

## 实验二十二 光分插复用与波分复用通信系统实验

实验序号 No:225050

# 光分插复用与波分复用通信系统

Optical Add-drop Multiplexing and Wavelength Division Multiplexing Communication System

### 实验简介

波分复用技术（WDM）是在一根光纤中同时传输多个波长光信号的技术。在发送端将不同波长的光信号组合起来（复用），耦合到光缆线路上的同

一根光纤中进行传输，在接收端又将组合波长的光信号分开（解复用），将复原信号送入不同的终端。技术主要有：粗波分复用（CWDM），密集波分复用（DWDM）和光频分复用（OFDM）。



#### 一、实验目的

- 1) 了解光分插复用与波分复用通信系统的结构与工作原理；
- 2) 通过对不同隔离度的波分复用器件的使用，了解波分复用器件对系统性能的影响。

#### 二、实验原理

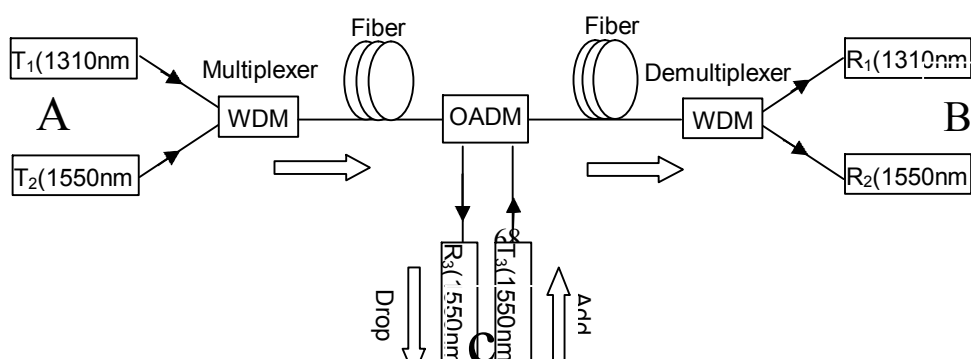
光纤通信发展多年以来，传统的电时分复用光通信系统的速率几乎以每10年100倍的速度稳定增长，但其发展速度最终受到电子器件速率瓶颈的限制，在40Gbit/s以上很难实现。光纤的带宽（如朗讯的全波光纤和康宁的城域网光纤）和色散指标（如G653，G655）的不断提高以及各种光纤放大器技术的不断进步，大力促进了波分复用技术（WDM）的发展，以较低的成本较

简单的结构形式成几倍、数十倍地扩大单根光纤地传输容量，逐步成为未来宽带光网络中的主导技术。

波分复用技术是在一根光纤中同时传输多个波长光信号的一项技术。其基本原理是在发送端将不同波长的光信号组合起来（复用），并耦合到光缆线路上的同一根光纤中进行传输，在接收端又将组合波长的光信号分开（解复用），并作进一步处理，恢复出原信号送入不同的终端。目前波长域的复用技术主要有三种：波分复用(WDM)，密集波分复用(DWDM)和光频分复用(OFDM)。三者本质上都是波长的分割复用，不同的是复用信道的波长间隔不同，几十到几百纳米的称为波分复用；0.8nm的整数倍的(0.8nm,1.6nm,2.4nm,3.2nm)称为密集波分复用；复用间隔仅为几个GHz至几十GHz的称之为光频分复用。WDM技术对网络升级、发展宽带业务(如CATV, HDTV和IP over WDM等)、充分利用光纤的低损耗波段增加光纤的传输容量、实现超高速光纤通信和全光通信具有十分重要的意义，目前“掺铒光纤放大器(EDFA)+密集波分复用(DWDM)+非零色散光纤(NZDSF)+光子集成(PIC)”正在成为国际上长途高速光纤通信线路的主要技术方向。

光分插复用(OADM)是在采用WDM技术于物理层之上构建全光链路时完成光上下路功能的节点单元技术，也就是说，从传输线路中有选择地下路(Drop)通往本地地光信号，同时上路(Add)本地用户发往另一节点用户的光信号，而不影响其它信道的传输，其在光域内实现了传统SDH设备中的电分插复用器在时域中的功能，但它更具透明性，可以处理任何格式和速率的信号。OADM结构包括解复用、分插控制滤波单元及复用单元。

图16-1是我们在本实验中搭建的一个1310nm&1550nm双波长单纤单向带有一个光上下路节点的波分复用系统。由1310nm和1550nm光收发模块、13/15WDM、光分插复用器、



单模光纤等构成。其基本工作过程是这样的：1310nm 和 1550nm 的光载波通过光发射模块  $T_1$  和  $T_2$  被调制成为两路信号光，经 13/15WDM 合波之后进入单根传输光纤，由于在线路中途设置了一个针对 1550nm 的 OADM 节点，所以当两光波传输到这里时，1310 的信号继续传输，而 1550 信号被下载，进入接收模块  $R_3$ ；经过信息提取和处理，也就是说，接收本地有用信息并加载本地发往其它节点信息之后，经发射模块  $T_3$  将处理完的 1550 信号重新上载到光纤线路中继续传输。最后，两路信号到达 C 节点，进入接收模块  $R_1$  和  $R_2$ 。

WDM 系统性能指标有很多，但光域的测试设备一般比较昂贵，因此在本实验中，我们准备用功率计和偏振控制器测量 1310 和 1550 信道的隔离度、串扰、偏振相关损耗等指标。

