

高等学校电子信息学科“十二五”规划教材

光电仪器原理及应用

主 编 张文涛



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校电子信息学科“十二五”规划教材

光电仪器原理及应用

主 编 张文涛
副主编 彭智勇
参 编 熊显名 秦祖军

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书系统全面地介绍了常用光电仪器的基本原理、结构及其特性,并结合实验介绍了其典型应用。本书分两部分,共13章。第一部分主要内容包括光电仪器概述、光电器件中的常用光电传感器、光电信号的处理及采集、锁相放大器、光谱测量仪器、可调谐激光器、取样积分器、光时域反射仪、其他常用光电仪器;第二部分为光电仪器的使用方法及实验,介绍了SR530锁相放大器、OSM-400系列光谱仪、1918-C手持光功率计及光时域反射仪等光电仪器的使用方法及相关实验。

本书注重理论与实际相结合,一方面注重光电仪器的基本结构原理的介绍,另一方面着重光电仪器中的常用光电传感器、光电信号处理典型应用电路及常用光电仪器实验操作的介绍。

本书可作为高等院校的光电信息、光电子科学与技术、测控技术与仪器、光机电一体化等专业的本科及专科教学用书,也可作为光电相关高职学生与工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

光电仪器原理及应用 / 张文涛主编. — 西安:西安电子科技大学出版社,2014.3
高等学校电子信息学科“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5606-3291-9

I. ①光… II. ①张… III. ①光电仪器—高等学校—教材 IV. ①TH89
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 034283 号

策划编辑 陈 婷

责任编辑 陈 婷 曹媛媛

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2014年3月第1版 2014年3月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 11

字 数 255千字

印 数 1~3000册

定 价 19.00元

ISBN 978-7-5606-3291-9

XDUP 3583001-1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

随着现代光电信息技术的快速发展，作为融合光电技术的光电仪器应用也随之迅速发展起来。光电仪器是仪器仪表的一个重要分支，它将光电子技术、激光技术、计算机技术等有机结合起来。通过光电仪器能将人们的视觉扩展到大至星际距离，小至原子尺寸，光电仪器能把辐射通量中包含的目标尺寸、形状、位置和能量等光学信息转变成电信号输出，因此可以运用现代电子学的一切先进成果对光学信息进行处理，以获得相关的兴趣点。虽然光电仪器范畴内的教材琳琅满目，但涉及常用光电仪器原理、应用及相关实验环境而编写的教材却少之又少，于是编者萌生了编写本书的念头。编者结合十余年在光电信息专业教学的心得，经由编写小组一年多的反复斟酌、修订，本书终于得以与大家见面了。

本书将光信息技术和电子信息技术的相关问题有机结合，较为细致地介绍了目前光电交叉领域内常用仪器的基本工作原理，并在此基础上介绍了常用光电仪器典型应用案例。本书理论分析与实践案例紧密结合，可作为高等院校光电信息科学与工程、电子科学与技术、测控技术与仪器等光学类、电子类专业本科及专科学生的教材，还可作为上述专业领域技术工作人员的培训与参考用书。

本书在编写过程中，参阅了大量的国内外文献，在此向这些文献的作者表示感谢。

现代光电仪器发展日新月异，由于编者水平有限，时间仓促，书中难免有不妥之处，敬请广大读者批评、指正。

编 者

2013 年 5 月

目 录

第一部分 原理介绍

第 1 章 光电仪器概述	(2)
1.1 光电仪器的主要构成	(3)
1.1.1 被动式光电仪器	(3)
1.1.2 主动式光电仪器	(4)
1.2 智能光电仪器的构成与特点	(4)
1.2.1 基本构成	(4)
1.2.2 智能光电仪器的主要特点	(5)
1.3 光电仪器的基本特性	(6)
第 2 章 光电器件中的常用光电传感器	(7)
2.1 光敏电阻	(7)
2.1.1 工作原理	(7)
2.1.2 主要技术参数	(8)
2.1.3 适用范围及应用举例	(9)
2.2 光敏二极管	(11)
2.2.1 工作原理	(11)
2.2.2 主要技术参数和特性	(11)
2.2.3 适用范围及典型应用	(12)
2.3 光敏三极管	(13)
2.3.1 工作原理	(13)
2.3.2 主要技术参数	(14)
2.3.3 适用范围及其应用举例	(15)
2.4 热释红外线传感器	(15)
2.4.1 工作原理	(15)
2.4.2 主要技术参数	(16)
2.4.3 适用范围及应用	(16)
2.5 光电耦合器	(17)
2.5.1 工作原理	(17)
2.5.2 主要技术参数	(18)
2.5.3 主要应用	(19)
2.6 图像传感器	(19)
2.6.1 CCD 图像传感器的工作原理	(20)

