

实验五十五 光纤传输技术

一、实验任务

了解光纤传输技术中主要器件的特性和仪器调节的要点。

- 1. 激光二极管 LD 伏安特性 (I-V) 和电光 (P-I) 特性的测定;
- 2. 硅光电二极管 SPD 光电特性的测定;
- 3. 仪器最佳工作点 (偏置电流或电压) 的设定;
- 4. 完成一次语音信号传输的实验 (幅值调制);
- 5. 拓展内容: 频率调制传输实验。

二、操作要点

1. LD 伏安特性测定

在发射电箱面板上, 将信号源模块“电压源”信号输出给发射模块的“直流偏置”, 为 LD 供电。发射电箱的光发送口与接收电箱的光接收口之间已用 FC-FC 光纤跳线连好, 实验过程中切勿触碰光纤跳线接头, 以免影响激光传输效果。在接收电箱面板上, 设置接收显示为“光功率计”。

设置发射显示为“发射电流”。先将电压调节设置为“粗调”, 调节“幅度/电压调节”旋钮粗调正向偏压使发射电流趋近于 0。再将电压调节设置为“细调”, 寻找发射电流从 0 到大于 0 对应的旋钮位置。将发射显示切换为“正向偏压”, 记录发射电流为 0 时对应的正向偏压, 以及接收器显示的光功率。

依次改变发射电流值 (可能显示电流值不能精确达到表 1 的设定数值, 只要尽量接近即可), 重复上述测量过程, 将数据记录于表 1 中。

表 1 半导体激光器 LD 伏安特性与输出特性测量

正向偏压(V)									
发射管电流(mA)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
光功率(mW)									

以表 1 数据作激光二极管的伏安特性(I-V)曲线, 输出特性(P-I)曲线。

找出传输信号时的最佳工作点 (电流或电压)。

2. SPD 光电特性测定

调节发射面板上的光电流, 观察接收面板上的光功率变化。记录光功率从 0.1-0.7mW 变化时, 接收面板上相应的光电流值, 间隔取 0.1mW。

3. 副载波幅度调制 (调幅) 传输实验

发射电箱面板上信号源模块“电压源”信号输出给发射模块的“直流偏置”, 信号源模块的“正弦波输出”输送给发射模块的“信号输入 1”, 作为 LD 的交流调制信号。信号源模块的“正弦波输出”同时输送到双通道示波器的 CH1 输入端口, 观察调制之前的原始信号 (用一端是同轴电缆接口, 一端是 2 个插头的线连接, 红插头插入正弦波输出, 黑色接地)。接收面板上接收模块的“观测点”输出的是经光纤传输和解调之后的信号, 将其接入双通道示波器的 CH2 输入端口, 观察传输和解调效果。

设置发射面板上发射显示为“电压源”, 调节电压为约 2.5V。信号源模块“信号调节选择”设置为“正弦波/方波”, 观测示波器显示的输入信号波形, 调节“幅度/电压调节”旋钮

将输入信号幅度调至最大。

观测示波器上显示的经光纤传输后接收模块输出的波形，波形是否失真，频率有无变化。若信号失真，可再将“信号调节选择”设置为“电压/脉冲源”，适当调节电压源电压，使正弦信号上下失真对称，此时对应的电压记为 V_b ，然后将“信号调节选择”设置为“正弦波/方波”，减小输入信号幅度使接收到的信号最大不失真。记录最大不失真对应的输入信号幅度及对应接收端输出信号幅度，填到表 2 中。

设置信号调节选择为“电压源”，改变电压源电压，从示波器中可以看到，电压太大或太小时信号都会失真。可以知道电压的变化改变了激光器与晶体管的直流偏置电压，使其偏离了最佳工作点，在大信号时进入非线性区，产生非线性失真。在非最佳工作点时，适当调小信号幅度，也可使信号恢复正常。要想使传输信号幅度最大且不失真，需将晶体管的直流偏置电压设置在最佳工作点 V_b 处。

表 2 副载波幅度调制（调幅）传输实验

激光二极管调制电路输入信号			光电二极管光电转换电路输出信号		
波形	频率(kHz)	幅度(V)	波形	频率(kHz)	幅度(V)
正弦波					

4. 语言信号的传输

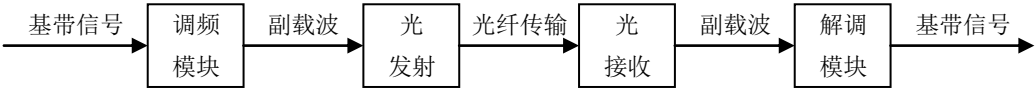
发射电箱面板上信号源模块“电压源”信号输出给发射模块的“直流偏置”，信号源模块的“音频输出”输送给发射模块的“信号输入 1”，作为 LD 的交流调制信号。接收面板上接收模块的“接收信号输出”给出的是经光纤传输和解调之后的信号，将其接入音频模块的“音频信号输入”端口，接收电箱内置喇叭，将接收到的音频信号以声音的形式发出。

设置发射显示为“电压源”，设置接收显示为“光功率计”，倾听音频模块播放出来的音乐。调节电压（此时偏置电压和发射光功率发生变化），观察接收端接收到的光功率的变化，倾听音量，音质的变化。

