

GUANGDIANZI JISHU SHIJIAN

光电子技术实践

黄思俞 著

3



厦门大学出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

GUANGDIANZI JISHU SHIJIAN

光电子技术实践

黄思俞 著



厦门大学出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位

图书在版编目(CIP)数据

光电子技术实践/黄思俞著. —厦门:厦门大学出版社, 2016. 4

ISBN 978-7-5615-6023-5

I. ①光… II. ①黄… III. ①光电子技术 IV. ①TN2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 078656 号

出版人 蒋东明

责任编辑 眭蔚

封面设计 李嘉彬

责任印制 许克华

出版发行 厦门大学出版社

社址 厦门市软件园二期望海路 39 号

邮政编码 361008

总编办 0592-2182177 0592-2181253(传真)

营销中心 0592-2184458 0592-2181365

网 址 <http://www.xmupress.com>

邮 箱 xmupress@126.com

印 刷 南平市武夷美彩印中心

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 12.5

字数 306 千字

版次 2016 年 4 月第 1 版

印次 2016 年 4 月第 1 次印刷

定价 35.00 元

本书如有印装质量问题请直接寄承印厂调换



厦门大学出版社
微信二维码



厦门大学出版社
微博二维码

前 言

光电子技术是光学、电子学和计算机科学知识的高度集中,是跨学科的边缘技术。特别是近年来,各种新型光电器件的出现,以及电子技术和微计算机技术的发展,使光电子技术的内容更加丰富,在家庭生活、工农业以及航天等各领域都得到了广泛应用。本书结合目前光电子技术的主要教学仪器设备而撰写,可作为高等院校光电子技术专业的实践教学用书。通过理论知识结合实践的交互式学习,提高学生的专业实践能力和动手能力。

全书共分为6章。第1章主要是有关光敏器件特性测试的实验,包含光敏电阻、光敏二极管、光敏三极管等主要光敏器件的内容。第2章为光电子技术基础应用实验,通过这些实验让学生了解和掌握光电子技术在家庭生活、工农业等各领域的基本应用。第3章为光电子技术创新综合设计实训,是在学生对各种光电器件有了一定了解之后,结合电子技术相关知识,自行设计电路解决实际问题,并进行元件安装和调试,有助于培养学生的创新和对知识的综合运用能力。第4章为CCD成像与图像处理技术实验,包括线阵CCD和面阵CCD的基本原理,以及利用线阵CCD和面阵CCD进行光电检测和图像处理等内容。第5章为LED与液晶显示技术实训,包括LED照明、LED图文显示和液晶显示技术。第6章为太阳能光伏发电实训,包括太阳能光伏发电、太阳能电池充电控制系统,以及220 V逆变器的组装及性能测试等内容。实训装置和内容均接近实际工程应用,学生在实训过程中可根据自己对太阳能光伏发电应用的理解,自行动手安装和调试。

本书在撰写过程中,得到了机电工程学院各位领导的关心和重视。武汉光弛科技有限公司提供的产品说明为本书的撰写提供了极大的帮助。本书在撰写过程中也广泛参考和吸收了其他老师提出的许多建设性意见。在此向他们表示衷心的感谢!

由于作者水平有限,错误和疏漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

作 者

2016年2月



目 录

第 1 章 光敏器件特性测试实验	1
1.1 光敏电阻的特性测试	1
1.2 光电二极管的特性测试	6
1.3 光电三极管的特性测试	12
1.4 硅光电池的特性测试	16
1.5 PIN 光电二极管的特性测试	24
1.6 APD 光电二极管的特性测试	31
1.7 色敏传感器的特性测试	37
1.8 光电倍增管的特性测试	39
第 2 章 光电子技术基础应用实验	50
2.1 光控开关测试及应用	50
2.2 热敏器件测试及应用	52
2.3 热释电器件测试及应用	57
2.4 光电耦合器测试及应用	62
2.5 PSD 位置传感器测试及应用	67
2.6 四象限探测器测试及应用	72
2.7 LED 物性综合测试	76
2.8 单片机及光电测距	82
2.9 AD 转换与数据采集	85
第 3 章 光电子技术创新综合设计实训	88
3.1 光照度功率计设计	88
3.2 光电报警器设计	91
3.3 红外遥控器设计	95
3.4 红外体温计设计	101
3.5 数字温度计设计	103
3.6 颜色识别系统设计	107
3.7 光纤烟雾报警系统设计	112
3.8 光纤位移测量系统设计	115
3.9 光纤微弯称重系统设计	119



第4章 CCD 成像与图像处理技术实验	123
4.1 线阵 CCD 原理及测距	123
4.2 面阵 CCD 原理及驱动	128
4.3 数据采集及图像增强处理	131
4.4 图像空间变换	134
4.5 图像信息点运算	137
4.6 图像边缘检测及尺寸测量	140
4.7 图像分割处理及颜色识别	143
第5章 LED 与液晶显示技术实训	148
5.1 大功率 LED 光源驱动	148
5.2 太阳能 LED 节能台灯	151
5.3 LED 图像及文字显示技术	155
5.4 LED 新型光源全彩技术	158
5.5 液晶显示技术实训	160
第6章 太阳能光伏发电实训	166
6.1 太阳能光伏发电实训说明	166
6.2 太阳能光伏发电实训	173
6.3 太阳能电池及充电器设计	181
6.4 220 V 逆变器的组装及性能测试	185
附录 光学单位	190