2.6.2	CMOS 图像传感器的工作原理	(20)
2.6.3	主要技术参数	(21)
2.6.4	图像传感器的应用	(22)
第 3 章	光电信号的处理及采集	(24)
3.1	光电探测器的偏置	(24)
3.1.1	光电探测器的偏置方式	(24)
3.1.2	几种常用的偏置电路	(24)
3.2	光电探测器的前置放大	(27)
3.2.1	特点	(27)
3.2.2	低噪声放大	(28)
3.3	光电信号的调理	(29)
3.3.1	基本放大电路	(29)
3.3.2	仪用数据放大器	(30)
3.3.3	隔离放大器	(32)
3.4	信号的量化	(33)
3.4.1	各类 ADC 芯片的性能分析与比较	(33)
3.4.2	A/D 转换器与微型机接口	(36)
3.5	模拟量数据采集系统的设计	(38)
3.5.1	模拟量采集系统组成	(38)
3.5.2	数据采集的应用问题	(39)
第 4 章	锁相放大器	(42)
4.1	锁相放大器的原理	(42)
4.1.1	单相锁相放大器的基本组成	(43)
4.1.2	双相锁相放大器	(46)
4.2	锁相放大器的主要性能指标	(47)
4.3	使用锁相放大器应考虑的问题	(50)
4.4	锁相环芯片	(51)
第 5 章	光谱测量仪器	(53)
5.1	光谱仪的构成及性能指标	(53)
5.1.1	光谱仪的构成	(53)
5.1.2	光谱仪的性能指标	(54)
5.2	棱镜光谱仪	(55)
5.2.1	棱镜光谱仪的结构	(55)
5.2.2	光谱棱镜的分光原理	(56)
5.2.3	棱镜光谱仪的色散和分辨率	(61)
5.3	光栅光谱仪	(63)
5.3.1	光栅衍射原理	(64)
5.3.2	光栅的色散和分辨率	(66)
5.4	OSM-400 光谱仪的主要性能特性	(67)

5.5 光谱仪使用注意事项	(67)
5.5.1 对光谱实验室的要求	(67)
5.5.2 使用注意事项	(67)
第 6 章 可调谐激光器	(69)
6.1 可调谐激光器的基本结构特点	(69)
6.1.1 染料激光器基本结构	(69)
6.1.2 可调谐激光器的调谐控制技术	(70)
6.2 可调谐激光器的主要性能指标	(73)
6.3 可调谐激光器使用注意事项	(75)
第 7 章 取样积分器	(77)
7.1 取样积分器的基本原理结构	(77)
7.1.1 取样积分原理	(77)
7.1.2 取样门及积分器的基本结构	(78)
7.2 取样积分器的特性参数	(80)
第 8 章 光时域反射仪	(82)
8.1 光时域反射仪的工作原理	(82)
8.1.1 OTDR 测量仪组成	(82)
8.1.2 光时域反射仪的原理结构	(83)
8.2 光时域反射仪的主要指标参数	(85)
8.3 使用光时域反射仪应注意的问题及常见问题分析	(87)
8.3.1 使用注意事项	(87)
8.3.2 常见问题分析	(87)
第 9 章 其他常用光电仪器	(90)
9.1 光子计数器	(90)
9.1.1 工作原理	(90)
9.1.2 注意事项	(92)
9.2 光功率计	(92)
9.2.1 工作原理	(92)
9.2.2 主要技术参数	(92)
9.2.3 光功率计在应用选择中应注意的问题	(93)

第二部分 光电仪器的使用方法及实验

第 10 章 SR530 锁相放大器的使用方法及实验	(96)
10.1 使用方法	(96)
10.1.1 前面板	(96)
10.1.2 后面板	(105)
10.1.3 SR530 编程指导	(106)
10.2 锁相放大器相关实验	(108)
10.2.1 使用锁相放大器测量电阻阻值	(108)

