

全国普通高等院校电子信息规划教材

电子技术综合实验

滕道祥 主编



本书可作为高等院校电子信息类专业及相关专业的教材，也可供从事电子技术工作的工程技术人员参考。

本书共分10章，主要内容包括：第1章 电子技术综合实验基础知识；第2章 常用电子仪器的使用；第3章 常用电子元器件的识别与检测；第4章 常用电子电路的识别与检测；第5章 常用电子电路的故障诊断与排除；第6章 常用电子电路的装配与调试；第7章 常用电子电路的焊接与修理；第8章 常用电子电路的组装与测试；第9章 常用电子电路的组装与测试；第10章 常用电子电路的组装与测试。

本书可作为高等院校电子信息类专业及相关专业的教材，也可供从事电子技术工作的工程技术人员参考。

清华大学出版社



014035678

TN-33
97

内容简介

本书为“电子技术综合实验”课程教材，适用于电子信息类专业。本书共分8章，主要介绍电子技术综合实验的基本理论、实验方法、实验步骤、实验结果分析及实验报告撰写。本书可作为电子信息类专业及相关专业的教材，也可供从事电子技术工作的工程技术人员参考。

电子技术综合实验

滕道祥 主编



本书是结合多年来的教学实践，在广泛征求同行意见的基础上编写而成的。本书可作为电子信息类专业及相关专业的教材，也可供从事电子技术工作的工程技术人员参考。

清华大学出版社
北京

ISBN 978-7-302-43000-1
定价：25.00元



北航

C1722969

内 容 简 介

本书为“电子技术综合实验”教材,主要介绍电子技术综合实验的基础知识及实验内容,实验涉及半导体及固体物理、激光技术、光纤通信、光电技术、综合电子技术等,包含验证型、综合型、设计型和仿真等 30 个实验。

本书可作为高等院校电子科学与技术、应用物理学、电气信息类等高年级本科专业的教材和参考书,也可作为第二课堂选修课选用,并可作相关工程技术人员的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电子技术综合实验/滕道祥主编. —北京:清华大学出版社,2014

全国普通高等院校电子信息规划教材

ISBN 978-7-302-35656-1

I. ①电… II. ①滕… III. ①电子技术—实验—高等学校—教材 IV. ①TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 053007 号

责任编辑:谢琛 薛阳

封面设计:常雪影

责任校对:李建庄

责任印制:杨艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社总机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:10

字 数:246 千字

版 次:2014 年 5 月第 1 版

印 次:2014 年 5 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:22.00 元

产品编号:057249-01

前 言

“电子技术综合实验”是电子科学与技术 and 应用物理学等本科专业的重要实验课程,随着物理学、电子技术、光学技术和计算机技术的发展,对物理电子技术实验课程提出了更高的要求,需要不断地更新课程内容,拓宽知识面,培养学生的综合能力和创新能力。为了全面介绍物理电子技术综合实验的技术方法和研究方法,在加强传统的直接实验方法的同时,还将计算机仿真实验引入实验教学。设计性实验只提要求,让学生自行设计实验方案,独立完成实验,而且每个实验都给出了参考电路,既可进行辅助教学和验证实验,也可作为电路形式的参考。

本书是结合多年来的教学实践,在本校“电子技术综合实验”讲义的基础上,总结近几年来实验教学改革经验编写而成的。

本书由滕道祥主编,参加编写的人员有郑建英、张宁、王一如、王克权、魏明、李文义、姚雷、刘冬冬、张群、陈卿、张文婷等。

由于编者水平和条件所限,时间仓促,书中难免有错误和不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

2014 年 1 月

实验九 光敏电阻伏安特性实验	42
实验十 光敏电阻的变换电路	48
实验十一 光电管的偏置电路与特性参数测量实验	52
实验十二 光敏电阻光控灯设计	59
实验十三 光敏电阻可控振荡器电子鸟设计	61
实验十四 红外避障机制作	64
实验十五 温度检测及控制电路	66
实验十六 LED 特性系列实验	72
实验十七 风光互补系统负载特性研究	84
实验十八 彩灯控制器的设计	96
实验十九 智力竞赛抢答器的仿真设计	100

目 录

电子技术综合实验概述	1
实验一 音频信号光纤传输实验	4
实验二 液晶电光效应综合实验	10
实验三 光控自动寻迹小车设计实验	18
实验四 全固体激光器的装调	28
实验五 半导体激光泵浦功率标定	34
实验六 全固体激光器的调试及输出特性研究	36
实验七 腔内倍频实验	38
实验八 全固体激光器被动调 Q 脉冲激光实验	40
实验九 光敏电阻伏安特性实验	42
实验十 光敏电阻的变换电路	48
实验十一 光电池的偏置电路与特性参数测量实验	52
实验十二 光敏电阻光控灯设计	59
实验十三 光敏电阻可控振荡器电子鸟设计	61
实验十四 红外线耳机制作	64
实验十五 温度监测及控制电路	66
实验十六 LED 特性系列实验	72
实验十七 风光互补系统负载特性研究	84
实验十八 彩灯控制器的设计	95
实验十九 智力竞赛抢答器的仿真设计	100

