背向散射法

背向散射法是通过光纤中的后向散射光信号来提取光纤传输损耗的一种间接的测量方法。只需将待测光纤样品插入专门的仪器就可以获取损耗信息。不过这种专门仪器设备（光时域反射计—OTDR）价格昂贵。

2、实验操作截断法测量光纤的传输损耗

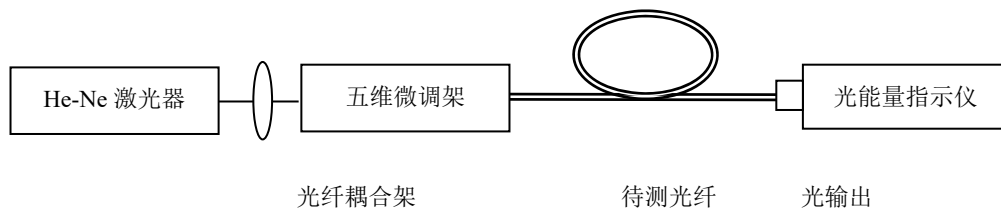


图 23.5 截断法测量光纤传输损耗原理示意图

本操作以截断法做原理性的实验。如示意图 23.5。

实验 23 光纤信息及光通信系列实验

（二） 光纤通信器件参数测量实验

一、 光纤分束器参数测量实验

实验目的

- 1、 了解光纤分束器及其用途和性能参数；
- 2、 实验操作光纤分束器参数测量。

实验仪器用具

手持式光源 1 套；1310nm 分束器 1 个；手持式光功率计 1 台。

学习和实验内容

1、 光纤分束器简介

（1） 光纤分束器和用途

光纤分束器是对光实现分路、合路、插入和分配的无源器件。在光纤通信系统中，用于数据母线和数据线路的光信号的分路和接入，以及从光路上取出监测光以了解发光元件和传输线路的特性和状态；在光纤用户网、区域网、有线电视网中，光纤分束器更是必不可缺的器件；在光纤应用领域的其它许多方面光纤分束器也都被派上了各自的用场，它的应用将越来越广泛。

光纤分束器的种类很多，它可以由两根以上（最多可达 100 多根）的光纤经局部加热熔合而成，最基本的是一分为二。

（2） 光纤分束器主要特性参数

光纤分束器的主要特性参数是分光比，插入损耗和隔离度。

A. 分光比 分光比等于输出端口的的光功率之比。例如，图 23.6 中输出端口 3 与输出端口 4 的光功率之比 $P_3/P_4=3/7$ ，则分光比为 3：7。通常的 3dB 耦合器，两个输出端口的的光功率之比为 1：1。对于两个输出端口的的光方向耦合器，分光比可为 1：1—1：99 之间。

B. 插入损耗 插入损耗表示光分束器损耗的大小，由各输出端口的的光功率之和与输入光功率之比的对数表示，单位为分贝（dB）。例如，用符号 α 表示损耗，端口 1 输入光功率 P_1 ，端口 3 和端口 4 输出的光功率为 P_3 和 P_4 ，则



图 23.6 光分束器端口示意

$$\alpha = -10\lg \frac{P_3 + P_4}{P_1} (dB)$$

一般情况下，要求 $\alpha \leq 0.5dB$ 。

C. 隔离度 从光分束器端口示意图中的端口 1 输入的光功率 P_1 ，应从端口 3 和端口 4 输出，理论上，端口 2 不该有光输出，而实际上端口 2 有少量光功率 P_2 输出， P_2 的大小就表示了 1、2 两个端口间的隔离度。如用符号 A_{1-2} 表示端口 1、2 的隔离度，那么