第1章 光敏器件特性测试实验

1.1 光敏电阻的特性测试

1.1.1 实验目的与要求

1. 掌握光敏电阻工作原理；
2. 掌握光敏电阻的基本特性；
3. 掌握光敏电阻特性测试的方法；
4. 了解光敏电阻的基本应用。

1.1.2 实验仪器与材料

光源驱动模块 1 个,负载模块 1 个,显示模块 1 个,直流稳压电源 1 台,光通路组件 1 套,光敏电阻及封装组件 1 套,光照度计 1 台,示波器 1 台,2# 迭插头对(红色,50 cm)10 根,2# 迭插头对(黑色,50 cm)10 根。

1.1.3 实验原理与方法

1. 光敏电阻的结构与工作原理

光敏电阻又称光导管,它几乎都是用半导体材料制成的光电器件。光敏电阻没有极性,纯粹是一个电阻器件,使用时既可加直流电压,也可以加交流电压。无光照时,光敏电阻值(暗电阻)很大,电路中电流(暗电流)很小。当光敏电阻受到一定波长范围的光照时,它的阻值(亮电阻)急剧减小,电路中电流迅速增大。一般希望暗电阻越大越好,亮电阻越小越好,此时光敏电阻的灵敏度高。实际上光敏电阻的暗电阻值一般在兆欧量级,亮电阻值在几千欧以下。

光敏电阻的结构很简单,图 1.1.1(a)为金属封装的硫化镉光敏电阻的结构图。在玻璃底板上均匀地涂上一层薄薄的半导体物质,称为光导层。半导体的两端装有金属电极,金属电极与引出线端相连接,光敏电阻就通过引出线端接入电路。为了防止周围介质的影响,在半导体光敏层上覆盖了一层漆膜,漆膜的成分应使它在光敏层最敏感的波长范围内透射率最大。为了提高灵敏度,光敏电阻的电极一般采用梳状图案,如图 1.1.1(b)所示。图 1.1.1(c)为光敏电阻的接线图。

2. 光敏电阻的主要参数

- (1)暗电阻:光敏电阻在不受光照射时的阻值称为暗电阻,此时流过的电流称为暗电流。
- (2)亮电阻:光敏电阻在受光照射时的电阻称为亮电阻,此时流过的电流称为亮电流。

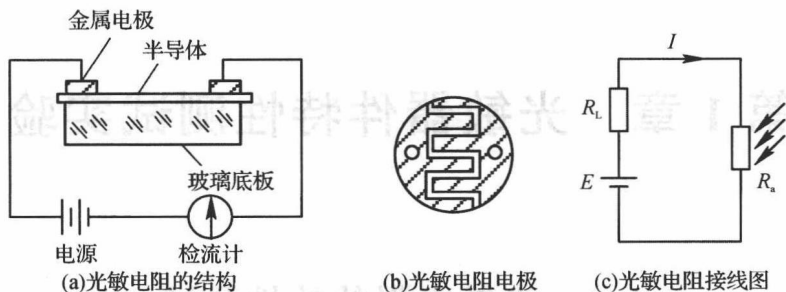


图 1.1.1 光敏电阻的结构图

(3) 光电流: 亮电流与暗电流之差称为光电流。

3. 光敏电阻的基本特性

(1) 伏安特性: 在一定照度下, 流过光敏电阻的电流与光敏电阻两端的电压的关系称为光敏电阻的伏安特性。在一定的电压范围内, 光敏电阻 $I-U$ 曲线为直线, 如图 1.1.2 所示。

(2) 光照特性: 光敏电阻的光照特性用来描述光电流 I 和光照强度之间的关系, 不同材料的光照特性是不同的, 绝大多数光敏电阻的光照特性是非线性的, 如图 1.1.3 所示。

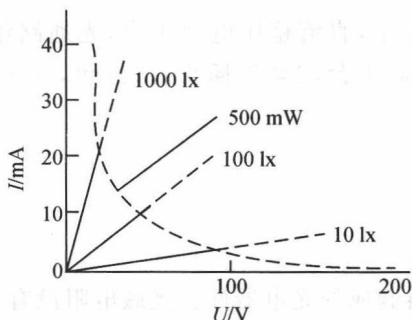


图 1.1.2 硫化镉光敏电阻的伏安特性

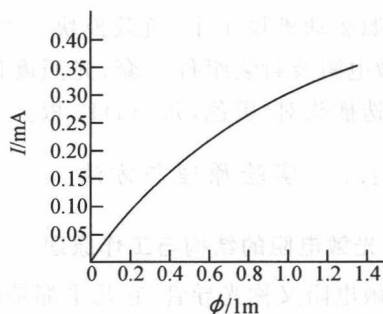


图 1.1.3 光敏电阻的光照特性

(3) 光谱特性: 光敏电阻对入射光的光谱具有选择作用, 即光敏电阻对不同波长的入射光有不同的灵敏度。光敏电阻的相对光灵敏度与入射波长的关系称为光敏电阻的光谱特性, 也称为光谱响应。图 1.1.4 为几种不同材料光敏电阻的光谱特性。对应于不同波长, 光敏电阻的灵敏度是不同的, 而且不同材料的光敏电阻光谱响应曲线也不同。