实验二十 交通信号灯控制器的仿真设计	104
实验二十一 用运算放大器组成的万用表	110
实验二十二 3-8 译码器的应用	113
实验二十三 七段 LED 显示 8421BCD 码的综合设计实验	116
实验二十四 4 位串行全加器	119
实验二十五 六十进制计数器	121
实验二十六 数字电子钟的设计、安装与调试	125
实验二十七 智力竞赛抢答器设计、安装与调试	129
实验二十八 简单暗激发光调控光电路设计实验	131
实验二十九 精密暗激发光调控光电路设计实验	134
实验三十 探测报警设计实验	137
附录 A 电子技术综合实验报告格式	140
附录 B 逻辑元件新、旧图形符号对照	142
附录 C 集成触发器新、旧图形符号对照	143
附录 D 常用数字集成电路型号及引脚图	145
附件 E 面包板的使用说明	149
参考文献	151

电子技术综合实验概述

“电子技术综合实验”课程是一门跨学科、跨专业的电子科学与技术、应用物理学等二年级本科专业的综合实验课程,它不是单纯的电子技术实验,也不是单纯的物理实验,而是将物理学、电子科学与技术、光学工程等学科和专业相结合的一门综合实验课程。它不仅培养学生使其具备扎实的电子技术、半导体及固体物理、激光原理、光电子学等理论基础,还培养学生在电子、信息控制等专业方面较强的工程实践性,二者相辅相成是学生基本素质形成和发展的关键,也是培养学生动手实践能力的必要环节。

电子技术综合实验环节包括光纤通信、固体激光器原理、光电技术、光伏材料与光伏发电、综合电子技术实验。实验内容有验证型、综合型和设计型实验。通过验证型实验,在巩固和加深本学科的基本理论的基础上,重点培养学生掌握实验工具(包括仪器、仪表和计算机辅助工具等)、基本测量技术、基本实验方法,培养基本实验技能。这类实验不再过分强调验证基础理论,而是以培养基本能力为主。同时在基础实验中,渐进安排设计型和综合型的内容,以开拓思路,提高学生对整个系统的分析和设计能力。综合设计型实验一般是提出实验任务与要求,给定功能和技术指标,由学生自己拟定实验实施方案,并完成实验任务,从中全面提高学生的素质和创新能力,为以后进行更复杂的实验、科学研究和工程设计打下基础。

一、电子技术综合实验的基本要求

(1) 能够根据实验(设计)任务和指标要求,综合运用物理知识和电子技术等课程中所学到的理论知识与实践技能独立完成一个实验(设计)课题。

(2) 根据课题需要选学参考书籍,查阅手册、图表等有关文献资料。要求通过独立思考、深入钻研实验(设计)中所遇到的问题,培养自己分析、解决问题的能力。

(3) 进一步熟悉各种常用器件的类型和特性,掌握合理选用的原则。

(4) 学会系统电路的安装与调试技能,掌握常用仪器设备的正确使用方法。利用“观察、判断、实验、再判断”的基本方法,解决实验中出现的問題。

(5) 学会撰写课程实验(设计)总结报告。

(6) 通过课程实验(设计),逐步形成严肃认真、一丝不苟、实事求是的工作作风和科学态度,培养学生树立一定的生产观点、经济观点和全局观点。要求学生在设计过程中,坚持勤俭节约的原则,从现有条件出发,力争少损坏元件。

(7) 在课程实验(设计)过程中,要做到爱护公物、遵守纪律、团结协作、注意安全。

二、电子技术综合实验的方法与步骤

(一) 电子技术综合实验的步骤

电子技术综合实验步骤大概分为以下几个方面。

1. 认真预习

本阶段的主要任务是熟悉实验原理、器件和方法,包括画出系统的逻辑框图,标出主要单元电路、数据通路、输入输出及主要控制信号,画出单元电路的详细逻辑图和装配图,同时配以文字说明,简明解释系统的工作原理,并指出采用的某些技巧或一些巧妙假设。

2. 实验操作

对选定的器件进行组装调试。在整个实验过程中,可能存在许多问题。这时,要从理论和实践的結合上分析原因,找出解决问题的方法和途径,以达到规定的技术指标。

3. 实验总结

记录分析实验数据,总结实验过程中的问题以及处理方法,完成实验报告。

(二) 电子技术综合实验中的设计类实验的实验方法

在进行电子电路的设计类综合实验时,首先要对设计题目做认真的分析,明确任务和性能指标,然后做总体设计。在设计过程中,要根据具体情况,反复对设计方案进行论证,以求方案最佳。在整体方案确定后,便可设计单元电路,选择元器件,画初步原理图,进行实验和性能测试,最后修改完成总电路图,撰写实验报告。

