

## 任务目标

- 识记: 常见半导体光源器件和特性。
- 领会: 光放大器的原理、分类和相关指标。
- 应用: 光中继器的作用。

## 任务实施

### 一、认识半导体光源

常见的半导体光源有半导体发光二极管(LED)和半导体激光器(LD)。它们的发光原理不同,工作特性也不相同。

#### (一) 半导体激光器

##### 1. 半导体激光器的发光原理

激光器的发光利用的是受激辐射原理,是一种方向性好、强度大和相干性好的光源。它不同于普通的光源,普通的光源是利用自发辐射原理进行发光的,光的传播方向是四面八方的,而且强度低、相干性差。

##### 2. 半导体激光器的工作特性

###### 1) 光输出特性

当激光器注入电流增加时,受激发射量增加,一旦超过PN结中光的吸收损耗,激光器就开始振荡,于是光输出功率急剧增大,使激光器发生振荡时的电流称为阈值电流 $I_{th}$ ,只有当注入电流不小于阈值时,激光器才发射激光。图3-2-1所示为半导体激光器的 $P-I$ 特性。

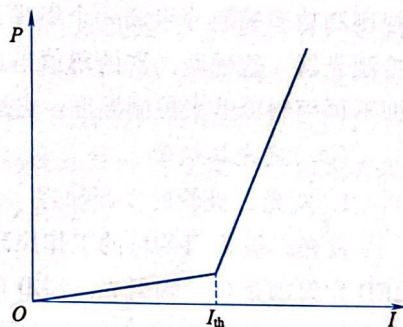


图 3-2-1 半导体激光器的  $P-I$  特性

###### 2) 光谱特性

光源谱线宽度是衡量器件发光单色性的一个物理量。激光器发射光谱的宽度取决于激发的纵模数目,对于存在若干个纵模的光谱特性可画出包络线。其谱线宽度定义为输出光功率峰值下降 3 dB 时的半功率点对应的宽度。对于高速率系统采用的单纵模激光器,则以光功率峰值下降 20 dB 时的功率点对应的宽度评定。

如果激光器同时有多个模式振荡,就称为多纵模(Multiple Longitudinal Mode, MLM)激光器。MLM 激光器通常有宽的光谱宽度,典型值为 10 nm。谱宽很宽对高速光纤通信系统是很不利的,因此光源的谱宽应尽可能得窄,即希望激光器工作在单纵模状态,这样的激光器称为单纵模(Single Longitudinal Mode, SLM)激光器。

图 3-2-2 和图 3-2-3 所示分别为短波长(850 nm)、长波长(1 550 nm)激光器光谱特性。由图可知,谱线宽度越窄的越接近于单色光。对光源谱线宽度通常的要求如下:

- (1) 多模光纤系统: 谱线宽度一般为 3 ~ 5 nm, 事实上这是初期激光器的水平。
- (2) 速率在 622 Mbit/s 以下的单模光纤系统, 一般要求谱宽为 1 ~ 3 nm, 即 InGaAsP 隐埋条





型激光器,称为单纵模激光器。它在连续动态工作时为多纵模。

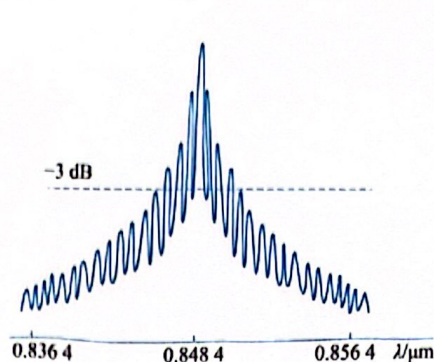


图 3-2-2 短波长 LD 光谱特性

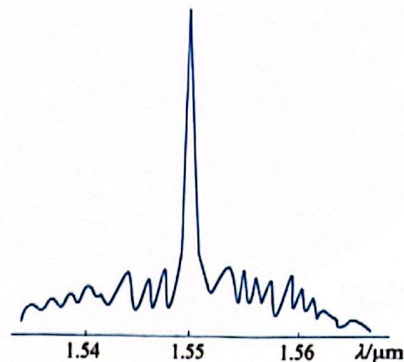


图 3-2-3 长波长 LD 光谱特性

(3) 速率大于 622 Mbit/s 时的单模光纤系统,要求用动态单纵模激光器,其谱宽以兆[兹]来计量,不再以纳米来衡量。实用分布回馈型激光器(DFB-LD)或量子阱激光器等其谱宽非常窄,接近单色光,可以防止系统因出现模分配噪声而限制系统的中继段长。