$$A_{1-2} = -10\lg \frac{P_2}{P_1} (dB)$$

2、实验操作

在光纤分束器简介的基础上，参照图 23.7 对光纤分束器的性能进行测量。

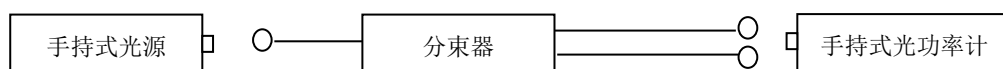


图 23.7 光纤分束器性能测试示意

二、 可调光衰减器参数测量实验

实验目的

- 1、了解光衰减器及其用途和性能参数；
- 2、实验操作可调光衰减器参数测量。

实验仪器用具

手持式光源 1 套；手持式光功率计一台；可调光衰减器 1 只；单模光纤跳线（FC/PC）2 根。

学习和实验内容

1、光衰减器简介

光衰减器是一种用来降低光功率的光无源器件。根据不同的应用，它分为可调光衰减器和固定光衰减器两种。在光纤通信中，可调光衰减器主要用于调节光线路电平，在测量光接收机灵敏度时，需要用可调光衰减器进行连续调节来观察光接收机的误码率；在校正光能量指示仪和评价光传输设备时，也要用可调光衰减器。固定光衰减器结构比较简单，如果光纤通信线路上电平太高就需要串入固定光衰减器。光衰减器不仅在光纤通信中有重要应用，而且在光学测量、光计算和光信息处理中也都是不可缺少的光无源器件。

可调光衰减器一般采用光衰减片旋转式结构，衰减片的不同区域对应金属膜的不同厚

度。根据金属膜厚度的不同分布，可做成连续可调式和步进可调式。为了扩大光衰减的可调范围和精度，采用衰减片组合的方式，将连续可调的衰减片和步进可调衰减片组合使用。

可变衰耗器的主要技术指标是衰减范围、衰减精度、衰耗重复性、插入损耗等。

对于固定式光衰减器,在光纤端面按所要求镀上有一定厚度的金属膜即可以实现光的衰耗;也可以用空气衰耗式，即在光的通路上设置一个几微米的气隙，即可实现光的固定衰耗。

2、实验操作测量可调光衰减器的特性参数

根据实验对象，选择具体的操作内容。参照示意图 23.8。

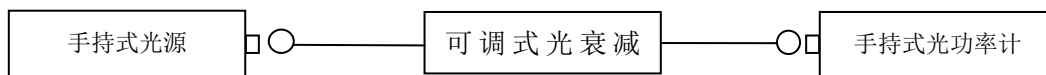


图 23.8 可调衰减器性能测试示意图

三、 光纤隔离器参数测量实验

实验目的

- 1、了解光隔离器及其用途和主要性能参数；
- 2、实验操作光隔离器参数测量。

实验仪器用具

手持式光源 1 套；手持式光功率计一台；光纤隔离器 1 只。

学习和实验内容

1、光隔离器简介

光隔离器是一种只允许光波沿光路单向传输的非互易性光无源器件。它的作用是隔离反向光对前级工作单元的影响。

光隔离器的主要技术指标有：插入损耗、反向隔离度和回波损耗等。目前，在 1310nm 波段和 1550nm 波段反向隔离度都可做到 40dB 以上。光通信系统对光隔离器性能的要求是，正向插入损耗低、反向隔离度高、回波损耗高、器件体积小、环境性能好。