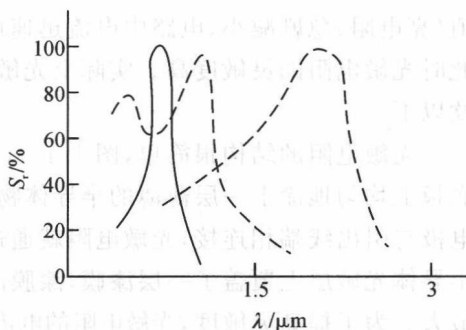


图 1.1.4 光敏电阻的光谱特性

(4) 时间特性: 实验证明, 光敏电阻的光电流不能随着光强改变而立刻变化, 即光敏电阻产生的光电流有一定的惰性, 这种惰性通常用时间常数表示。大多数的光敏电阻时间常数都较大, 这是它的缺点之一。不同材料的光敏电阻具有不同的时间常数(毫秒数量级), 因而它们的频



率特性也就各不相同,如图 1.1.5 所示。

1.1.4 实验内容与步骤

1. 光敏电阻的暗电阻、暗电流测试

(1)将光敏电阻完全置入黑暗环境中(将光敏电阻装入光通路组件,不通电即为完全黑暗),使用万用表测试光敏电阻引脚输出端,即可得到光敏电阻的暗电阻。(注意:由于光敏电阻个性差异,某些暗电阻可能大于 $200\text{ M}\Omega$,属于正常。)

(2)将精密直流稳压电源的两路“+5 V”“⊥”对应接到显示模块的“+5 V”“GND”,为显示表供电。

(3)将精密直流稳压电源的 $0\sim 15\text{ V}$ 输出的正负极与电压表头的输入对应相连,接通电源,将直流电压调到 12 V ,关闭电源,拆除导线。

(4)按照图 1.1.6 连接电路图,取 $R_L=10\text{ M}\Omega$ (R_L 从负载模块上选取)。

(5)接通电源,记录电压表的读数,使用欧姆定理 $I=U/R$ 得出支路中的暗电流值。(注意:在测量光敏电阻的暗电流时,应先将光敏电阻置于黑暗环境中 30 min 以上,否则电压表的读数会较长时间后才能稳定。)

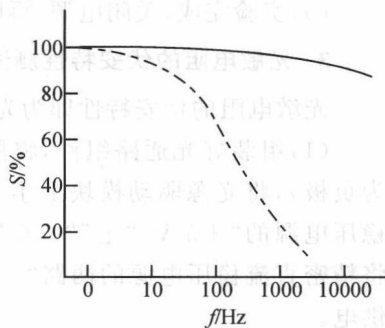
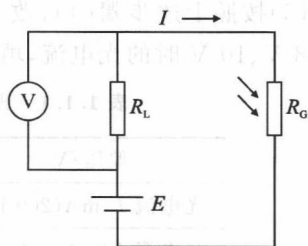


图 1.1.5 光敏电阻的频率特性



2. 光敏电阻的亮电阻、亮电流、光电阻、光电流测试

(1)组装好光通路组件,将照度计与照度计探头输出正负极对应相连(红为正极,黑为负极),将光源驱动模块上 J_1 与光通路组件光源接口用彩排数据线相连。将精密直流稳压电源的“+5 V”“⊥”“-5 V”对应接到光源驱动模块上的“+5 V”“GND”“-5 V”。将精密直流稳压电源的两路“+5 V”“⊥”对应接到显示模块的“+5 V”“GND”,为显示表供电。

(2)将三掷开关 BM_2 拨到“静态”,将拨位开关 S_1 拨上, $S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7$ 均拨下。

(3)接通电源,缓慢调节光照度调节电位器,直到光照为 300 lx (约为环境光照),用万用表测试光敏电阻引脚输出端,即可得到光敏电阻的亮电阻。

(4)将精密直流稳压电源的 $0\sim 15\text{ V}$ 输出的正负极与电压表头的输入对应相连,接通电源,将直流电压输出调到 12 V ,关闭电源,拆除导线。

