

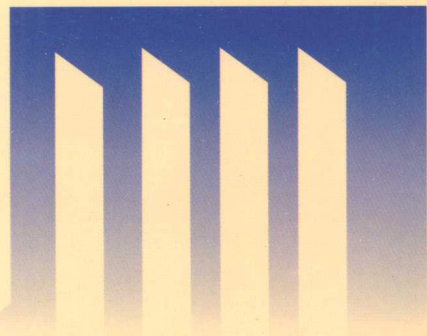


军队“2110工程”建设项目 信息安全技术

装备信息技术概论

ZHUANGBEI XINXI JISHU GAILUN

王明俊 张树才 陈广旭 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

军队“2110 工程”建设项目 信息安全技术

装备信息技术概论

王明俊 张树才 陈广旭 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书内容涵盖了武器装备技术中涉及到的主要信息技术,从基础的电子传感器原理到具体的信息装备原理。具体内容为:传感器与测量技术、计算机技术、军事通信、军用雷达、水声传感与声学武器、导航与定位技术、电子对抗、传统武器中的信息技术等。

本书不仅适合部队院校作为培训教材,也适合相关领域的科研技术人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

装备信息技术概论 / 王明俊, 张树才, 陈广旭编著.

北京: 国防工业出版社, 2010. 4

军队“2110 工程”建设项目. 信息安全技术

ISBN 978 - 7 - 118 - 06750 - 7

I. ①装… II. ①王… ②张… ③陈… III. ①信息技术 - 应用 - 武器装备 - 概论 IV. ①E92 - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 042827 号

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

开本 710 × 960 1/16 印张 21 字数 401 千字

2010 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 46.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 68428422

发行邮购: (010) 68414474

发行传真: (010) 68411535

发行业务: (010) 68472764

装备指挥技术学院“2110 工程”教材(著作)

编审委员会

主 任 曲 炜

副主任 封伟书 张 炜 冯书兴 潘 清

委 员 (按姓氏笔画排序)

于小红 王 宇 白海威 由凤宇

李希民 宋华文 张宝玲 陈庆华

陈向宁 陈新华 郑绍钰 赵伟峰

赵继广 耿艳栋 贾 鑫 桑爱群

阎 慧 谢文秀 蔡远文 熊龙飞

装备指挥技术学院信息安全技术教材(著作)

编 委 会

主 编 潘 清

副主编 阎 慧 王 宇

编 委 王明俊 韦 群 周 辉 胡欣杰

赵立军

序

计算机技术、通信技术、网络技术的发展,给军队指挥自动化系统、综合电子信息系统的建设与发展带来了深刻的影响。未来以电子战、网络战和作战保密等为主要作战样式的信息化战争,离不开信息技术的支撑。武器装备的信息化、网络化加快了信息技术在装备的研制、试验、采购、指挥、管理、保障和使用全过程中的渗透与应用。因此,在军队深入开展军事信息技术学科的建设,加强军事人才信息化素质与能力的培养,是继往开来的一件大事,也是对军事装备学、作战指挥学等学科建设的有力支持。

为了总结梳理装备指挥技术学院军事信息技术学科的建设成果,提升学科建设水平和装备人才培养质量,在军队“2110 工程”专项经费支持下,在装备指挥技术学院“2110 工程”教材(著作)编审委员会统一组织指导下,军事信息技术学科领域的专家学者编著了一批适应装备人才培养需求,对我军装备信息化和装备信息安全工作具有主要指导作用的系列丛书。

编辑这套丛书是我院军事信息技术学科建设的重要内容,也是体现军事信息技术学科建设水平的重要标志。通过系统、全面地梳理,将军队开展信息化建设的实践经验进一步理论化、科学化,形成具有军事装备特色的军事信息技术知识体系。

本套丛书定位准确、内容创新、结构合理、针对性强,一方面总结了我院军事信息技术学科建设和装备信息化人才培养的理论与实践探索的重要成果和宝贵经验;另一方面紧紧围绕我军武器装备信息化建设的需要,以装备全寿命管理的信息化和装备信息保障为主要内容,着重基本概念、原理的论述和技术方法的应用,其编著出版对于推进军事信息技术学科的建设,提高装备人才的培养质量,加快装备信息化建设和军事斗争准备具有十分重要的现实意义和深远的历史意义。