10.2.2 使用锁相放大器测量光通信传输信号	(110)
第 11 章 OSM-400 系列光谱仪的使用方法 & 实验	(112)
11.1 使用方法	(112)
11.1.1 系统接口描述	(112)
11.1.2 操作方法	(112)
11.2 数据获取与控制软件的使用	(125)
11.2.1 指令菜单	(125)
11.2.2 故障提示	(130)
11.3 光谱仪相关实验	(133)
11.3.1 OSM-400 的操作实验	(133)
11.3.2 溶液光谱吸收特性测量	(135)
第 12 章 1918-C 手持光功率计的使用方法 & 实验	(138)
12.1 使用方法	(138)
12.1.1 系统概括	(138)
12.1.2 系统操作	(139)
12.1.3 测量模式和单位	(148)
12.1.4 软件的使用	(148)
12.2 光功率计相关实验	(149)
第 13 章 光时域反射仪的使用方法 & 实验	(152)
13.1 使用方法	(152)
13.2 经验与技巧	(154)
13.3 光时域反射仪相关实验	(156)
附 录	(159)
附录一 SR530 的主要性能指标	(159)
附录二 SR530 的命令列表	(161)
附录三 OSM-400 系列光谱仪的规格特性	(163)
附录四 OSM-400 系列光谱仪的外形结构	(164)
附录五 1918-C 光功率计的主要性能参数	(165)
附录六 1918-C 光功率计的外形结构	(167)
参考文献	(168)

第一部分 原理介绍

第 1 章 光电仪器概述

光电仪器是在光学仪器的基础上融合电子、光电、激光和计算机等技术发展起来的,相对传统的光学仪器来说,光电仪器具有更高的精度、更高的自动化程度、更先进的显示手段、更好的性能等特点。随着计算机技术的发展出现的智能光电仪器,使得光电仪器的智能化程度越来越高。

光电仪器种类繁多,可分为

(1) 光电计量仪器。它包括数字化影像测量仪、激光测厚仪、光学计量量具、光学影像投影仪、激光抄数仪、全自动影像测量仪、工具显微镜、三坐标测量仪、全自动光学测量仪。

(2) 光电检测仪器。它包括光学检测仪、X 射线检查仪、数码光学检查仪、返修工作台、在线检测影像仪。

(3) 显微仪器。它包括 CCD 显微镜、偏光显微镜、珠宝显微镜、金相显微镜、生物显微镜、比较显微镜、荧光显微镜、倒置显微镜、体视显微镜、工业高倍显微镜。

(4) 图像软件与器件。它包括普及版软件、CCD 器件、金相分析软件、USB 转换器、显微测量软件、测微尺、影像测量软件、摄影机。

(5) 机器视觉器件。它包括工业相机、视觉软件、运动控制平台、视觉光源与镜头、视觉镜头、图像采集卡。

(6) 多媒体显微互动设备。它包括数码显微系统、多媒体显微互动设备、电子目镜及软件。

(7) 光电测绘仪器。它包括水准仪、全站仪、GPS、电子经纬仪、激光划线仪、激光准直仪。

(8) 光纤仪器。它包括光纤端面检查仪、熔接机。

(9) 光电试验仪器。它包括干涉仪、分光计、测定仪、塞曼效应仪、色相分析仪、光谱分析仪、质谱仪、色谱仪。

(10) 数码光学仪器。它包括数码相机、数码像框。

(11) 激光仪器。它包括激光打标、激光切割、激光雕刻设备。

(12) 光电显示仪器。它包括液晶显示器、LED 显示设备、LCD 监视器。

(13) 医学光电仪器。它包括口腔观察仪、皮肤检测仪、视力验光器、头发测试仪。

(14) 红外热成像。它包括夜视仪、红外热成像仪、红外检测仪。

总体来看,光电仪器按照照明方式的不同可分为主动式和被动式两类。被动式光电仪器利用目标自身的辐射探测目标,而主动式光电仪器则需要另外的照明光源。下面将以主动式与被动式光电仪器为例来介绍光电仪器的基本构成。

1.1 光电仪器的主要构成

1.1.1 被动式光电仪器

图1-1是被动式光电仪器系统方框图。图1-1中,信息源是自然辐射源,是所需探测的物体自身所发射或反射出的红外或可见光。信息源的辐射经过传输介质(如大气),到达光学系统。光学系统获得的辐射被会聚到光电探测器上,光电探测器将光信号转变为电信号。输出的电信号经电子系统放大、处理后检测出所需信息。根据具体需要,后面往往具有显示、记录、存储环节或者控制环节,以将测量结果反馈给用户或完成某一控制任务,还可以接转换环节把电量变成非电量等。