2、光隔离器的主要性能、指标

A. 插入损耗

光隔离器的插入损耗由下式表示：

$$\alpha_L = -10 \lg \frac{P_{out}}{P_{in}} (dB)$$

式中， P_{in} 、 P_{out} 为光隔离器的输入、输出光功率。插入损耗主要是由光隔离器中的偏振器、

法拉第旋光元件和准直器等元件的插入而产生的。光隔离器的插入损耗一般在 0.5dB 以下，最好的指标可以达到 0.1dB 以下。

B. 隔离度

隔离度是光隔离器的重要指标之一，用符号 I_{SO} 表示。数学表达式为

$$I_{SO} = -\lg\left(\frac{P'_R}{P_R}\right)$$

式中， P_R 、 P'_R 分别为反向输入、输出光功率。

实际应用中的光隔离器，其隔离度应在 30dB 以上，越高越好。

C. 回波损耗

光隔离器的回波损耗定义为：光隔离器的正向输入光功率 P_{in} 和反回到输入端的光功率 P'_{in} 之比，由下面式子表示

$$\alpha_{RL} = -\lg\left(\frac{P'_{in}}{P_{in}}\right)$$

回波直接影响系统的性能，所以回波损耗是一个相当重要的指标。优良的光隔离器其回波损耗都在 55 dB 以上。

由于光隔离器所用光学材料价格较高、工艺复杂，因此隔离器的价格也较高。

3、实验操作—测量光隔离器的特性参数

根据实验对象，选择具体的操作内容。图 23.9 为示意图。

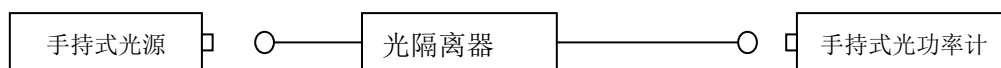


图 23.9 光隔离器性能测试示意

四、 光纤光开关实验

实验目的

- 1、了解光开关及其用途和主要性能参数；
- 2、实验操作光开关参数测量。

实验仪器用具

手持式光源 1 套，手持式光功率计 1 台，机械式光开关 1 套，单模光纤跳线 2 根。

学习和实验内容

1、光开关简介

光开关是一种将光波在时间上或空间上进行切换的器件。它起着控制和转换光路的作用。

用。是光纤通信系统、光纤网络系统、交换技术、光纤测试技术以及光纤传感等不可缺少的器件。光开关应具备插入损耗小、开关速度快、串扰小、消光比高、重复性好、寿命长、结构紧凑等性能。

根据工作原理，光开关可分机械式光开关和非机械式光开关两大类。机械式光开关是靠移动光纤或光学元件等使光路发生改变达到通、断的目的。

2、光开关的主要特性参数

光开关的主要特性参数有插入损耗，隔离度，工作波长，消光比，开关时间等。

A. 插入损耗：插入损耗表示输出端口的光功率比输入端口的光功率减小，以分贝表示。

其表示式为 $\alpha = -10\lg \frac{P_{in}}{P_{out}}(dB)$ ，式中 P_{in}, P_{out} 分别为输入端口和输出端口的光功率。

B. 隔离度：光开关的隔离度定义为，用分贝表示的两个相隔离的输出端口的光功率的比值。表示式为 $\alpha = -10\lg \frac{P_m}{P_{in}}$ ，式中 P_{in}, P_{im} 为 i 端口输入给 n 端口时，在 n 输出端口和 m 输出端口分别测得的光功率。

C. 消光比：两个窗口之间处于导通和非导通状态的分贝表示的插入损耗之差。

D. 开关时间：开关端口从某一初始状态转为“通”或“断”所需要的时间，它从施加给开关或从开关撤去转换能量的时刻起测量。

3、实验操作光开关参数测量

参考测试示意图 23. 10 进行实验操作。实验中用到的光开关为机械式光开关，棱镜的移动采用电磁铁驱动方式。

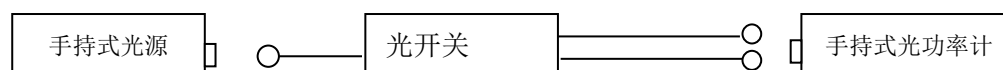


图 23. 10 光开关性能测试示意图

实验 23 光纤信息及光通信系列实验

（三） 光纤通信与传感技术实验

一、 波分复用（WDM）原理性实验

实验目的

- 1、学习光波分复用（WDM）的含义、意义；
- 2、操作双波长波分复用（WDM）原理实验

实验用具

1310nm 光信号源 1 台，1550nm 光信号源 1 台，双踪示波器一台，1310 nm /1550 nm 合波器 1 只，1310 nm /1550 nm 分波器 1 只，两端带 PC/FC 接头光纤 3 米，红外光接收器 1 台，跳线 2 根，光纤活动接头 5 个。

学习和实验内容

光波分复用（WDM）技术是一种增加通信容量的技术。

一根现有的普通单模光纤可传输的带宽极宽，仅 1550nm 传输窗口就可传输成千上万个光信道。所以利用光波分复用技术的前景十分光明。

光波分复用（WDM）也称光频分复用，两者的物理原理相同。习惯上，光频分复用是指光频细分，即光信道非常密集；而光波分复用是指光频粗分，光信道相隔较大，甚至在光纤的不同窗口上，其复用的信道也较少。