装备指挥技术学院
信息安全技术教材(著作)编委会
2009年12月

前 言

面对信息化作战时代的到来,无论部队指挥员的具体工作岗位、工作性质如何,都无一例外地需要对信息化作战、信息化装备有一个概要的认识,都需要对作战装备的信息化知识、相关信息技术的基本概念和所涉及的技术领域有所掌握,对装备信息化技术中的一些前沿问题以及它们的发展状况有所了解。基于上述需求,我们编写了这部《装备信息技术概论》。

本书是一本针对装备部队各级非技术类指挥人员培训工作设计的教材。书中的编写内容是作者近年来累积的一些授课心得,共分八个章节。其中第一章、第五章~第八章由王明俊编写,第二章由陈广旭编写,第三章、第四章由张树才编写。第一章集中介绍了各类武器装备都涉及到的传感器技术,其余七章则分别介绍了各类具体装备中所包含的信息技术。每章都从基本的原理出发,力求用深入浅出的语言,在不需要专业背景的前提下使学员能够理解各章所涉及的信息技术概念。同时,各章都适当编入了一些相关技术在装备中的应用情况,并对这类技术的前沿发展状况做了简要介绍。

为适合部队装备军官的具体需要,本书的编写力求避免过于专业的表述方法,内容虽然涉及面广,但深度有所控制。本书适合部队院校作为培训教材。

除了直接参加编写的同志外,本书的编写过程中得到了阎慧、赵立军、何骏、刘卫红等同志的大力支持。阎慧同志在这本教材的起步阶段给予了积极的鼓励并提供了启动条件,何骏同志给本书的编写内容提供了大量的参考资料和许多中肯的意见,赵立军、刘卫红同志为本书进行了初审校阅。

由于时间较紧,加之作者水平有限,书中不免有疏漏之处,恳请读者及时斧正。

王明俊
2009年10月

目 录

第一章 传感器与测量技术	1
第一节 传感器技术概念	1
第二节 光电传感	3
第三节 无线电测量	31
第四节 声音的传感与探测	35
第五节 金属传感与探测	39
第六节 速度传感与测量	41
第七节 高度测量	45
第二章 计算机技术	47
第一节 计算机的发展历史	47
第二节 计算机的基本工作原理	54
第三节 嵌入式计算机	65
第四节 军用计算机	76
第三章 军事通信	94
第一节 军事通信概述	94
第二节 现代军事通信技术	95
第三节 战术数据链	127
第四节 美军战略通信网	138
第四章 军用雷达	142
第一节 概述	142
第二节 现代雷达关键技术	146
第三节 现代雷达体制介绍	155
第五章 水声传感与声学武器	181
第一节 水下探测(声纳)	181
第二节 水声对抗技术	195
第三节 水声定位导航	202
第四节 次声波武器	208
第五节 其它应用	211

第六章 导航与定位技术	214
第一节 导航概念.....	214
第二节 早期导航方式——天文导航.....	215
第三节 地面无线电导航.....	215
第四节 惯导技术.....	223
第五节 地形匹配.....	228
第六节 卫星定位.....	232
第七章 电子对抗	253
第一节 电子对抗发展过程.....	253
第二节 电子对抗的一般概念.....	255
第三节 电子对抗侦察.....	257
第四节 电子干扰技术.....	263
第五节 电子防御技术.....	275
第六节 反辐射摧毁技术.....	286
第七节 电子对抗新趋势与特点.....	290
第八章 传统武器中的信息技术	295
第一节 火炮——面打击武器向点打击武器转化.....	295
第二节 装甲装备信息化.....	303
第三节 地雷信息技术.....	310
第四节 引信技术信息化.....	315
第五节 数字化士兵.....	317
参考文献	325

第一章 传感器与测量技术

第一节 传感器技术概念

所谓传感器,就是感知世界的器件。在自然界存在着各类自然现象,如温度、速度、硬度、力度、尺寸大小、甚至甜度、酸度等,这些自然现象能够被人们所感知。在现代社会,随着科学技术的不断进步,人们需要将这些自然感知量进行量化分析,这就牵涉到如何将这类自然量转换为计算机能够识别的二进制数据量的技术。感受被测量、并将被测量转换为易于测量、传输和处理的电子模拟或数字信号量的装置或器件称为传感器。有一些资料将传感器称为变换器、换能器或探测器。