(5)按图 1.1.7 连接电路图,取 $R_L=5.1\text{ k}\Omega$ 。 U 为电压表,微安表为电流表, E 为直流电压。

(6)接通电源,记录此时电流表的读数,即为光敏电阻在 300 lx 的亮电流。

(7)亮电阻与暗电阻之差即为光电阻,光电阻越大,灵敏度越高。

(8)亮电流与暗电流之差即为光电流,光电流越大,灵敏度越高。

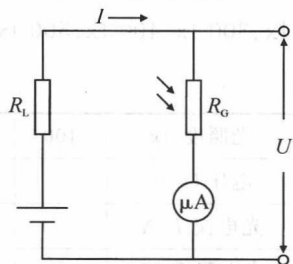


图 1.1.7 光敏电阻测量电路



(9)实验完成,关闭电源,拆除各导线。

3. 光敏电阻的伏安特性测试

光敏电阻的伏安特性即为光敏电阻两端所加的电压与光电流之间的关系。

(1)组装好光通路组件,将照度计与照度计探头输出正负极对应相连(红为正极,黑为负极),将光源驱动模块上 J_1 与光通路组件光源接口用彩排数据线相连。将精密直流稳压电源的“+5 V”“ $\perp$ ”“-5 V”对应接到光源驱动模块上的“+5 V”“GND”“-5 V”。将精密直流稳压电源的两路“+5 V”“ $\perp$ ”对应接到显示模块的“+5 V”“GND”,为显示表供电。

(2)将三掷开关 BM_2 拨到“静态”,将拨位开关 S_1 拨上, $S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7$ 均拨下。

(3)按照图 1.1.7 连接电路, U 为电压表,微安表为电流表, E 选择 0~15 V 直流电压并调至最小,取 $R_L = 510 \Omega$ (负载模块上取)。

(4)接通电源,将光照度设置为 200 lx 不变,调节电源电压,分别测得电压表显示为 0 V、2 V、4 V、6 V、8 V、10 V 时的光电流,填入表 1.1.1。

(5)按照上述步骤(4),改变光源的光照度为 400 lx,分别测得偏压为 0 V、2 V、4 V、6 V、8 V、10 V 时的光电流,填入表 1.1.1。

表 1.1.1 光照度分别为 200 lx 和 400 lx 时的光电流与偏压

偏压/V	0	2	4	6	8	10
光电流 I/mA (200 lx)						
光电流 I/mA (400 lx)						

(6)根据表中所测得的数据,在同一坐标轴中作出 $V-I$ 曲线,并进行分析比较。

4. 光敏电阻的光电特性测试

在一定的电压作用下,光敏电阻的光电流与光照度的关系称为光电特性。

(1)组装好光通路组件,将照度计与照度计探头输出正负极对应相连(红为正极,黑为负极),将光源驱动模块上 J_1 与光通路组件光源接口用彩排数据线相连。将精密直流稳压电源的“+5 V”“ $\perp$ ”“-5 V”对应接到光源驱动模块上的“+5 V”“GND”“-5 V”。将精密直流稳压电源的两路“+5 V”“ $\perp$ ”对应接到显示模块的“+5 V”“GND”,为显示表供电。

(2)将三掷开关 BM_2 拨到“静态”,将拨位开关 S_1 拨上, $S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7$ 均拨下。

(3)按照图 1.1.7 连接电路,取 $R_L = 100 \Omega$ 。

(4)接通电源,将电压设置为 8 V 不变,调节光照度电位器,依次测试出光照度在 100 lx、200 lx、300 lx、400 lx、500 lx、600 lx、700 lx、800 lx、900 lx 时的光电流,填入表 1.1.2。

表 1.1.2 不同光照度与光电阻

光照度/lx	100	200	300	400	500	600	700	800	900
电压 U/V									
光电流 I/A									
光电阻 R/Ω									



(5) 根据测试所得到数据, 描出光敏电阻的光电特性曲线。

5. 光敏电阻的光谱特性测试

用不同的材料制成的光敏电阻有着不同的光谱特性, 当不同波长的入射光照到光敏电阻的光敏面上时, 光敏电阻就有不同的灵敏度。

(1) 组装好光通路组件, 将照度计与照度计探头输出正负极对应相连(红为正极, 黑为负极), 将光源驱动模块上 J_1 与光通路组件光源接口用彩排数据线相连。将精密直流稳压电源的“+5 V”“ $\perp$ ”“-5 V”对应接到光源驱动模块上的“+5 V”“GND”“-5 V”。将精密直流稳压电源的两路“+5 V”“ $\perp$ ”对应接到显示模块的“+5 V”“GND”, 为显示表供电。

(2) 将三掷开关 BM_2 拨到“静态”, 将拨位开关 S_1 拨上, $S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7$ 均拨下。

(3) 接通电源, 缓慢调节光照度调节电位器到最大, 将 $S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7$ 依次拨上后拨下, 记录照度计所测数据, 并将最小值 E 作为参考。(注意: 请不要同时将两个拨位开关拨上。)

(4) 将 S_2 拨上, 缓慢调节光照度调节电位器直到照度计显示为 E , 使用万用表测试光敏电阻的输出端, 将测试所得的数据填入下表, 再将 S_2 拨下。

(5) 依次将 S_3, S_4, S_5, S_6, S_7 拨上后拨下, 分别测试出橙光、黄光、绿光、蓝光、紫光在光照度 E 时光敏电阻的阻值, 填入表 1.1.3。