1. 总体方案的选择

为了完成设计任务,寻找一定功能的若干单元电路构成一个整体,满足题目的各项性能指标,这个过程称为总体设计的过程。设计的途径不是唯一的,满足要求的方案也不是只有一个,为得到一个满意的设计方案,往往要针对要求,大量查阅资料作为参考,经过设计→验证→再设计,多次反复的过程,才能达到目的。总体设计方案可以用框图表示,主要部分和难点可画细一些,一般部分只要能反映设计思想和基本原理就可以了。

2. 单元电路的设计

单元电路设计是整个电路设计的实质部分。将每一部分按照总体框图的思想及要求,才能保证整体电路的质量。单元电路的设计步骤分为以下三步。

① 根据总体方案对单元的要求,明确单元电路的性能指标。注意各单元电路之间输入输出信号的关系,尽量避免使用电平转换电路。

② 选择设计单元电路的结构形式。通常选择学过的熟悉的电路,或者通过查阅资料选择更合适的或更先进的电路,在此基础上调试改进,使电路的结构形式最佳。

③ 计算主要参数,选择元器件。

3. 元器件的选择

电子电路的设计就是选择最合适的元器件,把它们合理地组合起来。在设计过程中,经常遇到元器件选择问题,电子电路的故障往往以元器件损坏的形式出现,究其原因,并非都是器件本身的问题,而是对器件的选择不当。所以在方案提出、分析比较以及参数计算过程中,都要考虑用哪些元器件以及它们的性能价格比如何。选择元器件必须注意两个问题。

① 根据具体方案选择需要哪些元器件,每个元器件应该具有哪些性能指标。在确定元器件参数的额定值时要留有一定的富余量,使其在低于额定值的条件下工作。

② 在满足设计要求的前提下,尽可能减少元器件的品种和规格,提高器件的复用率。了解市场哪些品种可以买到,性能价格如何,体积形状如何。电子器件种类繁多,新产品不断出现,因此要多跑市场了解信息,多查找资料。

图 1.4 有线信号直接光端复用光纤传输实验系统原理图

为了减少或减少波形失真,要求整个传输系统的频带宽度能覆盖被传输信号的频率范围。由于光纤传输带宽较宽,因此传输速率高,传输容量大,传输距离远,传输损耗小,传输延迟低,传输效率高,传输质量好,传输安全可靠,传输成本低,传输维护方便,传输使用简单,传输性能优越,传输应用广泛,传输发展前景广阔。

2. 半导体发光二极管(LED)的结构和工作原理

光纤通信系统中对光源器件在发光波长、电光功率、工作寿命、尺寸重量和散热性能等方面都有严格要求。目前,光纤通信系统中主要采用半导体发光二极管(LED)和半导体激光器(Laser Diode, LD)。

以下主要介绍发光二极管(LED)的结构和工作原理。LED是一种由半导体材料组成的器件,其结构如图1.5所示。LED由P型半导体和N型半导体组成,在P型半导体中掺入受主杂质,在N型半导体中掺入施主杂质。在P型半导体中,空穴是多数载流子,在N型半导体中,电子是多数载流子。当在P-N结两端加上正向电压时,电子从N区向P区运动,空穴从P区向N区运动,在P-N结附近形成电子-空穴对,电子-空穴对复合时释放出能量,能量以光子的形式辐射出来,这就是LED发光原理。

当在N-P双异质结两端加上偏压时,就能使N层向有源层注入导电电子,这些导电电子一旦进入有源层后,在有源层中运动,在有源层中运动时,电子不能进入右侧P层,它们只能被限制在有源层内与空穴复合,同时释放能量产生光子,发出的光子满足以下关系:

$$h\nu = E_c - E_v = E_g$$

其中 h 是普朗克常数, ν 是光波频率, E_c 是有源层内导电电子的导带底能级, E_v 是导电电子与空穴复合后处于价键状态时的束缚态能级, E_g 是半导体材料的禁带宽度。当LED发光中心波长与传输光纤的低损耗波长一致时,就可以使LED的发光中心波长与传输光纤的低损耗波长一致。

实验一 音频信号光纤传输实验

光纤在通信领域、传感技术及其他信号传输技术中显示了越来越广泛的用途,也显示了其越来越重要的地位。随之而来的电光转换和光电转换技术、耦合技术、光传输技术等,都是光纤传输技术及器件构成的重要成分。对于不同频率的信号传输和传输的频带宽度,上述各种技术有很大的差异,构成的器件也具有不同的特性。通过实验了解这些特性及其对信息传输的影响,有助于在科研与工程中恰当地使用这一信号传输技术。