在现代军事装备领域,传感器技术已经深入到了每一个领域。人们通常熟悉的雷达、红外线测量、微光夜视、可见光成像、气象探测以及声纳设备等都是传感器技术在军事装备领域的典型应用。由于这些装备的基本技术基础就是传感器技术,因此,在装备领域,人们也直接把雷达这类装备叫做传感器。在 21 世纪的今天,军事家们已经无法想象没有传感器支持的战争如何进行了。

传感器的基本功能是检测信号和信号变换。传感器作为获取信息的手段,是实现测试和自动控制的首要环节,具有重要的地位和作用。传感器获取和转换信号的正确与否,关系到整个测试系统或控制系统的准确度。如果传感器的误差很大,后面的测量电路、显示仪表以及信息处理设备再好,也难以实现准确的测试和控制。

为了进一步理解传感器,我们可以观察一下人的体力劳动和脑力劳动的过程:首先通过五种感觉(视觉、听觉、触觉、嗅觉、味觉)接收来自外界的信号,并将这些信号传递给大脑;大脑对这些信号进行分析处理,然后将指令传递给肌体。

随着技术的发展,这一过程逐渐被机器代替,如果用机器来完成这一过程,则如图 1-1 所示。电子计算机相当于人的大脑;执行器相当于人的肌体;而传感器相当于人的五种感官。人的五官如果出了毛病,大脑就不能得出正确的结论,行为就会陷入盲目性。由此也可看到传感器的重要性。

传感器的作用与人的感官相类似。实际上传感器的感知能力已经远远超出人类的感官范围,已能检测人类的感官所感觉不到的各种状态。把传感器技术和电子技术结合起来,可以实现以下各种检测工作:

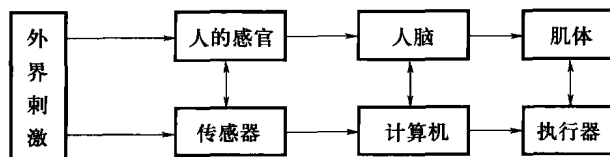


图 1-1 人体与机器的对应

- (1) 用机械方法能够和不能够进行的检测；
- (2) 微小量的检测；
- (3) 高准确度的检测；
- (4) 快速、动态检测；
- (5) 遥测(遥感)与遥控；
- (6) 无损检测；
- (7) 准确的自动控制及显示、记录、存储、运算等各种信息处理。

目前,传感器已经广泛应用于生产、生活、军事装备和科学研究的各个领域,其重要作用已为人们所认识。同计算机技术一样,传感器技术成了现代科学的中枢神经系统,对传感器的研究正在进入一个崭新的阶段。

具体到测量设备领域,由于 CPU 的广泛采用,测量设备内部所分析计算的量都是数字量,而在将自然量转换为计算机数字量之前,首先要将自然量转换为电信号,用电信号的电压、电流、功耗或频率等特征来表述自然量的量值(见图 1-2)。这个转换过程叫做传感,而完成这一转换过程的电子器件叫做传感器。

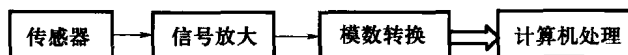


图 1-2 自然量测量过程

传感器能将各种物理量、化学量和生物量等信号转变为电信号,使得人们可以利用计算机实现自动测量、信息处理和自动控制(图 1-2)。但是,传感器不同程度地存在温漂和非线性等环境因素的影响,因此,不仅要掌握各类传感器的结构、原理及其性能指标,还必须懂得传感器输出信号需要经过适当的调整才能满足信号的处理、显示和控制的要求,只有将传感器技术和信息通信与信息处理结合起来,才能适应传感器的生产、研制、开发和应用。另外,传感器的被测量信号来自于各个应用领域,每个领域都为了改进生产力、提高工效及时效而开发和研制适合自己应用的传感器,促使种类繁多的新型传感器及传感器系统不断涌现。表 1-1 列出了常见的一些需要传感的基本物理量和派生量。

表 1-1 常见的基本物理量与派生量

基本物理量		派生物理量	基本物理量	派生物理量
位移	线位移	长度、厚度、应变、磨损、平面度	加速度	质量、力、应力、振动、冲击
	角位移	偏转角、角振动、舵角	角加速度	转动惯量、扭矩、力矩、角振动、角冲击
时间	频率	计数、统计分布	力	重量、密度、推理、应力、力矩
速度	线速度	振动、动量、流量	温度	热容量、涡流、气体速度
	角速度	角振动、角动量、转速	光	光通量与密度、光谱分布、应变、转矩