表 1.1.3 不同入射光波长与光电阻

波长/nm	红(630)	橙(605)	黄(585)	绿(520)	蓝(460)	紫(400)
光电阻/ Ω						

(6) 根据所测试得到的数据, 作出光敏电阻的光谱特性曲线。(注意: 不同的光敏电阻曲线略有不同, 属正常现象, 峰值在蓝光附近。)

6. 光敏电阻的时间特性测试

(1) 组装好光通路组件, 将照度计与照度计探头输出正负极对应相连(红为正极, 黑为负极), 将光源驱动模块上 J_1 与光通路组件光源接口用彩排数据线相连。将精密直流稳压电源的“+5 V”“ $\perp$ ”“-5 V”对应接到光源驱动模块上的“+5 V”“GND”“-5 V”。将精密直流稳压电源的两路“+5 V”“ $\perp$ ”对应接到显示模块的“+5 V”“GND”, 为显示表供电。

(2) 将三掷开关 BM_2 拨到“脉冲”, 将拨位开关 S_1 拨上, $S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7$ 均拨下。

(3) 按图 1.1.7 连接电路, 取 $R_L = 10 \text{ k}\Omega$, 示波器的测试点应为光敏电阻两端, 为了测试方便, 可把示波器的测试点用选插头对引至光源驱动模块上信号测试区的 TP_1 和 TP_2 。

(4) 接通电源, 白光对应的发光二极管亮, 其余的发光二极管不亮。缓慢调节 0~15 V 直流电源电位器, 用示波器的第一通道接 TP 和 GND(即为输入的脉冲光信号), 用示波器的第二通道接 TP_1 和 TP_2 。

(5) 观察示波器两个通道信号的变化, 并作出实验记录(描绘出两个通道的 $U-T$ 曲线)。

(6) 缓慢增大输入脉冲的信号宽度, 观察示波器两个通道信号的变化, 并作出实验记录(描绘出两个通道的 $U-T$ 曲线), 拆去导线, 关闭电源。

1.1.5 注意事项

1. 实验之前, 请仔细阅读光电探测综合实验仪说明, 弄清实验箱各部分的功能及拨位



开关的意义；

2. 当电压表和电流表显示为“1__”时,说明超过量程,应更换为合适量程;
3. 连线之前必须关闭电源;
4. 实验过程中,请勿同时拨开两种或两种以上的光源开关,这样会造成实验所测试的数据不准确。

1.1.6 思考与分析题

1. 为什么当光敏电阻所受光强发生改变时,光电流要经过一段时间才能达到稳态值,光照突然消失时光电流也不立刻为零?
2. 什么叫光敏电阻的光谱特性以及频率特性? 如何研究?

1.2 光电二极管的特性测试

1.2.1 实验目的与要求

1. 掌握光电二极管的工作原理;
2. 掌握光电二极管的基本特性;
3. 掌握光电二极管特性测试的方法;
4. 了解光电二极管的基本应用。

1.2.2 实验仪器与材料

光源驱动模块 1 个,负载模块 1 个,显示模块 1 个,直流稳压电源 1 台,光通路组件 1 套,光电二极管及封装组件 1 套,光照度计 1 台,2# 选插头对(红色,50 cm)10 根,2# 选插头对(黑色,50 cm)10 根,示波器 1 台。

1.2.3 实验原理与方法

光电二极管的结构和普通二极管相似,只是它的 PN 结装在管壳顶部,光线通过透镜制成的窗口,可以集中照射在 PN 结上,图 1.2.1(a)是其结构示意图。光敏二极管在电路中通常处于反向偏置状态,如图 1.2.1(b)所示。

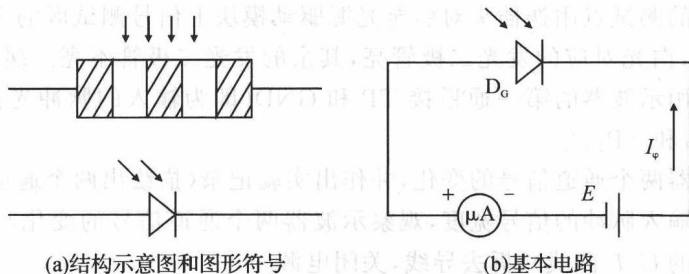


图 1.2.1 光电二极管

PN 结加反向电压时,反向电流的大小取决于 P 区和 N 区中少数载流子的浓度,无光照



时P区中少数载流子(电子)和N区中的少数载流子(空穴)都很少,因此反向电流很小。但是当光照射PN结时,只要光子能量 $h\nu$ 大于材料的禁带宽度,就会在PN结及其附近产生光生电子-空穴对,从而使P区和N区少数载流子浓度大大增加,它们在外加反向电压和PN结内电场作用下定向运动,分别在两个方向上渡越PN结,使反向电流明显增大。如果入射光的照度改变,光生电子-空穴对的浓度将相应变动,通过外电路的光电流强度也会随之变动,光敏二极管就把光信号转换成了电信号。