一、实验目的

- (1) 熟悉半导体电光/光电器件的基本性能及主要特性的测试方法。
- (2) 了解音频信号光纤传输的结构及选配各主要部件的原则。

二、实验仪器

FD-OFT-A 型音频信号光纤传输实验仪实验主机(包括音频信号发生器、光功率计、LED 放射器、SPD 接收器等)、多模光纤(装于骨架上)、半导体收音机和示波器组成,如图 1.1 所示。

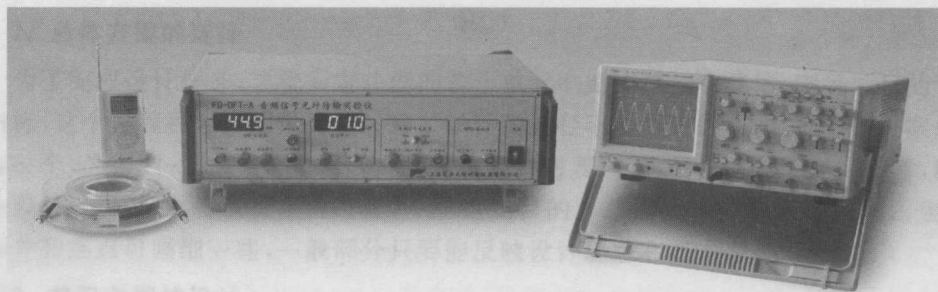


图 1.1 音频信号光纤传输实验仪器装置

三、实验原理

1. 音频信号光纤传输系统的原理

图 1.2 给出了一个音频信号直接光强调制光纤传输实验系统的结构原理图,整个传

输系统由“光信号发送器”、“光信号接收器”和“传输光纤”三部分组成。其原理主要是：先将待传输的音频信号作为源信号供给“光信号发送器”，从而产生相应的光信号，然后将此光信号经光纤传输后送入“光信号接收器”，最终解调出原来的音频信号。为了保证系统的传输损耗低，发光器件 LED 的发光中心波长必须在传输光纤的低损耗窗口之内，使得材料色散较小。低损耗的波长在 850nm、1300nm 或 1600nm 附近。本仪器 LED 发光中心波长为 850nm，光信号接收器的光电检测器峰值响应波长也与此接近。

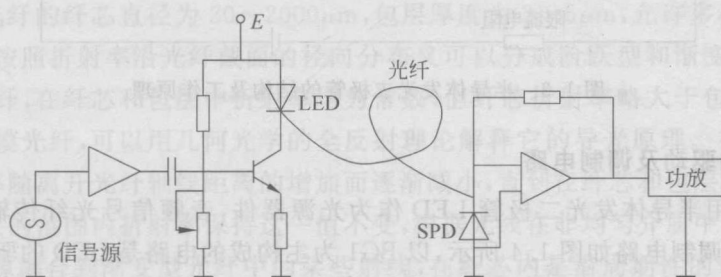


图 1.2 音频信号直接光强调制光纤传输实验系统原理图

为了避免或减少波形失真，要求整个传输系统的频带宽度能覆盖被传输信号的频率范围。由于光纤对光信号具有很宽的频带，故在音频范围内，整个系统频带宽度主要决定于发射端的调制信号放大电路和接收端的功放电路的幅频特性。

2. 半导体发光二极管 LED 的结构和工作原理

光纤通信系统中对光源器件在发光波长、电光功率、工作寿命、光谱宽度和调制性能等许多方面均有特殊要求，所以不是随便哪种光源器件都能胜任光纤通信的任务的，目前在以上各方面都能较好满足要求的光源器件主要有半导体发光二极管（Light Emitting Diode, LED）和半导体激光器（Laser Diode, LD）。以下主要介绍发光二极管。

半导体发光二极管是低速短距离光通信中常用的非相干光源，它是如图 1.3 所示的 N-P-P 三层结构的半导体器件，中间层通常是由直接带隙的 GaAs 砷化镓 P 型半导体材料组成的，称为有源层，其带隙宽度较窄，两侧分别由 AlGaAs 的 N 型和 P 型半导体材料组成，与有源层相比，它们都具有较宽的带隙。具有不同带隙宽度的两种半导体单晶之间的结构称为异质结，在图 1.2 中，有源层与左侧的 N 层之间形成的是 P-N 异质结，而与右侧 P 层之间形成的是 P-P 异质结，所以这种结构又称为 N-P-P 双异质结构，简称 DH 结构。