隔离度和串扰都是衡量信道之间互相干扰的参数。分波器中，每个输出端口对应一个特定的标称波长  $\lambda_j(j=1,2,3,\dots,n)$ ，从第  $i$  路输出端口测得的该路标称信号的功率  $P_i(\lambda_i)$  与第  $j$  路输出端口测得的串扰信号  $\lambda_i(j \neq i)$  的功率  $P_j(\lambda_i)$  之间的比值，定义为第  $i$  路对第  $j$  路的隔离度；从第  $j$  路输出端口测得的串扰信号  $\lambda_i(j \neq i)$  的功率  $P_j(\lambda_i)$  与第  $i$  路输出端口测得的该路信标称信号的功率  $P_i(\lambda_i)$  之间的比值，定义为第  $i$  路对第  $j$  路的串扰。总之，隔离度与串扰是一对相关联的参数，A 信道对 B 信道的隔离度与 B 信道对 A 信道的串扰用 dB 表示时绝对值相等，符号相反。

偏振相关损耗（又称极化相关损耗）指的是在分波器的输入波长范围内，由于极化状态的改变造成的插入损耗的最大变化值。

$$I_p = 10 \log_{10} \left( \frac{P_{\max}}{P_{\min}} \right)$$

### 三、实验装置

本实验所用装置包括：1310nm 和 1550nm 光接受和发射模块；13/15WDM；OADM；单模光纤；偏振控制器；光功率计；20MHz 示波器；裸纤适配器。

#### 实验步骤

1. B 和 C 节点的眼图观测：按图 1 所示连接各仪器，使光发射模块  $T_{1,2,3}$  开始工作，用 20MHz 示波器在 B 和 C 点通过光接受模块  $R_{1,2,3}$  观察接收信号的眼图，体会光波分复用和分插复用的基本原理，更换更高隔离度的级联型 WDM，了解波分复用器件对系统性能的影响。

2. 信道之间隔离度和串扰的测试：按图 16-2 所示连接各装置，首先接通 1310nm LD，用光功率计在 a 点测试 1310 信道的输出功率，记为  $P_{13}$ ；在 b 点测试 1550 信道的输出功率，记为  $P_{15}$ ，则  $P_{13}$  与  $P_{15}$  的比值就是 15 信道对 13 信道的隔离度，用 dB 表示为  $10\lg(P_{13}/P_{15})$ ，其相反数即 13 信道对 15 信道的串扰。将光源换成 1550nm LD 重复上述过程，测出 13 信道对 15 信道隔离度和 15 信道对 13 信道的串扰。

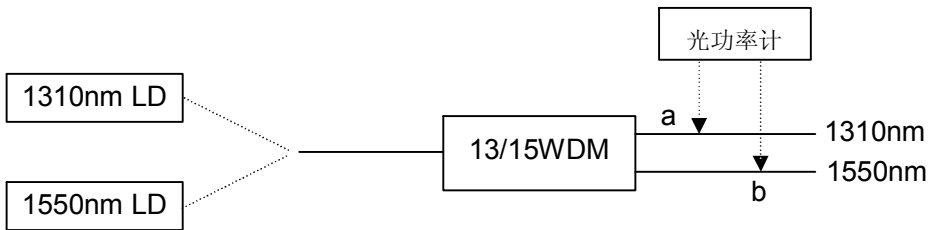


图 16-2 1310nm 及 1550nm 信道的隔离度和串扰

#### 3. 偏振相关损耗（PDL）的测试：

按图 16-3 所示连接测试设备和仪表，图中表示的是测试 1310nm 波长通道的情况。首先开启 1310nm LD 光源稍候至稳定状态，然后通过调节偏振控制器改变测试光信号的偏振状态，并在每一偏振状态下，用功率计分别测量 a, b 两点的功率，进而求出每一偏振态下的该信道的插入损耗（即 a, b 两点的光功率差值），最后计算在不同偏振状态下插入损耗的最大值与最小值之间的差，该差值即为该信道的偏振相关损耗。依此类推，接着测量 1550nm 信道的偏振相关损耗。

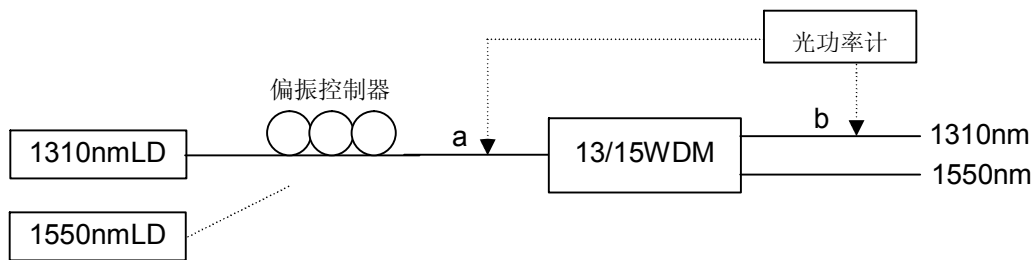


图 16-3 1310nm 及 1550nm 信道的偏振相关损耗的

注：本实验中测量的都是作分波器的 WDM 器件的偏振相关损耗，类似的测量也可在合波器中进行，方法大同小异，此处不再赘述。