1.2.4 实验内容与步骤

1. 光电二极管的暗电流测试

光电二极管的暗电流测试装置原理框图如图1.2.2所示。在实际操作过程中,光电二极管和光电三极管的暗电流非常小,只有nA数量级,因而对电流表的要求较高。本实验中,采用电路中串联大电阻的方法,将图1.2.2中的 R_L 改为 $R_L=20\text{ M}\Omega$,再利用欧姆定律计算出支路中的电流,即为所测器件的暗电流 $I=U/R_L$,如图2.2.2所示。

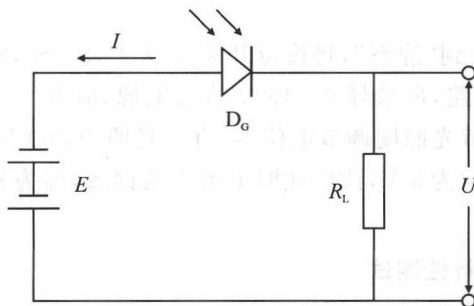


图 1.2.2 光电二极管的暗电流测量电路

(1) 组装好光通路组件,将照度计与照度计探头输出正负极对应相连(红为正极,黑为负极),将光源驱动模块上 J_1 与光通路组件光源接口用彩排数据线相连。将精密直流稳压电源的“+5 V”“ $\perp$ ”“-5 V”对应接到光源驱动模块上的“+5 V”“GND”“-5 V”。将精密直流稳压电源的两路“+5 V”“ $\perp$ ”对应接到显示模块的“+5 V”“GND”,为显示表供电。

(2) 将三掷开关 BM_2 拨到“静态”,将拨位开关 S_1 拨上, $S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7$ 均拨下。

(3) 将精密直流稳压电源的0~15 V输出的正负极与电压表头的输入对应相连,接通电源,将直流电流调到15 V,关闭电源,拆除导线。

(4) “光照度调节”调到最小,连接好光照度计,直流电源调至最小,打开照度计,此时照度计的读数应为0。(注意:在下面的实验操作中请不要动电源调节电位器,以保证直流电源输出电压不变。)

(5) 按图1.2.2连接电路,负载 R_L 选择 $R_L=20\text{ M}\Omega$ 。

(6) 打开电源开关,等电压表读数稳定后测得负载电阻 R_L 上的压降 V ,则暗电流 $I=V/R_L$,所得的暗电流即为偏置电压在15 V时的暗电流。(注意:在测试暗电流时,应先将光电器件置于黑暗环境中30 min以上,否则测试过程中电压表需一段时间后才可稳定。)

2. 光电二极管的光电流测试

光电二极管光电流测试装置原理如图1.2.3所示。

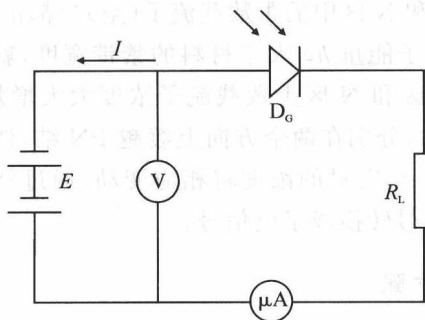


图 1.2.3 反向偏压时光电二极管测量电路

(1) 组装好光通路组件, 将照度计与照度计探头输出正负极对应相连(红为正极, 黑为负极), 将光源驱动模块上 J_1 与光通路组件光源接口用彩排数据线相连。将精密直流稳压电源的“+5 V”“ $\perp$ ”“-5 V”对应接到光源驱动模块上的“+5 V”“GND”“-5 V”。将精密直流稳压电源的两路“+5 V”“ $\perp$ ”对应接到显示模块的“+5 V”“GND”, 为显示表供电。

(2) 将三掷开关 BM_2 拨到“静态”, 将拨位开关 S_1 拨上, $S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7$ 均拨下。

(3) 按图 1.2.3 连接电路, E 选择 0~15 V 直流电源, 取 $R_L = 1 \text{ k}\Omega$ 。

(4) 接通电源, 缓慢调节光照度调节电位器, 直到光照为 300 lx (约为环境光照), 缓慢调节直流电源直至电压表显示为 6 V, 读出此时电流表的读数, 即为光电二极管在偏压 6 V, 光照 300 lx 时的光电流。

3. 光电二极管的光照特性测试

光电二极管的光照特性测试装置原理如图 1.2.3 所示。

(1) 组装好光通路组件, 将照度计与照度计探头输出正负极对应相连(红为正极, 黑为负极), 将光源驱动模块上 J_1 与光通路组件光源接口用彩排数据线相连。将精密直流稳压电源的“+5 V”“ $\perp$ ”“-5 V”对应接到光源驱动模块上的“+5 V”“GND”“-5 V”。将精密直流稳压电源的两路“+5 V”“ $\perp$ ”对应接到显示模块的“+5 V”“GND”, 为显示表供电。

(2) 将三掷开关 BM_2 拨到“静态”, 将拨位开关 S_1 拨上, $S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7$ 均拨下。