5. 拓展内容 1——副载波频率调制（调频）传输实验

（1）副载波频率调制（调频）的原理

对副载波的调制除了采用调幅方法之外，还可以采用调频方法。调频具有抗干扰能力强、信号失真小的优点，下图是副载波频率调制传输框图。



副载波调制传输框图

如果载波的瞬时频率偏移随调制信号 $m(t)$ 线性变化，即：

$$\omega_d(t) = k_f m(t) \quad (1)$$

则称为调频， k_f 是调频系数，代表频率调制的灵敏度，单位为 2π 赫兹/伏。

调频信号可写成下列一般形式

$$u(t) = A \cos[\omega t + k_f \int_0^t m(\tau) d\tau] \quad (2)$$

式中 ω 为载波的角频率， $k_f \int_0^t m(\tau) d\tau$ 为调频信号的瞬时相位偏移。下面考虑两种特殊情况

况：

若 $m(t)$ 是电压为 V 的直流信号，则 (2) 式可以写为

$$u(t) = A \cos[(\omega + k_f V)t] \quad (3)$$

(3) 式表明直流信号调制后的载波仍为余弦波，但角频率偏移了 $k_f V$ 。

若 $m(t) = U \cos(\Omega t)$ ，则 (2) 式可以写为

$$u(t) = A \cos[\omega t + \frac{k_f U}{\Omega} \sin \Omega t] \quad (4)$$

可以证明，已调信号包括载频分量 ω 和若干个边频分量 $\omega \pm n\Omega$ ，边频分量的频率间隔为 Ω 。

任意信号可以分解为直流分量与若干余弦信号的叠加，则 (3)，(4) 两式可以帮助理解一般情况下调频信号的特征。

(2) 用直流信号作调制信号，观测调频电路的电压频率关系

V-F 变换模块内置固定的正弦交流信号源，作为待传输的载波信号（即基带信号）。发射电箱面板上信号源模块“电压源”作为调制信号输出给 V-F 变换模块的“V 信号输入”，对系统内置载波信号进行直流频率调制。V-F 变换模块有两个输出端，输出经调制之后的信号，将“频率测量”输出端接入示波器 CH1 端口，观测调制之后的波形。

根据调频原理，直流信号调制后的载波信号角频率偏移 $k_f V$ 。观测输入电压与输出频率之间的 V-F 变换关系。调节电压源，在示波器上读出频率（数字示波器）或读出信号的周期来换算成频率。将输出频率 f_V 随电压的变化记入表 3 中。

表 3 调频电路的 f - V 关系

输入电压(V)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
输出频率 f_V (kHz)											

以输入电压 V 作横坐标，输出角频率 $\omega_V = 2\pi f_V$ 为纵坐标在坐标纸上作图。直线与纵轴的交点为副载波的角频率 ω ，直线的斜率为调频系数 k_f 。求出 ω 与 k_f 。

(3) 副载波调频传输实验

① 调频传输信号观测

发射模块的“直流偏置”接入信号源模块的“电压源”，将电压源设置为实验 3 中的 V_b 。

发射电箱面板上信号源模块“正弦波输出”作为交流调制信号输出给 V-F 变换模块的“V 信号输入”，对系统内置载波信号进行交流频率调制。V-F 变换模块的“F 信号输出”接到发射模块的“信号输入端 1”，用副载波信号作为半导体激光器调制信号。

接收电箱上接收模块“接收信号输出”作为待解调的信号接到 F-V 变换模块的“F 信号输入”，F-V 变换模块内部作解调处理之后，将信号从“观测点”输出。

将发射电箱信号源模块的“正弦波输出”接入示波器 CH1 端口（用一端是同轴电缆接口，一端是 2 个插头的线连接，红插头插入正弦波输出），将接收电箱 F-V 变换模块的“观测点”接入示波器 CH2 端口。此时示波器 CH1 通道显示的是基带信号，CH2 通道显示的是经调频-电光转换-光纤传输-光电转换-解调-还原出的基带信号。

② 调频传输优点的定性观测

连接方式同①。将信号源模块的信号调节选择设置为“正弦波/方波”，将正弦波幅度调到最大。将信号源模块的信号调节选择设置为“电压/脉冲源”，将发射面板显示设置为“电压源”，将接收面板显示设置为“光功率计”。调节电压大小，观察接收到的信号有无失真？记录信号不失真时的电源电压的范围。

讨论基带传输（调幅）实验和副载波调制传输（调频）实验中信号的抗干扰能力的强弱。

6. 拓展内容 2——数字信号传输实验

本实验用编码器发送二进制数字信号（地址和数据），并用数码管显示地址一致时所发送的数据。

发射面板上数字信号发生模块的“数字信号输出”接到发射模块的“信号输入端 1”，接收面板上接收模块的“接收信号输出”接到数字信号解调模块的“数字信号输入”。

设置发射地址和接收地址，设置发射装置的数字显示。可以观测到，地址一致，信号正常传输时，接收数字随发射数字而改变。地址不一致或光信号不能正常传输时，数字信号不能正常接收。

三、报告要求

1. 画出 LD 伏安（I-V）特性曲线，并作简明分析；
2. 画出 LD 电光（P-I）特性曲线，作图法求出最佳偏置电流（工作电流）并作简明分析；
3. 画出 SPD 光电（I-P）特性曲线，并作简明分析；
4. 明确标出最佳偏置电流值（工作电流）、光纤传输系统输出端正弦波信号无畸变的最大峰-峰值；
5. 拓展内容
 - （1）画出调频电路的电压频率关系曲线：以输入电压 V 作横坐标，输出角频率 $\omega_v = 2\pi f_v$ 为纵坐标在坐标纸上作图。直线与纵轴的交点为副载波的角频率 ω ，直线的斜率为调频系数 k_f 。求出 ω 与 k_f 。
 - （2）依据测量数据讨论基带传输（调幅）实验和副载波调制传输（调频）实验中信号的抗干扰能力的强弱。

四、讨论题

教材第 4 题，第 5 题。