波分复用是复用光纤信道。即指一根光纤中同时传输具有不同波长的几个载波，而每个载波又各自载荷一群数字信号。经此光纤信道长距离传输，到终端由分波器将各载波分开，然后进入到各自的通道，进行分离解调，恢复各载波载送的信息。“复用”分为单向复用和双向复用，显然，双向复用的复用量将增大一倍。

2. 操作双波长波分复用（WDM）实验

根据介绍的知识，参照原理框图 23.11，按老师要求操作实验。

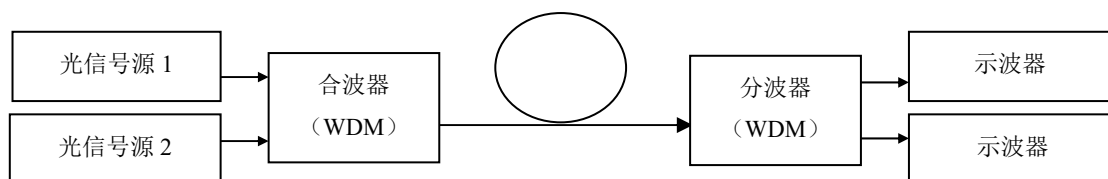


图 23.11 WDM 原理实验框

二、 M—Z 光纤干涉实验

实验目的

- 1、了解 M—Z 干涉的原理和用途；
- 2、实验操作调试 M—Z 干涉仪并进行性能测试。

实验仪器用具

He-Ne 激光器 1 套；光纤干涉演示仪 1 套；633nm 单模光纤 1 根；光纤切割刀 1 套。

学习和实验内容

2、 M—Z 干涉仪的原理和用途

以光纤取代传统 M—Z（马赫-泽得尔）干涉仪的空气隙，就构成了光纤型 M—Z 干涉仪。这种干涉仪可用于制作光纤型光滤波器、光开关等多种光无源器件和传感器，在光通信、光传感领域有广泛的用途，其应用前景非常美好。

光纤型 M—Z 干涉仪实际上是由分束器构成。当相干光从光纤型分束器的输入端输入后，在分束器输出端的两根长度基本相同的单模光纤会合处产生干涉，形成干涉场。干涉场的光强分布（干涉条纹）与输出端两光纤的夹角及光程差相关。令夹角固定，那么外界因素改变的光程差直接和干涉场的光强分布（干涉条纹）相对应。

3、 实验操作

- （1）按图 23.12 所示仔细将光耦合进光纤分束器的输入端，此时可用光能量指示仪监测，固定好位置；精心调试分束器输出端两根光纤的相对位置，使其在会合处产生干涉条纹。
- （2）固定调试好的相对位置，分析观察到的现象。

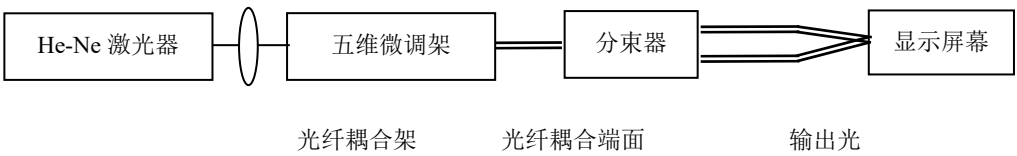


图 23.12 聚光器件耦合原理示意图

三、 光纤温度传感原理实验

实验目的

- 1、了解传感的意义；
- 2、操作光纤温度传感原理实验。

实验仪器用具

He-Ne 激光器 1 套；光纤干涉演示仪一套；633nm 单模光纤 1 根；光纤切割刀一套。

学习和实验内容

2、传感的意义和传感器定义

在信息社会中，人们的一切活动都是以信息的获取和信息的交换为中心的。传感器是信息技术的三大技术之一。随着信息技术进入新时期，传感技术也进入了新阶段。“没有传感器技术就没有现代科学技术”的观点已被全世界所公认，因此，传感技术受到各国的重视，特别是倍受发达国家的重视，我国也将传感技术纳入国家重点发展项目。

