

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

用 FC-FC 光纤跳线将发射面板上的光发送口与接收面板上的光接收口相连 (实验中已经连接), 发射面板上信号源模块“电压源”信号接入发射模块的“直流偏置”。

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 (与发射光功率成正比) 于表 1 中。

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 数据作所测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. 基带 (幅度) 调制传输实验

发射面板上发射模块的“直流偏置”接入信号源模块的“电压源”, 发射模块的“信号输入 1”接入信号源模块的“正弦波输出”。双踪示波器的 CH1 输入信号源模块的“正弦波输出”(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), 双踪示波器的 CH2 输入端口接入接收面板上接收模块的“观测点”。

设置发射显示为“电压源”, 调节电压为约 2.5V。设置信号调节选择为“正弦波”, 观测示波器显示的输入信号波形, 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, 可设置信号调节选择为“电压源”, 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 , 然后设置信号调节选择为“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于表 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，使它们偏离了最佳工作点，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。

表 2 基带调制传输实验

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

基带（幅度）调制传输实验。

发射面板上发射模块的“直流偏置”接入信号源模块的“电压源”，发射模块的“信号输入端 1”接入信号源模块的“音频输出”。接收面板上音频模块的“音频信号输入”接入接收模块的“接收信号输出”。

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。

拓展内容（选做）

5. (1) 副载波调频调制的原理

对副载波的调制可采用调幅、调频等不同方法。调频具有抗干扰能力强、信号失真小的优点，本实验采用调频法。下图是副载波调制传输框图。



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：

假设 $m(t)$ 为电压为 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 $k_f V$ 。

假设 $m(t)=U\cos\Omega t$ ，则 (2) 式可以写为：

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

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。

5. 副载波调制传输实验

① 观测调频电路的电压频率关系

发射面板上 V-F 变换模块的“V 信号输入”接入“电压源”（用直流信号作调制信号）。示波器 CH1 端口接入 V-F 变换模块的“频率测量”，CH2 端口断开。

根据调频原理，直流信号调制后的载波角频率偏移 $k_f V$ 。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（模拟示波器）。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 。

② 副载波调制传输实验

发射面板上发射模块的“信号输入端 1”接入 V-F 变换模块的“F 信号输出”（用副载波信号作半导体激光器调制信号），V-F 变换模块的“V 信号输入”端接入信号源模块的“正弦波输出”，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 。接收面板上 F-V 变换模块的“F 信号输入”接入接收模块的“接收信号输出”。示波器 CH1 端口接入信号源模块的“正弦波输出”（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），CH2 端口接入接收面板上 F-V 变换模块的“观测点”。

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。

③ 调频传输优点的定性观测

连接方式同 b)。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. 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。

发射面板上发射模块的“信号输入端 1”接入数字信号发生模块的“数字信号输出”，接收面板上数字信号解调模块的“数字信号输入”接入接收模块的“接收信号输出”。

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。