(3) 按图 1.2.3 连接电路, E 选择 0~15 V 直流电源, 负载 R_L 选择 $R_L = 1 \text{ k}\Omega$ 。

(4) 将“光照度调节”旋钮逆时针调至最小值, 接通电源, 调节直流电源电位器, 直到显示值为 8 V 左右。顺时针调节光照度调节旋钮, 增大光照度值, 将不同照度下对应的光生电流值填入表 1.2.1。若电流表或照度计显示为“1__”, 说明超出量程, 应改为合适的量程再测试。

表 1.2.1 加反向偏压和零偏压时的光电流与光照度

光照度/lx	0	100	300	500	700	900
光电流/ μA (有反向偏压)						
光电流/ μA (无反向偏压)						



(5) 将“光照度调节”旋钮逆时针调节到最小值位置后关闭电源。

(6) 将以上连接的电路改为如图 1.2.4 连接(即零偏压)。

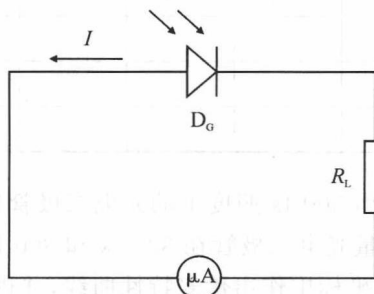


图 1.2.4 零偏压的光电二极管测量电路

(7) 接通电源,顺时针调节光照度旋钮,增大光照度值,分别记下不同照度下对应的光生电流值,填入表 1.2.1。若电流表或照度计显示为“1__”,说明超出量程,应改为合适的量程再测试。

(8) 根据上面两表中的实验数据,在同一坐标轴中作出两条曲线,并进行比较。

4. 光电二极管的伏安特性

光电二极管的伏安特性测量原理如图 1.2.5 所示。

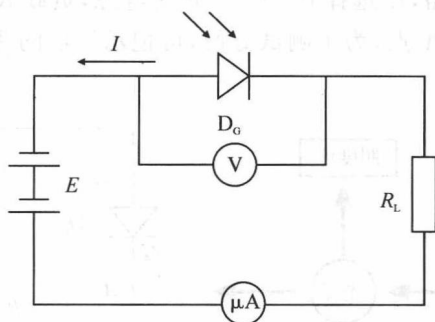


图 1.2.5 反向偏压的光电二极管测量电路

(1) 组装好光通路组件,将照度计与照度计探头输出正负极对应相连(红为正极,黑为负极),将光源驱动模块上 J_1 与光通路组件光源接口用彩排数据线相连。将精密直流稳压电源的“+5 V”“⊥”“-5 V”对应接到光源驱动模块上的“+5 V”“GND”“-5 V”。将精密直流稳压电源的两路“+5 V”“⊥”对应接到显示模块的“+5 V”“GND”,为显示表供电。

(2) 将三掷开关 BM_2 拨到“静态”,将拨位开关 S_1 拨上, $S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7$ 均拨下。

(3) 按图 1.2.5 连接电路, E 选择 0~15 V 直流电源,负载 R_L 选择 $R_L = 2 \text{ k}\Omega$ 。

(4) 接通电源,顺时针调节照度调节旋钮,使照度值为 500 lx,保持光照度不变,调节可调直流电源电位器,记录反向偏压分别为 0 V、2 V、4 V、6 V、8 V、10 V、12 V 时电流表的读数,填入表 1.2.2。(注意:直流电源不可高于 20 V,以免烧坏光电二极管。)



表 1.2.2 光电二极管的伏安特性

偏压/V	0	-2	-4	-6	-8	-10	-12
光电流/ μA (500 lx)							
光电流/ μA (300 lx)							
光电流/ μA (800 lx)							

(5)根据上述实验结果,作出 500 lx 照度下的光电二极管伏安特性曲线。

(6)重复上述步骤,分别测量光电二极管在 300 lx 和 800 lx 照度下,不同偏压下的光生电流值,填入表 1.2.2。在同一坐标中作出伏安特性曲线,并进行比较。

5. 光电二极管的时间响应特性测试

(1)组装好光通路组件,将照度计与照度计探头输出正负极对应相连(红为正极,黑为负极),将光源驱动模块上 J_1 与光通路组件光源接口用彩排数据线相连。将精密直流稳压电源的“+5 V”“ $\perp$ ”“-5 V”对应接到光源驱动模块上的“+5 V”“GND”“-5 V”。将精密直流稳压电源的两路“+5 V”“ $\perp$ ”对应接到显示模块的“+5 V”“GND”,为显示表供电。

(2)将三掷开关 BM_2 拨到“脉冲”,将拨位开关 S_1 拨上, $S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7$ 均拨下。