传感器定义：能感受规定的被测的量，并按照一定规律转换成可用的输出信号的器件或装置称为传感器。

光纤传感器有两种，一种是通过传感头（调制器）感应并转换信息，光纤只作为传输线路；另一种则是光纤本身既是传感元件，又是传输介质。光纤传感器的工作原理是，被测的量改变了光纤的传输参数或载波光波参数，这些参数随待测信号的变化而变化。光信号的变化反映了待测物理量的变化。

3、实验操作

本实验中传感量是温度，温度改变了光波的位相，通过对位相的测量来实现对温度的测量。具体的测量技术是，运用干涉测量技术把光波的相位变化转换为强度（振幅）变化，实现对温度的检测。操作步骤参考实验十。光纤 M—Z 型干涉仪进行对温度传感的测量，利用干涉仪的一臂作参考臂，另一臂作测量臂（改变温度），配以检测显示系统就可以实现对温度传感的观测。本操作只对温度引起光波参数改变作定性的干涉图案的变化观测。详细的量化可参考专门资料。（注：受温变化光纤长度为 360mm）

四、 光纤压力传感原理实验

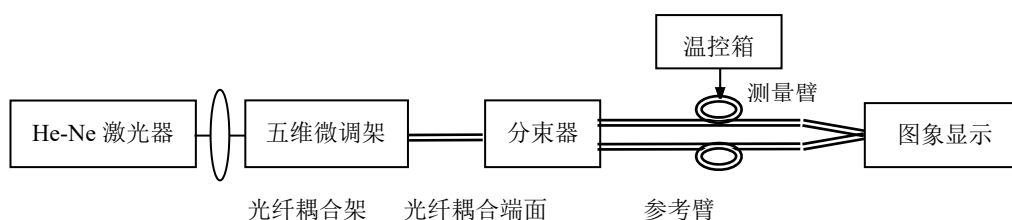


图 23.13 温度传感原理示意图

实验目的

- 1、了解传感的意义；
- 2、操作光纤压力传感原理实验。

实验仪器用具

He-Ne 激光器 1 套；光纤干涉演示仪一套；633nm 单模光纤 1 根；光纤切割刀一套。

学习和实验内容

1、 光纤 M—Z 型压力传感原理

M—Z 干涉仪型传感器属于双光束干涉原理，由双光束干涉的原理可知，干涉场的干涉光强 为 $I \propto (1 + \cos\delta)$

δ 为干涉仪两臂的光程差对应的位相差， δ 等于 2π 整数倍时为干涉场的极大值。压力改变了干涉仪其中一臂的光程，于是改变了干涉仪两臂的光程差，即位相差，位相差的变化由按上式规律变化的光强反映出来。

2、 实验操作

本实验传感量是压力，压力改变了光波的位相，通过对位相的测量来实现对压力的测量。具体的测量技术是运用干涉测量技术把光波的相位变化转换为强度（振幅）变化，实现对压力的检测。操作方案采用光纤干涉仪进行对压力传感的测量，利用干涉仪的一臂作参考臂，另一臂作测量臂（改变应力），配以检测显示系统就可以实现对压力传感的观测。本操作只对压力引起光波参数改变作定性的干涉图案的变化观测。详细的量化可参考专门资料。