为了满足当前装备指挥类专业对装备信息化技术的教学需求,我们本着新颖、实用、广泛和典型的原则,系统地把传感器的基础知识与其在装备信息化技术中的应用有机结合,在讲述信息装备应用面较宽的传感器原理及其实际应用电路的基础上,还介绍了一些新型传感器,以扩大读者在掌握装备信息技术过程中所需要的知识面。

在介绍各类传感器工作原理的基础上,用一定量的篇幅介绍了传感器的应用技术和传感器在各类武器装备领域的作用。

需要注意的是,本章节提到的传感器概念和部队装备中提到的系统传感器所涵盖的范围有很大的差别。这里所指的传感器主要涉及各类自然量的技术测量,而部队装备建设工作所提的传感器则专指各类作战侦察、预警、监视装备。

传感器部分内容涉及到物理学、化学、生物学、半导体物理学和电子线路等学科的知识,读者需要具备一定的理工科专业基础,建议参阅一些相关学科的理论书籍,以加深对传感器原理的理解。

第二节 光电传感

一、光谱概念

以电磁波的观念看,所谓“光”不过是整个电磁波谱中的一段。通常无线电波以波长计量它的基本特征,人眼可见的光波波长大约在 380nm ~ 760nm 之间。在这段波长中的光波又因为波长的不同而使人眼观察到不同的色彩,波长最短处显紫色,波长最长处显红色,如图 1-3 所示。

在无线电波谱中,可见光谱的外延处的电磁波虽然不能为人的肉眼所见,但仍被认为是一种特殊的光。低于可见光谱段的部分,波长从 5nm ~ 380nm 的电磁波被称为紫外线。而高于可见光谱段的电磁波,波长从 760nm ~ 0.38mm 的电磁波被称为红外线,而有些资料甚至将波长为 1mm 以下的电磁波都定义为红外线范围。这两个部分的电磁波在医学、军事装备、安保和工控等领域有非常广泛的

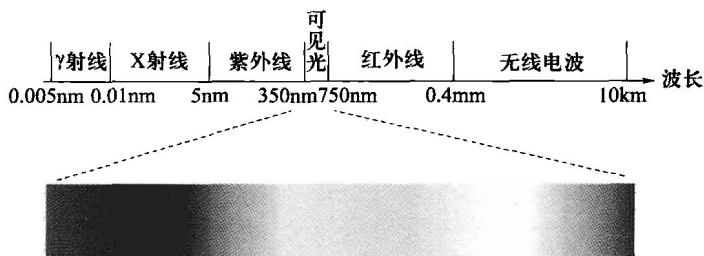


图 1-3 电磁波谱与光谱

应用。

二、常用光源

通常遇到的光,可以由各种发光器件产生,也可以是物体的辐射光。可归纳为几种光源:

1. 白炽光源

白炽光源中最常用的是钨丝灯,它产生的光,谱线较丰富,包含可见光与红外光。使用时,常加用滤色片来获得不同窄带频率的光。

2. 气体放电光源

气体放电光源光辐射的持续,不仅要维持其温度,而且有赖于气体的原子或分子的激发过程。原子辐射光谱呈现许多分离的明线条,称为线光谱。分子辐射光谱是一段段的带,称为带光谱。线光谱和带光谱的结构与气体成分有关。气体放电光源目前常用的有碳弧、低压水银弧、高压水银弧、钠弧、氙弧灯等。高低压水银弧灯的光色近于日光。钠弧灯发出的光呈黄色,发光效率特别高(可达 200lm/W),氙弧灯功率最大,光色也与日光相近。

3. 发光二极管(LED)

发光二极管是一种电致发光的半导体器件,它与钨丝白炽灯相比具有体积小、功耗低、寿命长、响应快、便于与集成电路相匹配等优点,因此得到广泛应用。它的种类很多,其发光波长因半导体材料不同而不同,LED 单位时间发射的光子数与单位时间内注入到二极管导电带中的电子数成正比,即输出光强与输入电流成正比。电流的进一步增加会使 LED 输出产生非线性,甚至导致器件损坏。