当在 N-P-P 双异质结两端加上偏压时，就能使 N 层向有源层注入导电电子，这些导电电子一旦进入有源层后，因受到 P-P 异质结的阻挡作用而不能再进入右侧 P 层，它们只能被限制在有源层内与空穴复合，同时释放能量产生光子，发出的光子满足以下关系。

$$h\nu = E_1 - E_2 = E_g$$

其中 h 是普朗克常数， ν 是光波频率， E_1 是有源层内导电电子的激发态能级， E_2 是导电电子与空穴复合后处于价键状态时的束缚态能级。两者的差值 E_g 与 DH 结构中各层材料及其组份的选取等多种因素有关，制作 LED 时只要这些材料的选取和组份的控制适当，就可以使 LED 的发光中心波长与传输光纤的低损耗波长一致。

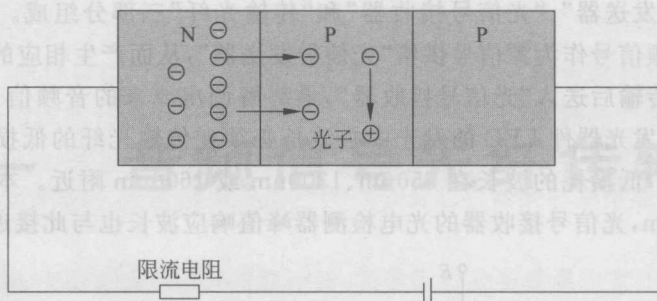


图 1.3 半导体发光二极管的结构及工作原理

3. LED 的驱动及调制电路

本实验采用半导体发光二极管 LED 作为光源器件，音频信号光纤传输系统发送端 LED 的驱动和调制电路如图 1.4 所示，以 BG1 为主构成的电路是 LED 的驱动电路，调节这一电路中的 W2 可以使 LED 的偏置电流发生变化。信号发生器产生的音频信号由 IC1 为主构成的音频放大电路放大后经电容器耦合到 BG1 基极，对 LED 的工作电流进行调制，从而使 LED 发送出光强随音频信号变化的光信号，并经光纤把这一信号传至接收端。半导体发光二极管输出的光功率与其驱动电流的关系称为 LED 的电光特性。为了避免和减小非线性失真，使用时应给 LED 一个适当偏置电流 I ，其值等于这一特性曲线线性部分中点对应的电流值，而调制信号的峰-峰值也应位于电光特性的线性范围内。对于非线性失真要求不高的情况，也可把偏置电流选为 LED 最大允许工作电流的一半，这样可使 LED 获得无截止畸变幅度最大的调制，这有利于信号的远距离传输。

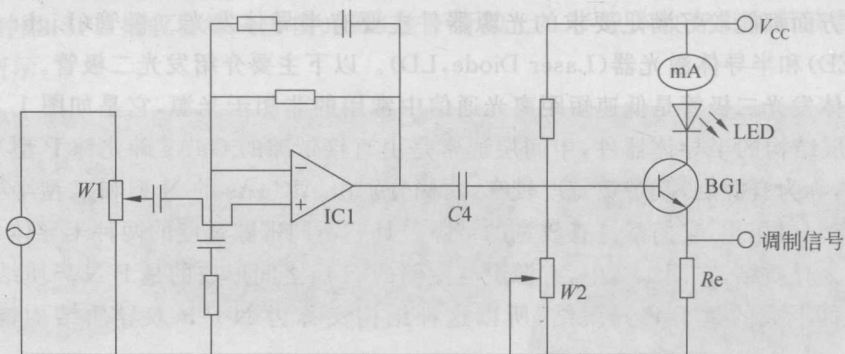


图 1.4 LED 的驱动和调制电路

4. 光纤的结构及其传光原理

衡量光纤性能好坏有两个重要指标：一是看它传输信息的距离有多远；二是看它携带的信息量有多大，前者取决于光纤的损耗特性，后者取决于光纤的脉冲响应或基带频率特性。

经过人们对光纤的提纯，目前已经使得光纤的损耗做到 20dB/km 以下。光纤的损耗与工作波长有关，所以在工作波长的选用上，应该尽量选用低损耗的工作波长，光纤通信

最早是用短波长 850nm,近年来发展至用 1300~1550nm 范围的波长,因为在这一波长范围内光纤不仅损耗低,而且“色散”小。

光纤的脉冲响应或它的基带频率特性又主要取决于光纤的模式性质。光纤按照其模式性质通常可以分为两大类:①单模光纤;②多模光纤。无论单模或者多模光纤,其结构均由纤芯和包层两部分组成。纤芯的折射率比包层的折射率大,对于单模光纤,纤芯直径只有 $5\sim 10\mu\text{m}$,包层直径为 $125\mu\text{m}$,在一定条件下,只允许一种电磁场形态光波在纤芯内传播,多模光纤的纤芯直径为 $20\sim 2000\mu\text{m}$,包层厚度为 $3\sim 5\mu\text{m}$,允许多种电磁场形态的光波传播。按照折射率沿光纤截面的径向分布又可以分成阶跃型和渐变型两种光纤。对于阶跃型光纤,在纤芯和包层中折射率均为常数,但纤芯折射率略大于包层折射率,所以对阶跃型多模光纤,可以用几何光学的全反射理论解释它的导光原理。在渐变型光纤中,纤芯折射率随离开光纤轴线距离的增加而逐渐减小,直到在纤芯和包层界面处减到某一值后,在包层的范围内折射率保持这一值不变,根据光线在非均匀介质中的传播理论分析可知:经光源耦合到渐变型光纤中的某些射线,在纤芯内是沿周期性的弯向光纤轴线的曲线传播的。