注：变形光纤长度为 60mm。

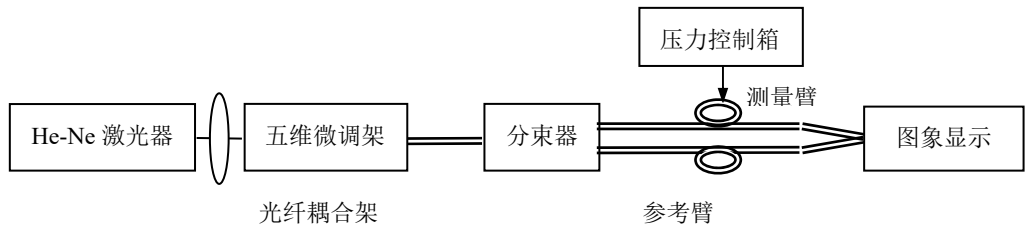


图 23.13 压力传感原理示意图

五、 光发射机消光比测量实验

实验目的

- 1、 了解光发射机消光比的含义和表示方法；
- 2、 实验操作光发射机消光比的测量。

实验用具

带外调制接口光源 1 台；误码仪 1 台；手持式光功率计 1 台；跳线 2 根。

学习和实验内容

1、 了解光发射机消光比的含义、表示方法

消光比是光发射机的重要指标之一。在数字通信系统中，光发射机发送的是“0”码和“1”码的光脉冲。理想的光发射机，在发射“0”码时应无光功率输出，而实际使用中的光发射机，由于本身的缺陷，或者由于直流偏置选择不当，使得在发射“0”码时也有光功

率输出。描述光发射机的这种性质用消光比（EXT）来表示。其定义为

$$\text{EXT} = \frac{\text{全“0”码的平均输出光功率}}{\text{全“1”码的平均输出光功率}}$$

消光比的增大将使接收机的灵敏度降低，消光比越大，灵敏度下降越厉害。因此，为了保证光接收机有足够的灵敏度，通常要求光发射机的消光比小于 10%。

2、实验操作光发射机消光比的测量

分别使数字光信号源输出全“0 码”、全“1 码”，直接用跳线将光信号源输出的光输入给光能量指示仪接收，记录下相应的光功率，由消光比（EXT）定义式即可算得其值。

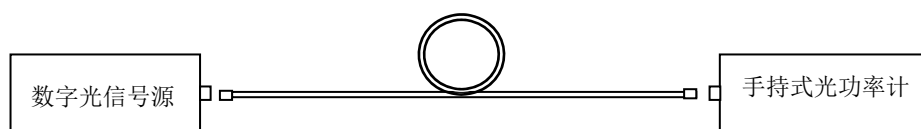


图 23.15 光发射机消光比测试框

本实验中的数字光信号源为由误码仪产生伪随机码调制的带外调制接口的光源。实验上可以分别测出光源加上伪随机码时的光功率和撤去伪随机码时的光功率，然后代入式子计算出即可。必须注意的是，因为伪随机码的“0”码和“1”码的几率基本相等，所以全“1”码的光功率应该是加上伪随机码时测得的光功率的 2 倍。

六、掺铒光纤放大器原理性实验

实验目的

- 1、学习掺铒光纤放大器的基本知识；
- 2、实验操作掺铒光纤放大器的放大特性。

实验用具

掺铒光纤放大器 1 套；光隔离器 2 个；手持式光源 1 台；手持式光功率计 1 台；980 nm /1550 nm 分波器（WDM）1 个；外接电源 1 套；光纤活动接头 3 个。

学习和实验内容

1、学习掺铒光纤放大器（EDFA）的基本知识

（1）光纤放大器概念、用途

光放大器是实现全光通信的关键性部件。光纤放大器有两类，一类是使用一般传输光纤制作的光放大器，这是借助传输光纤材料的三阶非线性效应产生的增益机制而使光信号得以放大的一种分布式光纤放大器；另一类是利用光纤中的掺杂物质引起激活机制实现光放大的光纤放大器，掺铒光纤放大器属于此类。掺铒光纤放大器（EDFA）的出现和应用，引起了光纤通信领域一场新的变革。称 EDFA 是光纤通信史上的一个里程碑。

(2) EDFA 的基本结构和工作原理

EDFA 由掺铒光纤、泵浦光源、耦合器 (WDM) 和光隔离器等几部分组成。铒光纤是放大器的工作物质, 选择长度由掺杂浓度决定, 各种掺杂浓度都有一个最佳长度, 设计放大器时应选择在最佳长度上。泵浦光源为大功率 LD, 工作波长一般选择 980nm。光耦合器的作用是将信号光和泵浦光有效地合波, 并一块进入掺铒光纤; 光隔离器是一种非互易性光学器件, 其作用是使铒光纤放大器工作在行波状态, 隔离反向波对信号源或前级的工作状态的影响。实用的 EDFA 可用一个泵源正向泵浦或反向泵浦, 也可用两个泵源双向泵浦。