4. 激光

激光是由各类气体、固体或半导体激光器产生的频率单纯的光。工作波长为 $0.638\mu\text{m}$ 或 $1.15\mu\text{m}$ 的氦氖激光器是一种最常用的气体激光器。它使用方便,亮度很高。工作波长为 $10.6\mu\text{m}$ 的二氧化碳激光器是工作在远红外波段的功率较高的光源,常用于探测大气成分的激光雷达中。工作波长为 $0.516\mu\text{m}$ 的氩离子激光器具有很高的亮度,但价格昂贵、效率低。固体激光器虽然增益带宽较高,但光谱

稳定性仍然是个问题。半导体激光器增益带宽特别高,但使用时需注意其输出特性的非线性,以及输出随光学负载的变化而变化。后一种情况在氦氖激光器中可观察到同样的效应,但没有那样明显。

激光是相干光源,它具有单色性和方向性,能量高度集中。利用激光作为光源的激光检测技术已得到广泛应用。

三、光电转换器件

1. 光电转换过程

光电转换过程就是光的传感过程,光电传感技术在武器装备方面可以说是侦察装备技术及自动控制技术的基本条件。所谓光电传感技术就是设法用一些光电转换器件将光的物理特征,如光的强度、光谱成分和光的有无等特征转换为电子信号的特征,进而转换为数字信号,最后由计算机技术加以处理。基本过程如图1-4所示。

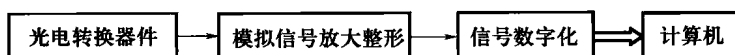


图1-4 光电转换过程

从器件的性能方面看,光敏传感器能对光信号的变化作出迅速反应,并将光信号转变为电信号;从原理上讲,光信号具有粒子性,由光子组成,具有一定的能量,也可以说光敏传感器是将光能变换为相应电能的装置,因此又称为光电式传感器;从目的上讲,它是探测光信号的器件,还可以称为光电探测器。用光照射光电材料后,材料本身的电性质会发生变化,人们可以通过对电信号的测量来了解光信号的信息。

按照工作原理可将光敏传感器分为四大类:

1) 光电效应传感器

是应用光敏材料的光电效应制成的光敏器件。光照射到物体上使物体发射电子,或电导率发生变化,或产生光生电动势,等等,这些因光照引起物体电学特性改变的现象称为光电效应。它可以分为外光电效应和内光电效应,相应的光电效应传感器分为外光电效应器件和内光电效应器件。外光电效应器件主要有光电二极管和光电倍增管,内光电效应器件则包括光导管和光敏电阻、光电池和光敏三极管等。

2) 红外热释电探测器

这是一种对光谱中红外线敏感的电子器件。主要是利用辐射的红外光照射材料时引起材料电学性质发生变化或产生热电动势(如热释电探测器)原理制成的一类器件。

3) 固态图像传感器

这种器件在结构上可分为两大类:①用电荷耦合器件(CCD)的光电转换和电荷转移功能制成的 CCD 图像传感器;②用光敏二极管与 MOS 晶体管构成的将光信号变成电荷或电流信号的 MOS 图像传感器,又称为自扫描光电二极管阵列(SS-PA)。

4) 光纤传感器

利用发光管(LED)或激光管(LD)发射的光,经光纤传输到被检测对象,被检测信号调制后,光沿着光导纤维反射或送到光接收器,经接收解调后变成电信号。

光敏传感器具有可靠性高、抗干扰能力强、不受电磁辐射影响以及本身也不辐射电磁波的特点,可以直接检测光信号。其中彩色 CCD 图像传感器还可以传真各种彩色图像,也可以间接测量温度、压力、速度、加速度、位移等。虽然这类传感器发展较晚,但其发展速度之快,应用范围之广,都超过了其它类型的传感器,在军事装备的应用方面具有很大的潜力。

2. 外光电效应及器件

在光照射下,某些材料中的电子逸出表面而产生光电子发射的现象称为外光电效应,也称为光电发射效应。1887 年赫兹发现了光电发射现象,斯托列托夫等人对金属的光电发射进行了研究。

将一个阳极和一个阴极同装于一个真空玻璃壳内,引出两个电极就构成一个真空光电二极管。一般阴极具有一定的几何形状,用以有效地吸收最大光强,其凹面上镀有光电发射材料。为使阳极既能吸收阴极发射的电子,又不妨碍辐射到阴极上的光线,因此用细金属丝做阳极。典型的光电真空二极管如图 1-5 所示。

