

实验 8 光敏二极管、光敏三极管特性测量

引言

光敏二极管和光敏三极管是光电转换半导体器件，是光电元件中的核心元件，是光电系统的重要组成部分，与光敏电阻相比具有灵敏度高、高频性能好、可靠性好、体积小以及使用方便等优点，在工农业生产中、科学研究中和军事上的应用十分广泛。光敏二极管和光敏三极管的研究对科学发展、国民经济的繁荣、国家安全均具有极其重大的现实意义。

一、实验目的

- 1、了解光敏二极管、光敏三极管的工作原理特性。
- 2、了解光敏二极管、光敏三极管的测试电路。
- 3、学习光敏二极管、光敏三极管的特性测试方法。
- 4、学习光敏二极管、光敏三极管的极性识别方法。

二、实验原理

1、光敏二极管

光敏二极管与半导体二极管在结构上是类似的，其管芯是一个具有光敏特征的 PN 结，具有单向导电性，因此工作时需加上反向电压。无光照时，有很小的饱和反向漏电流，即暗电流，此时光敏二极管截止。当受到光照时，饱和反向漏电流大大增加，形成光电流，它随入射光强度的变化而变化。图 8.1 是光敏二极管结构示意图，当 PN 结处于反向偏置时，在无光照时具有高阻特性，反向暗电流很小；当光照时，结区产生电子-空穴对，在结电场作用下，电子向 N 区运动，空穴向 P 区运动形成光电流，方向与反向电流一致，光的照度愈大，光电流愈大。由于无光照时的反向暗电流很小，因此光照时的反向电流基本上与光强成正比。

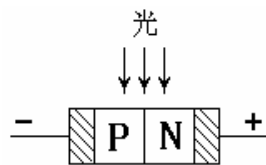


图 8.1 光敏二极管结构示意图

2、光敏三极管

光敏三极管是具有 NPN 或 PNP 结构的半导体管，结构与普通三极管类似，但它的引出电极通常只有两个。光敏三极管的结构与工作电路如图 8.2 所示，集电极接正电压，发射极接负电压，它可以看成是一个 bc 结为光敏二极管的三极管，不同之处是光敏三极管必须有一个对光敏感的 PN 结作为感光面，一般用集电极作为感光面，入射光主要被面积做得较大的基区所吸收。当入射光子在基区及集电区被吸收而产生电子-空穴对时，便形成光生电压，由此产生的光生电流由基极进入发射极，从而在集电极回路中得到一个放大的信号电流。它比光敏二极管具有更高的灵敏度。光敏二极管和光敏三极管均用硅或锗制成，由于硅器件暗电流小、温度系数小，又便于用平面工艺大量生产，尺寸易于精确控制，因此硅光敏器件比锗光敏器件更为普通。

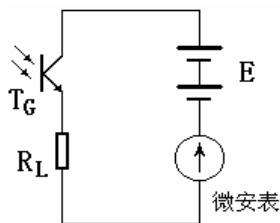


图 8.2 光敏三极管测试电路

三、实验仪器

CSY10G 型光电传感器系统实验仪，我们仅选择如下部件：光敏二极管、光敏三极管、直流稳压电源、负载电阻、光源（高亮度卤钨灯、激光器和各种发光二极管）、遮光罩、试件插座、电路面板、连接导线、电吹风、秒表和万用表等。本实验使用的 CSY10G 型光电传感器系统实验仪，其特点是将各种光电传感器、被测体、信号源、仪表显示、信号采集、处理电路及实验所需的温度、位移、光源、旋转装置集中于一体，可以方便地对多种光电传感器进行光谱特性、光电特性以及温度特性等的测试。并可根据实验原理自主开发出更多的实验内容。实验仪主要由实验工作台、信号控制及仪表显示、图象和数据采集、光电转换/处理电路组成。CSY10G 型光电传感器系统实验仪的详细介绍见附录。

四、实验内容和操作方法

- 1、判断光敏二极管极性，方法是用万用表欧姆 20M 测试档，测得管阻小的时候红表笔端触脚为正极，黑表笔端触脚为负极。
- 2、按图 8.3 所示电路图接线，注意光敏二极管是工作在反向工作电压区的，可用稳压电源上的 $\pm 10V$ 或 $\pm 12V$ 电源。
- 3、光敏二极管暗电流测试，用遮光罩罩住光电器件模板，电路中反向工作电压接 $\pm 12V$ ，打开电源，微安表显示的电流值即为暗电流，或用万用表 200mV 档测得负载电阻 R_L 上的压降 $V_{\text{暗}}$ ，则暗电流 $I_{\text{暗}}=V_{\text{暗}}/R_L$ 。在试件插座上更换其它光敏二极管（五个以上）进行暗电流测试比较（列表格记录实验数据）。
- 4、光敏二极管光电流测试，取走遮光罩，读出微安表上的电流值，或是用万用表 200 mV 档测得 R_L 上的电压降 $V_{\text{光}}$ ，光电流 $I_{\text{光}}=V_{\text{光}}/R_L$ 。
- 5、伏安特性测试，光敏二极管在给定的光照强度与工作电压下，记录下所测得的工作电压 V_{ce} 与工作电流（仅对一个光敏二极管研究即可，列表格记录实验数据），工作电压可从 $\pm 4V \sim \pm 12V$ 变换，并作出一组 V/I 曲线。
- 6、光敏二极管光谱特性测试，不同材料制成的光敏二极管对不同波长的入射光反应灵敏度是不同的。用备用的各色发光二极管、卤钨灯、激光照射光敏二极管（至少选择五种光源），分别测得光电流并加以比较（列表格记录实验数据）。同时，要尽量保证在相同的条件下（比如光源到光敏二极管有相同的距离，相同的光照强度等）进行实验。
- 7、判断光敏三极管 C、E 极性，方法是用万用表欧姆 20M 测试档，测得管阻小的时候红表笔端触脚为 C 极，黑表笔端触脚为 E 极。
- 7、光敏三极管暗电流测试，按图 8.2 所示电路图接线，稳压电源用 $\pm 12V$ ，调整负载电阻 R_L 阻值，使光敏器件模板被遮光罩罩住时微安表显示有电流，这即是光敏三极管的暗电流，或是测得负载电阻 R_L 上的压降 $V_{\text{暗}}$ ，暗电流 $I_{\text{暗}}=V_{\text{暗}}/R_L$ 。在试件插座上更换其它光敏三极管（五个以上）进行暗电流测试比较（列表格记录实验数据）。
- 8、光敏三极管光电流测试，取走遮光罩，即可测得光电流 $I_{\text{光}}$ 。通过实验比较可以看出，光敏三极管与光敏二极管相比能把光电流放大更大的倍数，具有更高的灵敏度（列表格进行比较）。
- 10、光敏三极管伏安特性测试，光敏三极管在给定的光照强度与工作电压下，将所测得的工作电压 V_{ce} 与工作电流记录下来（列表格记录实验数据），工作电压可从 $\pm 4V \sim \pm 12V$ 变换，并作出一组 V/I 曲线。
- 11、光敏三极管光谱特性测试，对于一定材料和工艺制成的光敏管，必须对一定波长的入射