(3) EDFA 的主要特性

A. 增益特性 这是掺铒光纤放大器最主要的性能。其增益与输入信号有关, 小信号输入增益大, 大信号输入增益小, 并且增益有一个饱和值, 即输入信号过大时则掺铒光纤放大器的增益饱和, 输出趋于一个有限的固定值。

B. 噪声特性 掺铒光纤放大器具有比电子放大更优良的信号噪声比, 所以它可以作光接收机的前置放大器, 从而获得更好的接收机灵敏度。

C. 光频响应: 掺铒光纤放大器的放大是有一定光频范围的, 称此为光频响应。典型的掺铒光纤放大器的光频响应带宽为 35nm, 相当于 4300GHz, 这是非常宽的。

2、实验操作掺铒光纤放大器的放大特性

在本实验中, 可采用图 23.16 布置示意进行操作。

测出光信号进入放大器前的光功率 P_{in} ; 然后将信号光输入给 EDFA, 在 EDFA 的输出端 (光隔离器 2 的输出端) 测输出光功率 P_{out} , 由 (23.1) 式计算放大器的放大倍数。或者由 (23.2) 式计算以分贝表示的放大器的增益 (dB)。

$$\alpha = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad (23.1)$$

$$\alpha = 10 \lg \frac{P_{out}}{P_{in}} (dB) \quad (23.2)$$

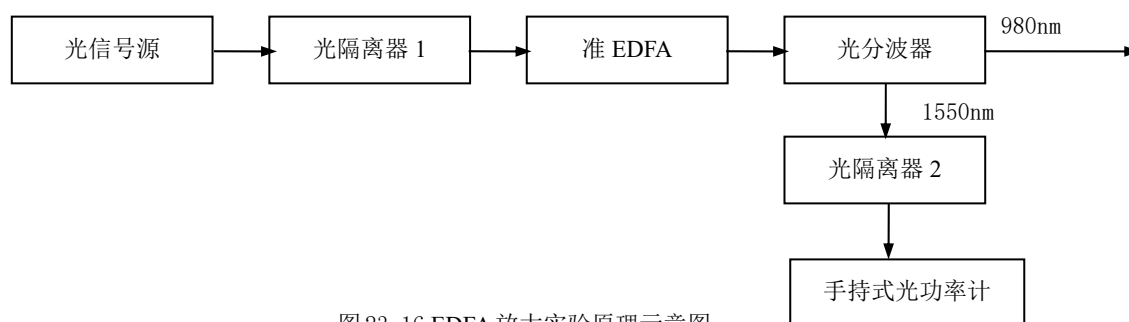


图 23.16 EDFA 放大实验原理示意图

七、 开路音频模拟信号传输实验

实验目的

- 1、使实验者建立通过内调制的方式上载信息到光载波的感性认识；了解模拟通信系统的基本组成和开路光通信的优越性；
- 2、操作开路音频模拟信号传输实验。

实验仪器用具

可见 LD 光载波源 1 套；音频信号源 1 台；光检测器 1 套；解调系统 1 套。

学习和实验内容

1、 基本概念和优越性

光通信有无线光通信和有线光通信两类。有线光通信即光纤通信，而无线光通信则是开路光通信，以大气做信道的光通信。开路光通信无需线路，简单经济。在太空通信有着非常美好的前景。

通信的传输信号有数字信号和模拟信号两种，相应的系统为数字通信系统和模拟通信系统。模拟通信系统不需要复杂昂贵的编码系统，有独到之处。

调制是上载信息的手段，有内调制、外调制两种，内调制无需调制器，直接调制 LD 的工作电流，简单方便、经济。

2、 操作开路音频模拟信号传输实验



图 23.17 音频模拟通信系统框

按示意图连接线路，并对该简单装置的音质效果进行评价。