

武汉大学物理科学与技术学院

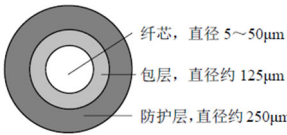
物理实验报告

物理学院

物理专业

2024年6月1日

实验名称	光纤传输技术					
姓 名	郑凡	年 级	大三	学 号	2021302012016	成 绩

实验报告内容：	
一、实验目的	五、数据表格
二、主要实验仪器	六、数据处理及结果表达
三、实验原理	七、实验结果分析
四、实验内容与步骤	八、习题
<div>一、实验目的</div> <div>1. 了解光纤通信的原理及基本特性。</div> <div>2. 测量激光二极管的伏安特性，电光转换特性。</div> <div>3. 测量光电二极管的伏安特性。</div> <div>4. 基带（幅度）调制传输实验。</div> <div>5. 频率调制传输实验。</div> <div>6. 音频信号传输实验。</div> <div>7. 数字信号传输实验。</div> <div>二、主要实验仪器</div> <div>整套实验系统由光纤发射装置、光纤接收装置、光纤跳线、光纤适配器以及示波器组成。</div> <div>三、实验原理</div> <div><div></div><div>光纤是由纤芯，包层，防护层组成的同心圆柱体。纤芯与包层材料大多为高纯度的石英玻璃，通过掺杂使纤芯折射率大于包层折射率，形成一种光波导效应，使大部分的光被束缚在纤芯中传输。若纤芯的折射率分布是均匀的，在纤芯与包层的界面处折射率突变，称为阶跃型光纤。若纤芯从中心的高折射率逐渐变到边缘与包层折射率一致，称为渐变型光纤。</div><div>损耗特性决定光纤传输的中继距离。光在光纤中传输时，由于材料的散射，吸收，会使光信号衰减，当信号衰减到一定程度时，就必需对信号进行整形放大处理，再进行传输，才能保证信号在传输过程中不失真，这段传输的距离叫中继距离，损耗越小，中继距离越长。光纤的损耗与光波长有关。损耗系数定义为：</div><div>$\alpha = \frac{10}{L} \lg \frac{P_0}{P_1} \text{ (dB/km)}$</div><div>光通信的光源为半导体激光器（LD）或发光二极管（LED），本实验采用半导体激光器。半导体激光二极管或简称半导体激光器，它通过受激辐射发光，是一种阈值器件。处于高能级的电子受激辐射发射一个和激发光子完全一模一样的光子。这样半导体激光器就能产生高功率且输出光发散角窄的激光，适用于高比特工作，非常适合于作高速长距离光纤通信系统的光源。LED激光器的P-I特性曲线基本是一条直线，但是LD的特性曲线会出现一个阈值电流。P-I特性是选择半导体激光器的重要依据。在选择时，应选阈值电流尽可能小，对应P值小，而且没有转折点的半导体激光器。这样的激光器工作电流小，工作稳定性高，消光比大，而且不易产生光信号失真。</div></div>	