5. 半导体光电二极管的工作原理及特性

本仪器的光信号接收采用硅光电二极管(Silicon Photo Diode, SPD),半导体光电二极管与普通半导体二极管一样,都具有一个 P-N 结,但光电二极管在外形结构方面有它自身的特点,这主要表现在光电二极管的管壳上有一个能让光射入其光敏区的窗口,此外,与普通二极管不同,它经常工作在反向偏置电压状态(如图 1.5(a)所示)或无偏压状态(如图 1.5(b)所示)。在反偏电压下,P-N 结的空间电荷区的势垒增高、宽度加大、结电阻减小,所有这些均有利于提高光电二极管的高频响应性能。



图 1.5 光电二极管的结构及工作方式

无光照时,反向偏置的 P-N 结只有很小的反向漏电流,称为暗电流。当有光子能量大于 P-N 结半导体材料的带隙宽度 E 的光波照射到光电二极管的管芯时,P-N 结各区域中的价电子吸收光能后将挣脱价键的束缚而成为自由电子,与此同时也产生一个自由空穴,这些由光照产生的自由电子空穴对统称为光生载流子。在远离空间电荷区(也称耗尽区)的 P 区和 N 区内,电场强度很弱,光生载流子只有扩散运动,它们在向空间电荷区扩散的途中因复合而消失,故不能形成光电流。形成光电流主要靠空间电荷区的光生载流子,因为在空间电荷区内电场很强,在此强电场的作用下,光生自由电子空穴对将以很高的速度分别向 N 区和 P 区运动,并很快越过这些区域到达电极沿外电路闭合形成光电

流,光电流的方向是从二极管的负极流向它的正极,并且在无偏压短路的情况下与入射的光功率成正比,因此在光电二极管的 P-N 结中,增加空间电荷区的宽度与提高光电转换效率有着密切的关系。为此目的,若在 P-N 结的 P 区和 N 区之间再加一层杂质浓度很低以致可近似为本征半导体的 I 层,就形成了具有 P-I-N 三层结构的半导体光电二极管,简称 PIN 光电二极管, PIN 光电二极管的 P-N 结除具有较宽的空间电荷区外,还具有很大的结电阻和很小的结电容,这些特点使 PIN 管在光电转换效率和高频响应方面与普通光电二极管相比均得到了很大的改善。

本仪器 SPD 的峰值响应波长在 820nm 左右,工作时 SPD 把经光纤出射端输出的光信号转化为与之光功率成正比的光电流,经过 I-V 转换电路,再把光电流转换成与之成正比例的电压信号。

四、实验内容

1. LED 传输光纤组件电光特性的测定

本实验的内容是要在不加音频信号的情况下,研究通过 LED 的直流偏置电流 I_D 与 LED 输出光功率 P_O 之间的关系,即 LED 的电光特性。实验时先打开主机电源,将光纤一端接至“LED 发射器”中的“信号输出”端,一端接至“SPD 接收器”中的“信号输入”端,将光功率计波段开关打至“测量”挡。调节“偏流调节”旋钮,使面板上的电流表读数为零,此时将光功率表也调零,然后分别把偏流大小调至 5mA、10mA、15mA、20mA、25mA、30mA、35mA、40mA、45mA、50mA,记录对应的光功率值。根据测量结果描绘 LED 传输光纤组件的电光特性曲线,即描绘 P_O - I_D 关系图,分析其线性范围。

2. LED 直流偏流与最大不失真调制幅度的关系测定

本实验要找出在不同的直流偏流 I_D 下电路能加载的不失真调制幅度的大小,同时找到 LED 发光电路最佳工作点和在此工作点下能加载的最大不失真信号幅度。实验时先接好音频信号通道、光通道,把光功率计打至“实验”挡。然后将音频发生器产生信号和 LED 调制信号输入双踪示波器观察。