### 3) 温度特性

半导体激光器阈值电流随温度增加而加大。尤其是工作于长波段的 InGaAsP 激光器,阈值电流对温度更敏感。半导体激光器输出光功率-阈值电流随温度的变化如图 3-2-4 所示。

为了得到稳定的激光器输出特性,一般应使用各种自动控制电路来稳定激光器阈值电流和输出功率。长波长激光器常将温度控制和功率控制等组成一个组件。近年来,国内外已研制出无制冷激光器。这种激光器的阈值电流在特定条件下不随温度变化,即不再用制冷器来控制温度。它适用于野外无人值守的中继站。

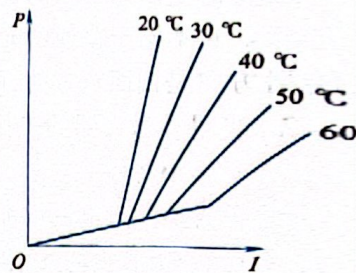


图 3-2-4 激光器输出光功率-阈值电流随温度的变化

## (二) 发光二极管

### 1. 发光二极管的发光原理

发光二极管(LED)的工作原理与半导体激光器(LD)有所不同,LD 发射的是受激辐射光,LED 发射的是自发辐射光。LED 的结构和 LD 相似,大多是采用双异质结(DH)芯片,把有源层夹在 P 型和 N 型限制层中间,不同的是 LED 不需要光学谐振腔,没有阈值。发光二极管有两种类型:一类是正面发光型 LED;另一类是侧面发光型 LED,其结构如图 3-2-5 所示。同正面发光型 LED 相比,侧面发光型 LED 驱动电流较大,输出光功率较小,但由于光束辐射角较小,与光纤的耦合效率较高,因而入纤光功率比正面发光型 LED 大。

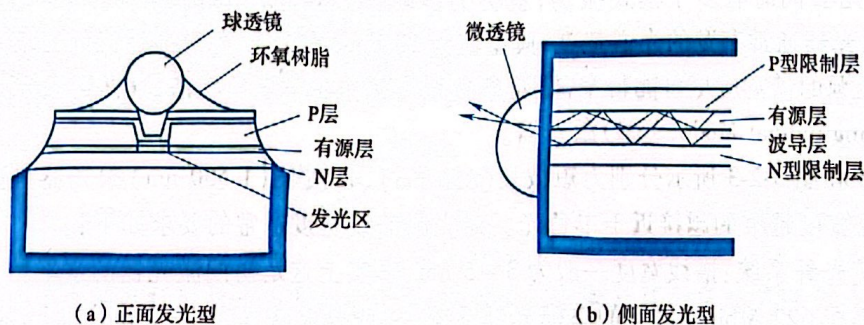


图 3-2-5 两类发光二极管



同激光器相比,发光二极管输出光功率较小,谱线宽度较宽,调制频率较低。但发光二极管性能稳定,寿命长,输出光功率线性范围宽,而且制造工艺简单,价格低廉。因此,这种器件在小容量短距离系统中发挥了重要作用。

## 2. 发光二极管的工作特性

### 1) 光输出特性

发光二极管的光输出特性,即  $P-I$  特性,如图 3-2-6 所示。当注入电流较小时,发光二极管的输出功率曲线基本是线性的,所以 LED 广泛用于模拟信号传输系统。但电流太大时,由于 PN 结发热而出现饱和状态。

### 2) 光谱特性

发光二极管的发射光谱比半导体激光器宽很多,如长波长 LED 谱宽可达 100 nm。发光二极管对光纤传输带宽的影响也因此比激光器大。因光纤的色散与光源谱宽成比例,故 LED 不能用于长距离传输。

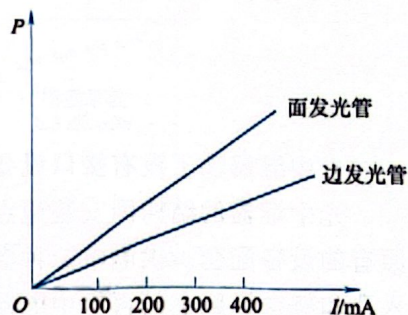


图 3-2-6 LED 的  $P-I$  特性

### 3) 温度特性

温度对发光二极管的光功率影响比半导体激光器要小。例如,边发射的短波长发光二极管和长波长发光二极管,温度由 20℃ 上升到 70℃ 时,发射功率分别下降为 1/2 和 1/1.7 (在电流一定时),因此,对温控的要求不像激光器那样严格。