<div>光通信接收端由光电二极管完成光电转换与信号解调。光电二极管是工作在无偏压或反向偏置状态下的PN结，反向偏压电场方向与势垒电场方向一致，使结区变宽，无光照时只有很小的暗电流。当PN结受光照射时，价电子吸收光能后挣脱价键的束缚成为自由电子，在结区产生电子—空穴对，在电场作用下，电子向N区运动，空穴向P区运动，形成光电流。光通信常用PIN型光电二极管作光电转换。它与普通光电二极管的区别在于在P型和N型半导体之间夹有一层没有渗入杂质的本征半导体材料，称为I型区。这样的结构使得结区更宽，结电容更小，可以提高光电二极管的光电转换效率和响应速度。</div> <div>对光源的调制可以采用内调制或外调制。内调制用信号直接控制光源的电流，使光源的发光强度随外加信号变化，内调制易于实现，一般用于中低速传输系统。外调制时光源输出功率恒定，利用光通过介质时的电光效应，声光效应或磁光效应实现信号对光强的调制，一般用于高速传输系统。本实验采用内调制。另外，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。</div> <div>四、实验内容与步骤</div> <div>1. 激光二极管的伏安特性与输出特性测量</div> <div>1) 将电压源信号接入到发射模块的直流偏置处，设置发射显示为“发射电流”，接收显示为“光功率计”。</div> <div>2) 调节电压源以改变发射电流，记录发射电流与接收器接收到的光功率（与发射光功率成正比）。设置发射显示为正向偏压，记录与发射电流对应的发射管两端电压于表</div> <div>3) 依次改变发射电流，记录多组数据后绘制曲线图</div> <div>2. 发光二极管伏安特性曲线的测量</div> <div>1) 连接方式同实验1。调节发射装置的电压源，使光电二极管接收到的光功率达到指定值</div> <div>2) 调节接收装置的反向偏压调节，在不同输入光功率时，切换显示状态，分别测量光电二极管反向偏置电压与光电流。</div> <div>3) 测量多组数据后绘制伏安特性曲线</div> <div>3. 基带（幅度）调制传输实验</div> <div>1) 将信号源模块正弦波输出接入发射模块信号输入端1，将电压源信号接入到发射模块的直流偏置处，调节直流偏置电压为3.2~3.5V。</div> <div>2) 将监测点1接入双踪示波器的其中一路，观测输入信号波形。将接收装置信号输出端的观测点接入双踪示波器的另一路，观测经光纤传输后接收模块输出的波形。</div> <div>3) 观测信号经光纤传输后，波形是否失真，频率有无变化，记入表中。</div> <div>4) 调节正弦波信号幅度，当幅度超过一定值后，可观测到接收信号失真，记录信号不失真对应的最大输入信号幅度及对应接收端输出信号幅度。</div> <div>5) 将正弦波信号改为方波信号，重复以上步骤实验，记录数据。</div> <div>4. 副载波调制传输实验</div> <div>将发射装置中的电压源输出接入V-F 变换模块的V 信号输入（用直流信号作调制信号）。根据调频原理，直流信号调制后的载波角频率偏移$k_f V$。将F 信号输出的频率测量接入示波器，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，通过在示波器上读输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中。</div> <div>5. 音频信号传输实验</div> <div>（1）基带调制</div> <div>将发射装置“音频信号输出”接入发射模块信号输入端1，将2.5V电压源接入到“直流偏置”；将接收装置接收信号输出端接入音频模块音频信号输入端。</div> <div>（2）副载波调制</div> <div>将发射装置“音频信号输出”接入V-F变换模块的V信号输入端，再将V-F变换模块F信号输出接入发射模块信号输入端1；将接收信号输出接入F-V变换模块F信号输入端，V信号输出端接入音频模块音频信号输入端。</div> <div>听音频模块播放的音乐。定性观察光连接、弯曲等因素对传输的影响，陈述你的感受。</div>
--

五、数据表格

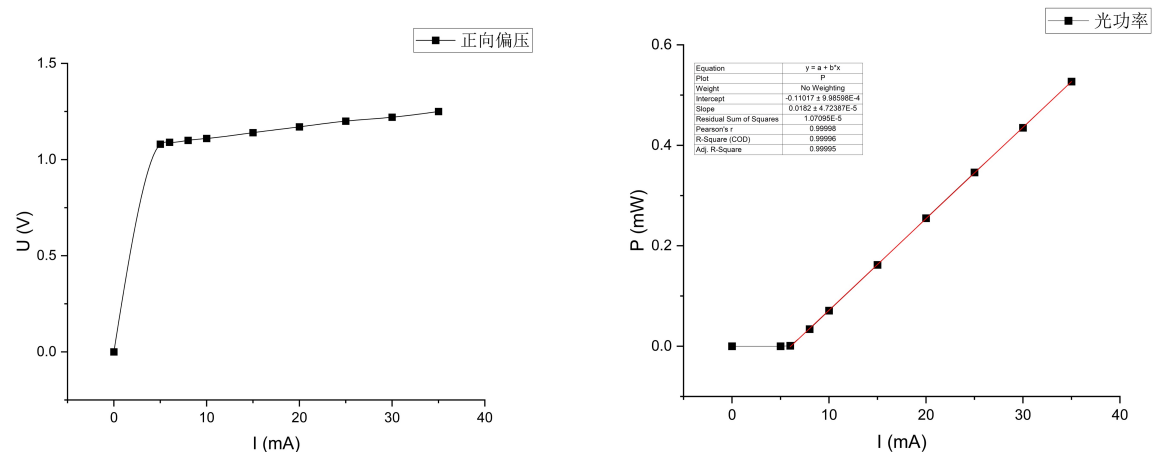
正向偏压V	0	1.08	1.09	1.1	1.11	1.14	1.17	1.2	1.22	1.25
发射管电流mA	0	5	6	8	10	15	20	25	30	35
光功率mW	0	0	0.001	0.034	0.071	0.162	0.255	0.346	0.435	0.527

输出电压V	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2
输出角频率/ms	479.6584	468.9141	458.6097	455.2796	439.3832	430.3354	418.9	410.669	402.7522	392.6991	383.1486

激光二极管调制电路输入			光电二极管光电转换电路输出			反向偏置电压V				
波形	频率kHz	幅度V	波形	频率kHz	幅度V	光电流 (μA)				
正弦波	4.237	1.22	正弦波	4.237	1.36	P=0	0	1	2	3
方波	4.237	1.13	方波	4.237	1.3	P=0.1mW	100	100	100	100
						P=0.2mW	200	200	200	199