调节音频信号发生器,使其输出信号峰-峰值为 1V,频率为 10kHz。接着把偏流加至 20mA,调节“LED 发射器”中的幅度调节旋钮,使加在电路上的音频信号由小变大,观察调制信号的波形及失真情况。记录偏流为 20mA 时最大不失真调制幅度的峰-峰值。分析观察到的现象,然后决定增大或减小偏流以找到最佳静态工作点 I_{DQ} 。实验时可调节音频信号幅度来检验新的工作点是否为 I_{DQ} ,若在示波器上能观察到调制信号同时出现截止和饱和失真(这时的偏置电流约为 66mA),则此时正处于最佳工作点。记录刚要同时出现两种失真现象时的偏流值 I_{DQ} 和调制信号峰-峰值 V_{DQ} ,则从电路方面考虑,通过 LED 的最佳工作电流和最大不失真交流幅度分别为 I_{DQ} 和 V_{DQ}/R_e (本仪器 $R_e=50\Omega$)。

3. 音频信号光纤传输系统幅频特性的测定

本实验的内容是要在光信号发送器处于正常工作状态时,研究音频信号光纤传输系统的幅频特性。实验前应先确定光信号发送器的正常工作范围。从实验原理和前两个实验内容可知:光信号发送器的正常工作是由 LED 的电光特性和 LED 发光电路时工作特

性决定的。若 LED 电光线性转化,发光电路信号传输无非线性失真,则光信号发送器已处于正常工作状态。利用前两个实验测得的实验结果,便可知道在不同直流偏流 I_D 下,要使光信号发送器正常工作,加载在电路中的调制幅度的可取范围。

实验按照内容 2 接线。实验时先将音频发生器输出信号峰-峰值调为 1V,偏流和调制信号幅度调节适当,以确保光信号发送器正常工作。然后将音频发生器输出信号频率依次调为 100Hz、500Hz、1kHz、5kHz、10kHz、15kHz、20kHz,用示波器观测由光纤传输的光信号转化成的音频电信号的波形和峰-峰值。由观测结果绘出音频信号光纤传输系统幅频特性曲线。

4. 语音信号的传送

将半导体收音机的信号接入发送器的输入端(在后面板上),通过后面板上的转换开关接收功放,输出端接上扬声器,实验整个音频信号光纤传输系统的音响效果。实验时可适当调节发送器 LED 的偏置电流,考察传输系统的听觉效果。

五、预习题

- (1) 音频信号传输系统由哪几部分组成,各部分的作用是什么?
- (2) SPD 为何工作在反向偏压或无偏压状态?

六、思考题

- (1) 本实验中 LED 偏置电流是如何影响信号传输质量的?
- (2) LED 和 SPD 与一般二极管的差异体现在什么地方?
- (3) 光传输系统中如何合理选择光源与探测器?

【注意事项】

(1) 光纤出厂前已经固定在骨架上,学生实验时务必小心,不要随意弯曲,以免光纤折断,更不要将光纤全部从骨架上取下来。

(2) 实验开始前以及实验结束时,应把 LED 发射器中的“幅度调节”和“偏流调节”电位器逆时针旋至最小。

(3) 实验中,光纤与发射器以及光纤与接收器接头插拔时应该注意不要用力过猛,以免损坏。

实验二 液晶电光效应综合实验

液晶是介于液体与晶体之间的一种物质状态。一般液体的内部分子排列是无序的,而液晶既具有液体的流动性,其分子又按一定的规律有序排列,使它呈现晶体的各向异性。当光通过液晶时,会产生偏振面旋转,双折射等效应。液晶分子是含有极性基团的极性分子,在电场作用下,偶极子会按电场方向取向,导致分子原有的排列方式发生变化,从而液晶的光学性质也会随之发生改变,这种因外电场引起的液晶光学性质的改变称为液晶的电光效应。

1888年,奥地利植物学家 Reinitzer 在做有机物溶解实验时,在一定的温度范围内观察到液晶。1961年美国 RCA 公司的 Heimeier 发现了液晶的一系列电光效应,并制成了显示器件。从 20 世纪 70 年代开始,日本的企业将液晶与集成电路技术结合,制成了一系列液晶显示器件,并至今在这一领域保持领先地位。液晶显示器件由于具有驱动电压低(一般为几伏),功耗极小,体积小,寿命长,环保无辐射等优点,在当今各种显示器件的竞争中独领风骚之势。