## (三) 半导体光源在系统中的应用

LED 通常和多模光纤耦合,用于 1.3  $\mu\text{m}$  波长的小容量短距离系统。因为 LED 发光面积和光束辐射角较大,而多模 SIF(阶跃光纤)光纤或 G. 651 规范的 GIF(渐变光纤)光纤具有较大的芯径和数值孔径,有利于提高耦合效率,增加入纤功率。LD 通常和 G. 652 或 G. 653 规范的单模光纤耦合,用于 1.3  $\mu\text{m}$  或 1.55  $\mu\text{m}$  大容量长距离系统,这种系统在国内外都得到广泛应用。分布反馈式激光器(DFB-LD)主要和 G. 653 或 G. 654 规范的单模光纤或特殊设计的单模光纤耦合,用于超大容量的新型光纤系统,这是目前光纤通信发展的主要趋势。

## 二、认识光中继器

目前,实用的光纤数字通信系统都是用数字信号对光源进行直接强度调制的。光发送机输出的经过强度调制的光脉冲信号通过光纤传输到接收端。由于受发送光功率、接收机灵敏度、光纤线路损耗、甚至色散等因素的影响及限制,光端机之间的最大传输距离是有限的。

光中继器的功能是补偿光的衰减,对失真的脉冲信号进行整形。当光信号在光纤中传输一定距离后,光能衰减,从而使信息传输质量下降。为了克服这一缺点,在大容量、远距离光纤通信系统中,每隔一段距离设置一个中继器,经放大和定时再生恢复原来数字电信号,再对光源进行驱动,产生光信号送入光纤继续传输。

光中继器有多种,它由光检测器与前置放大器、主放大器、判决再生电路、光源与驱动电路等组成,其基本功能是均衡放大、识别再生和再定时,具有这三种功能的中继器称为 3R 中继器;而仅具有前两种功能的中继器称为 2R 中继器。经再生后的输出脉冲,完全消除了附加的噪声和畸变,即使在由多个中继站组成的系统中,噪声和畸变也不会积累,这就是数字通信作长距离通信时最突出的优点。目前光放大器已趋于成熟,可作为 1R 中继器(仅仅放大)代替 3R





或 2R 中继器,构成全光光纤通信系统,或与 3R 中继器构成混合中继方式,可大幅简化系统的结构。图 3-2-7 所示为数字光中继器框图。

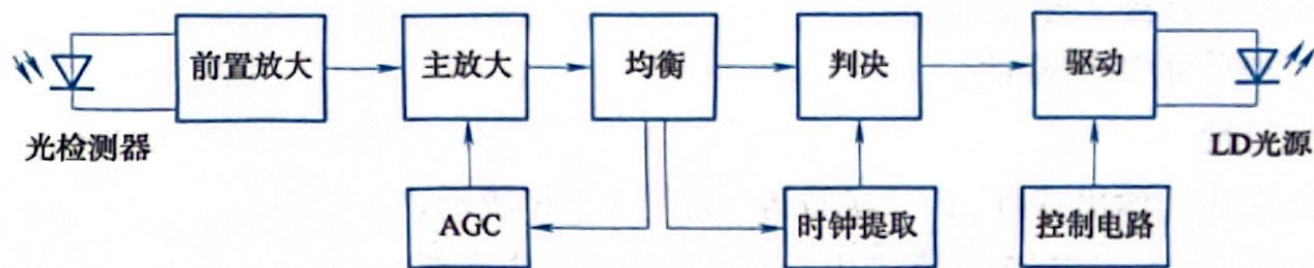


图 3-2-7 数字光中继器框图

光中继器除了没有接口设备和码型变换及控制设备之外,其他部件与光端机基本相同。

光中继器的结构因安装地点不同而有所区别。安装于机房的光中继器在结构上应与机房原有的设备配套。供电电源种类、引出线端子设置、设备工作环境要求也要统一。埋设于地下人孔和架空线路上的再生中继器要求箱体密封、防水、防腐蚀等。光中继器应有远供接收设备、遥测、遥控等性能,还能和有人维护站进行业务联络的功能,应能满足无人维护的要求。如果光中继器在直埋状态下工作,则要求更严格。

光中继器应该性能稳定、可靠性高、工作寿命长、功能完善、维护方便、成本合理,这些都是光中继器设计的重点。现在,工程中应用的光中继器采用集成结构的光收发模块,并将其监控纳入网络管理系统,其结构简便、维护方便。