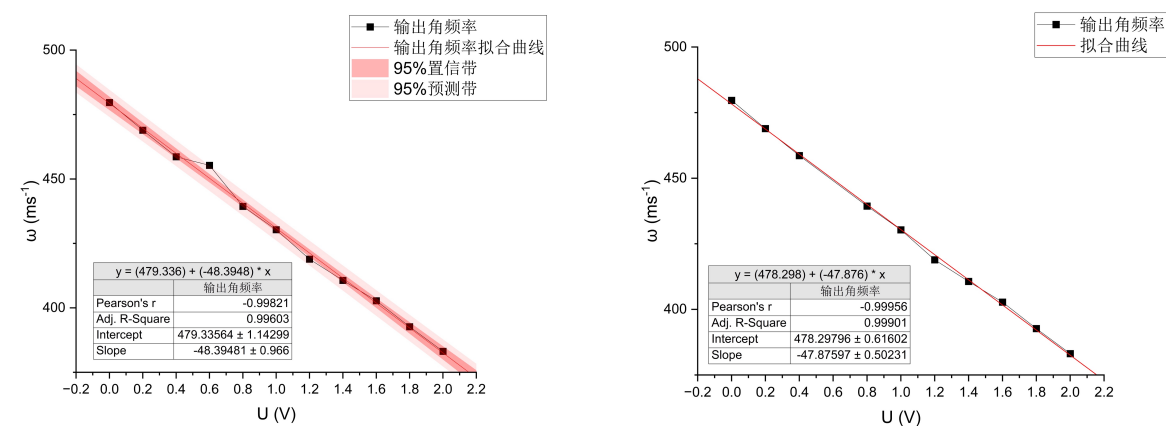
六、数据处理及结果表达

绘制激光二极管 V-I 和 P-I 特性曲线。



可以看到 V-I 曲线存在 $I_{th} \approx 5V$ 的线性关系。同样的，P-I 也在 $I_{th} \approx 5V$ 之后线性增大。作线性拟合 $R \approx 0.99995$ ，故线性关系非常好。可以求得光电转换系数：光电转换系数 $\eta_d = \frac{e}{h\nu} \frac{\Delta P}{\Delta I} \approx 0.0182 \cdot \frac{e}{h\nu}$ 。

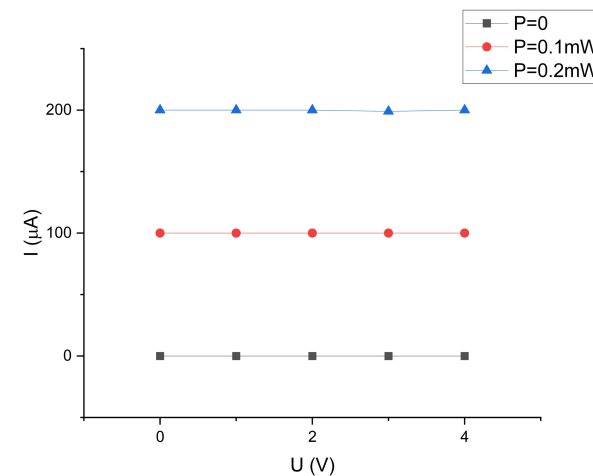
绘制调频电路 f-V 关系曲线有：



从左图可见 0.6V 处有明显的坏点，去掉这个点，进行线性拟合有：

$$W = 478.30 \pm 0.62 \text{ ms}^{-1}, K_f = -47.88 \pm 0.50 \text{ ms}^{-1}V^{-1}$$

光电二极管伏安特性曲线如：



可见饱和光电流与 P 之间有很强的线性关系，比例系数为 $100 \mu A/mW$ 。

七、实验结果分析

本次实验探究了激光/光电二极管的伏安特性，与理论推导符合良好。另外还研究了幅度调制对输入信号的影响，发现波形不变且频率不变，但在输入幅度大到一定程度后信号失真，且输入信号幅度相比于输入信号幅度要稍大一些。

八、习题

无。

教师评语

指导教师：

年 月 日

武汉大学物理实验数据记录单

学院: 物理 专业: 物理 姓名: 郑凡 学号: 2021302022016

实验名称: 光纤传输技术 实验仪器台号: 01

表1:

正向偏压(V)	0	1.08	1.09	1.10	1.11	1.14	1.17	1.20	1.22	1.25
发射管电流(mA)	0	5	6	8	10	15	20	25	30	35
光功率(mW)	0	0	0.001	0.034	0.071	0.162	0.255	0.346	0.445	0.527

表2:

反向偏压(V)	0	1	2	3	4
$P=0$	0	0	0	0	0
$P=0.1mW$	100	100	100	100	100
$P=0.2mW$	200	200	200	199	200

表3:

光电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	4.237	1.22	正弦波	4.237	1.36
方波	4.237	1.13	方波	4.237	1.30

表4:

输入电压(V)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
输出频率(KHz)	76.34	74.63	72.99	72.46	69.93	68.49	66.67	65.36

1.6 1.8 2.0
64.10 62.50 60.98

指导教师: 何 2024 年 5 月 21 日