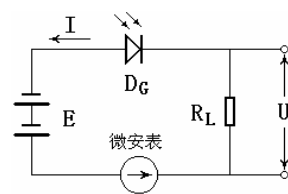


图 8.3 光敏二极管测试电路

光才有响应。按图 8.2 接好光敏三极管测试电路,参照光敏二极管的光谱特性测试方法,分别用各种光源照射光敏三极管(至少选择五种光源),测得光电流(列表格记录实验数据),并做出定性的结论。

- 12、光敏三极管光电特性测试,在外加工作电压恒定的情况下,照射光通量与光电流的关系见图 8.4,用各种光源(光源由试验者自己选择,至少选五种光源)改变光强来照射光敏三极管,记录光电流的变化的趋势(列表格记录实验数据)。

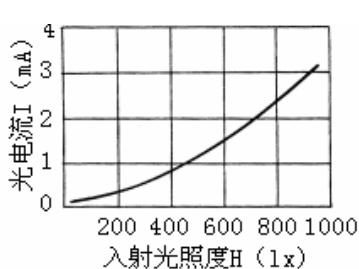


图 8.4 光敏三极管的特性曲线

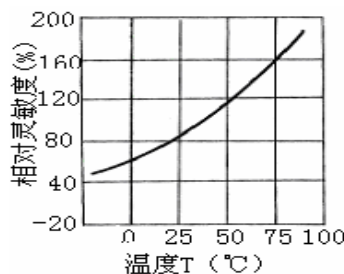


图 8.5 光敏三极管的温度特性曲线

- 13、光敏三极管温度特性测试,光敏三极管的温度特性曲线如图 8.5 所示。试在图 8.2 的电路中,加热光敏三极管(电吹风作为加热源,控制喷嘴到光敏三极管的距离,通过增加加热时间来逐渐升高光敏三极管的温度),观察并记录光电流随温度升高的变化情况,得出定性结论。
- 14、仪器使用完毕,关掉电源,应及时整理好仪器及相关器材,并把实验记录做完整。

五、注意事项

- 1、仪器使用前应对各项传感器、公共电路进行检查,实验连接线是否完好,实验中应避免电源之间相互短路。
- 2、按照电路图连接电路,确认无误后再开启电源。
- 3、请特别注意:发光二极管限流电阻一定不能太小,否则将损坏发光源。
- 4、请特别注意:电吹风作为加热源时,由于吹出的热风温度很高,不能近距离、长时间加热电路以免烧坏电路元件,实验时加热十分钟即可看到温度对光敏三极管的影响。
- 5、请特别注意:固体激光器插头不要插入 CCD 电源插孔,否则会烧坏激光器。
- 6、调节旋钮时不宜用力过猛,尤其在旋钮的极端位置时更应注意,否则易使旋钮错位或损坏。发现仪器工作不正常,或出现故障,不得随意拆卸修理,应请指导老师来处理。
- 7、光电实验仪器在实验时应注意背景光的影响,必要时有些实验应在暗光下进行。请注意当高亮度光源打开时对仪器有一定的干扰,特别是在小信号数据采集时应避免开灯。

六、预习要求

根据实验内容,查阅《半导体光电子技术》,《传感器原理及应用》等文献资料,了解光敏二极管光敏三极管的结构特点;熟悉光敏二极管光敏三极管的基本特性,工作原理等内容;掌握光电探测的应用。

七、思考题

- 1、说明用万用表识别光敏二极管、光敏三极管极性的工作原理是什么?

-
- 2、光敏二极管的反向饱和电流与外加反向电压有关吗？为什么？
 - 3、光敏三极管的输出特性曲线为什么不是水平的？
 - 4、光敏三极管工作的原理与半导体三极管相似，为什么光敏三极管有两根引出电极就可以正常工作？
 - 5、请列举二到三个发光二极管、发光三极管应用的具体装置（可查阅科技文献、参考书籍，浏览网页或实际遇到的装置等），并简要介绍所列举的装置的工作原理。