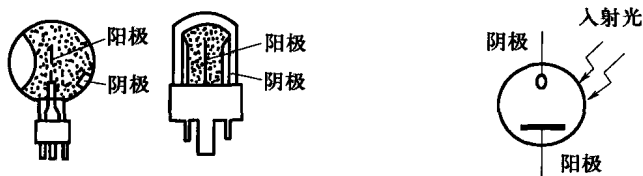


图 1-5 光电二极管

我们可以通过下列实验观察出光电转换的一般现象。给发射材料上放置一个电子接收板连成一个光电发射检测装置,测定逸出电子随光的强度的变化情况,图 1-6 给出的光电流随光强的变化曲线,可以看出在足够的外加电压作用下,当入射光的频率一定或频谱成分不变时,饱和光电流的大小与光强成正比。这是由于入射光强越大,光子数越多,发射的电子数则越多,即单位时间内通过单位面积的电量越大。

与真空光电二极管对应的是充气二极管,充气二极管内充有低压惰性气体,光线通过窗口照射到阴极上产生光电子,阳极电压使其加速,加速的电子使气体分子

电离,形成更多的电子和离子,这些电子和离子又被加速,与另外的气体分子碰撞使其电离,产生更多电子,从而发生了倍增效应,此外,气体电离的正离子又与阴极碰撞产生光电子,因此到达阳极的电子数目比真空二极管所产生的电子数目大很多,相当于具有一定的放大倍数,可达 10 倍左右。充气光电二极管伏安特性曲线如图 1-7 所示。可以看出,起初光电流随阴阳极间电压的增加而缓慢增加,随着电压的增高,电流的增加趋快。这是由于电子能量加大,碰撞电离数增加,使气体放大倍数急剧增加。

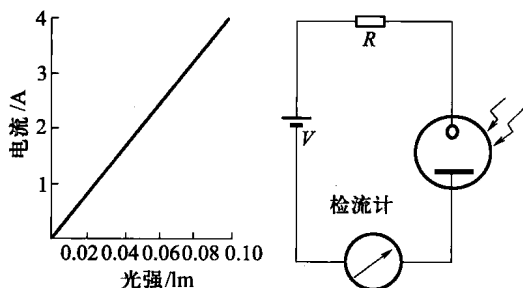


图 1-6 光电转换电流检测

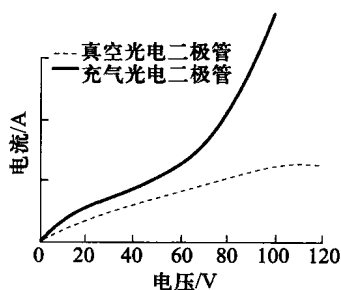


图 1-7 充气光电二极管伏安特性曲线

光阴极的光电发射材料需要具备以下三个基本条件:①光吸收系数大;②光电子在体内传输到体外的过程中能量损失小,使逸出深度大;③电子亲和势较低,使表面的逸出概率提高。由于纯金属的表面光亮,反射强,吸收少,且体内的自由电子多,电子散射造成光电子有较大能量的损失,逸出深度小,逸出功大,因此金属材料的光电发射效率低。大多数金属的光谱响应都在紫外或远紫外范围,只适于做紫外灵敏的光电器件。对于半导体光电材料,在绝对零度时,光电逸出功较小,对可见光、红外光都很敏感,所以半导体 Ge、CdSe 等被广泛用作于光电阴极。

3. 内光电效应

当光照射在半导体材料上时,材料中处于价带的电子吸收光子能量,通过禁带跃入导带,使导带内电子浓度和价带内空穴增多,即激发出光生电子-空穴对,从而使半导体材料产生电效应。这种现象叫做内光电效应。内光电效应按其工作原理可分为两种:光电导效应和光生伏特效应。

1) 光电导效应-光敏电阻

半导体受到光照时会产生光生电子-空穴对,使导电性能增强,光线越强,阻值越低。这种光照后电阻率变化的现象称为光电导效应。基于这种效应制作的光电器件有光敏电阻和反向偏置工作的光敏二极管与光敏三极管。

光敏电阻是一种电阻器件,其工作原理如图 1-8 所示。使用时,可加直流偏压(无固定极性)或加交流电压。