(3)按图 1.2.6 连接电路, E 选择 0~15 V 直流电源,负载 R_L 选择 $R_L = 200 \text{ k}\Omega$ 。

(4)示波器的测试点为 A 点,为了测试方便,可把示波器的测试点用选插头对引至信号测试区的 TP_1 和 TP_2 。

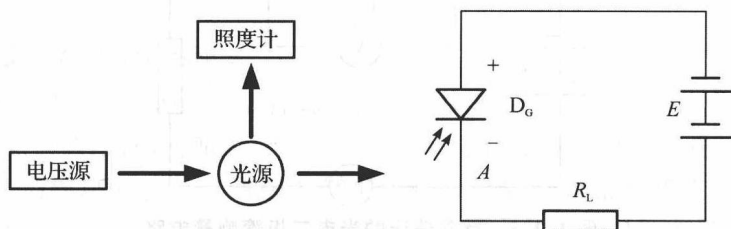


图 1.2.6 光电二极管时间响应特性测试

(5)接通电源,白光对应的发光二极管亮,其余的发光二极管不亮。用示波器的第一通道接 TP 和 GND(即输入的脉冲光信号),用示波器的第二通道接 TP_1 和 TP_2 。

(6)观察示波器两个通道信号,缓慢调节直流电源幅度调节和光照度调节电位器直到示波器上观察到信号清晰为止,并作出实验记录(描绘出两个通道波形)。

(7)缓慢调节脉冲宽度调节电位器,增大输入信号的脉冲宽度,观察示波器两个通道信号的变化,作出实验记录(描绘出两个通道的波形)并进行分析。

6. 光电二极管的光谱特性测试

当不同波长的入射光照到光电二极管上时,光电二极管就有不同的灵敏度。本实验仪采用高亮度 LED(白、红、橙、黄、绿、蓝、紫)作为光源,产生 400~630 nm 离散光谱。

光谱响应度是光电探测器对单色入射辐射的响应能力,定义为在波长 λ 的单位入射功率的照射下,光电探测器的输出电压或电流。即:



$$u(\lambda) = \frac{U(\lambda)}{P(\lambda)} \text{ 或 } i(\lambda) = \frac{I(\lambda)}{P(\lambda)}$$

式中, $P(\lambda)$ 为波长为 λ 时的入射光功率; $U(\lambda)$ 为光电探测器在入射光功率 $P(\lambda)$ 作用下的输出电压; $I(\lambda)$ 则为光电探测器在入射光功率 $P(\lambda)$ 作用下的输出电流。

本实验所采用的方法是基准探测器法, 在相同光功率的辐射下有

$$R(\lambda) = \frac{UK}{U_f} f(\lambda)$$

式中, $R(\lambda)$ 光谱响应度, U 为输出电压, U_f 为基准探测器显示的电压, K 为基准电压的放大倍数, $f(\lambda)$ 为基准探测器的响应度。在测试过程中, U_f 取相同值, 则实验所测试的响应度由 $Uf(\lambda)$ 确定。图 1.2.7 为基准探测器的光谱响应曲线。

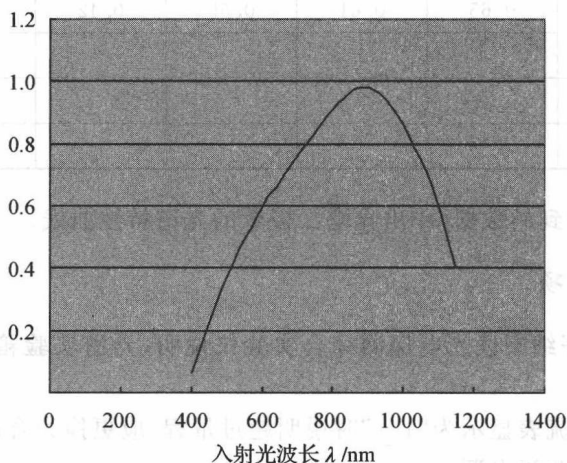


图 1.2.7 基准探测器的光谱响应曲线

(1) 组装好光通路组件, 将照度计与照度计探头输出正负极对应相连(红为正极, 黑为负极), 将光源驱动模块上 J_1 与光通路组件光源接口用彩排数据线相连。将精密直流稳压电源的“+5 V”“⊥”“-5 V”对应接到光源驱动模块上的“+5 V”“GND”“-5 V”。将精密直流稳压电源的两路“+5 V”“⊥”对应接到显示模块的“+5 V”“GND”, 为显示表供电。

(2) 将三掷开关 BM_2 拨到“静态”, 将拨位开关 S_1 拨上, $S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7$ 均拨下。

(3) 将 0~15 V 直流电源输出调节到 10 V, 关闭电源。

(4) 按图 1.2.8 连接电路, E 选择 0~15 V 直流电源, 取 $R_L = 100 \text{ k}\Omega$ 。

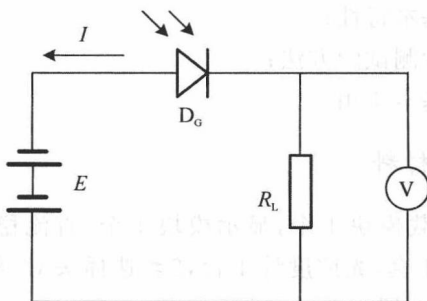


图 1.2.8 光电二极管光谱特性测试