一、实验目的

(1) 在掌握液晶光开关的基本工作原理的基础上,测量液晶光开关的电光特性曲线,并由电光特性曲线得到液晶的阈值电压和关断电压。

(2) 测量驱动电压周期变化时,液晶光开关的时间响应曲线,并由时间响应曲线得到液晶的上升时间和下降时间。

(3) 测量由液晶光开关矩阵所构成的液晶显示器的视角特性以及在不同视角下的对比度,了解液晶光开关的工作条件。

(4) 了解液晶光开关构成图像矩阵的方法,学习和掌握这种矩阵所组成的液晶显示器构成文字和图形的显示模式,从而了解一般液晶显示器件的工作原理。

二、实验原理

1. 液晶光开关的工作原理

液晶的种类很多,仅以常用的 TN(扭曲向列)型液晶为例,说明其工作原理。

TN 型光开关的结构如图 2.1 所示。在两块玻璃板之间夹有正性向列相液晶,液晶分子的形状如同火柴一样,为棍状。棍的长度在十几埃($1\text{\AA} = 10^{-10}\text{m}$),直径为 $4\sim 6\text{\AA}$,液晶层厚度一般为 $5\sim 8\mu\text{m}$ 。玻璃板的内表面涂有透明电极,电极的表面预先做了定向处

理(可用软绒布朝一个方向摩擦,也可在电极表面涂取向剂),这样,液晶分子在透明电极表面就会躺倒在摩擦所形成的微沟槽里;电极表面的液晶分子按一定的方向排列,且上下电极上的定向方向相互垂直。上下电极之间的那些液晶分子因范德瓦斯力的作用,趋于平行排列。然而由于上下电极上液晶的定向方向相互垂直,所以从俯视方向看,液晶分子的排列从上电极的沿 -45° 方向排列逐步地、均匀地扭曲到下电极的沿 $+45^\circ$ 方向排列,整个扭曲了 90° ,如图 2.1 左侧所示。

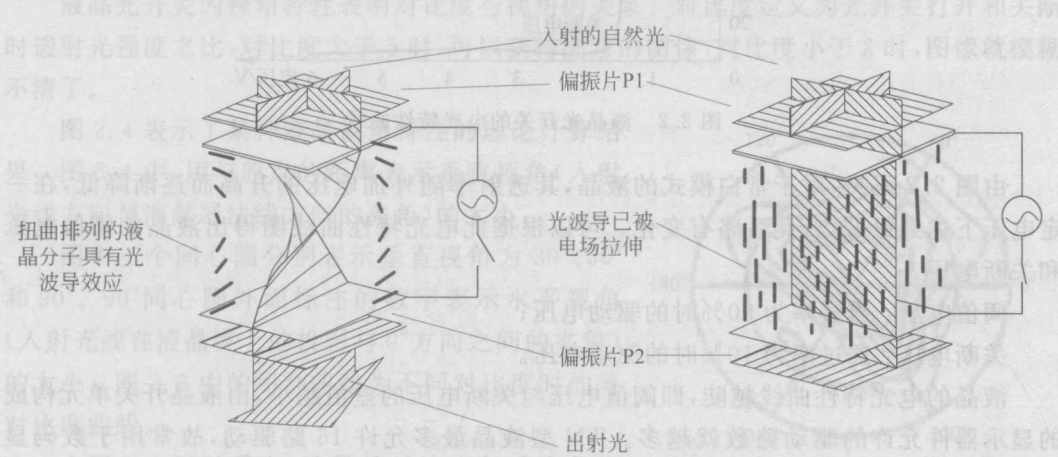


图 2.1 液晶光开关的工作原理

理论和实验都证明,上述均匀扭曲排列起来的结构具有光波导性质,即偏振光从上电极表面透过扭曲排列起来的液晶传播到下电极表面时,偏振方向会旋转 90° 。

取两张偏振片贴在玻璃的两面,P1 的透光轴与上电极的定向方向相同,P2 的透光轴与下电极的定向方向相同,于是 P1 和 P2 的透光轴互相正交。

在未加驱动电压的情况下,来自光源的自然光经过偏振片 P1 后只剩下平行于透光轴的线偏振光,该线偏振光到达输出面时,其偏振面旋转了 90° 。这时光的偏振面与 P2 的透光轴平行,因而有光通过。

在施加足够电压的情况下(一般为 $1\sim 2\text{V}$),在静电场的作用下,除了基片附近的液晶分子被基片“锚定”以外,其他液晶分子趋于平行于电场方向排列。于是原来的扭曲结构被破坏,成了均匀结构,如图 2.1 右侧所示。从 P1 透射出来的偏振光的偏振方向在液晶中传播时不再旋转,保持原来的偏振方向到达下电极。这时光的偏振方向与 P2 正交,因而光被关断。

由于上述光开关在没有电场的情况下让光透过,加上电场的时候光被关断,因此叫做常通型光开关,又叫做常白模式。若 P1 和 P2 的透光轴相互平行,则构成常黑模式。

液晶可分为热致液晶与溶致液晶。热致液晶在一定的温度范围内呈现液晶的光学各向异性,溶致液晶是溶质溶于溶剂中形成的液晶。目前用于显示器件的都是热致液晶,它的特性随温度的改变而有一定的变化。

2. 液晶光开关的电光特性

图 2.2 为光线垂直液晶面入射时本实验所用液晶的相对透射率(以不加电场时的透