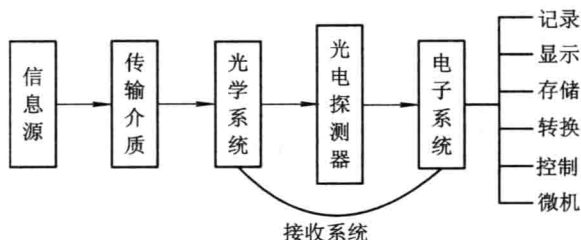


图1-1 被动式光电仪器系统方框图

1. 信息源和传输介质

通常把信息源分为天然光源和人造光源两种。地面辐射、大气辐射、宇宙辐射以及由自然光照明的物体或背景都属于天然光源,其它统称为人造光源。

光学系统的每个零件或组件,如物镜、保护玻璃、挡板,也会发射出一定的辐射,这种辐射称为仪器辐射。

在信息源和系统之间总是存在着某些介质,如大气、海水等,因此引起辐射传输的衰减。随着传输距离的增加,其衰减速度越大,在长距离的传输中对传输介质的光学传输特性研究显得非常重要。

2. 光学系统

光学系统由各种光学元件组成,如保护窗口、透镜、反射镜、棱镜、光阑、狭缝、滤光器、光栅等。光学系统的作用有两个:一个是尽可能多地收集到达的辐射,并以最小的损失投射到探测器上;另一个是对进入的辐射进行光学滤波,以提高光学信号的信噪比。光学滤波分为光谱滤波和空间滤波两种。光谱滤波利用各种滤光器或光学薄膜来达到;空间滤波利用各种空间滤波器来达到。

3. 光电探测器

光电探测器是光电系统的关键,它由各种光敏元件组成,其作用是把光能转换成电能。

4. 电子系统

电子系统一般包括:匹配电路、放大电路、滤波电路、整形电路、鉴频或鉴相电路、A/D或D/A电路、记录和显示电路等。在光电探测器与放大器之间有一匹配电路,主要用

于实现两者之间的阻抗匹配,获得好的通带宽度和响应速度;光电探测器输出的信号一般都比较弱,必须经过放大后才能做后继处理;放大器的输出信号中包含有被测物体的信息和噪声,为了从中取出有用信息,常在放大器后连接着各种线性和非线性电路,如滤波电路、整形电路、鉴频或鉴相电路等以实现各种所需功能的解调电路;为了记录和显示获得的有用信息,常需要配备记录和显示装置。

1.1.2 主动式光电仪器

图 1-2 为主动式光电仪器系统的方框图。图 1-2 中,光源部分采用人造光源,利用其辐射去照射被测物体,使所需反映的信息加载到反射、透射或散射光波上去,通过传输介质后,由光电接收系统进行检测。对于某些非光学物理量,例如声音,可先将声音变成电信号,然后通过调制器把信号加载到光波上而进行传输。在接收端,主动式光电系统与被动式光电系统基本相同,同样接收辐射后转换为电信号,经过解调得到有用信息后,由电路处理检测出信息,并加上显示、记录、控制、转换等环节。

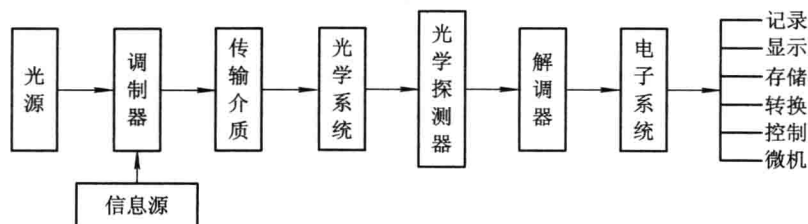


图 1-2 主动式光电仪器方框图

1.2 智能光电仪器的构成与特点

1.2.1 基本构成

智能光电仪器由软件和硬件两大部分组成。软件主要包括监控程序、输入/输出接口程序以及各种算法程序。监控程序是系统软件的中心环节,它接收和分析各种命令,管理、协调整个程序的执行;输入/输出控制常采用中断或查询方式,中断服务程序由于 CPU 响应其它外围设备提出中断申请后可直接去继续执行程序,故具有更高的处理效率;算法功能模块用来实现仪器的数据处理和控制任务,包括各种测量算法和控制算法等。

智能光电仪器的硬件组成如图 1-3 所示,主要包括微处理芯片、测量装置、前向通道、后向通道、执行机构、人机交互通道、数据通信通道。

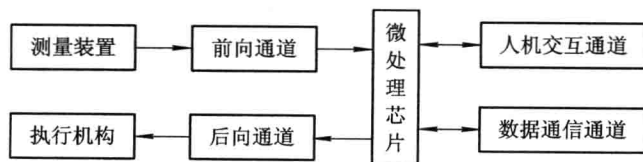


图 1-3 智能光电仪器的硬件基本结构

微处理芯片是智能光电仪器的核心,它通常由CPU、程序存储器(ROM)、数据存储器(RAM)、输入/输出端口(I/O)、相定时器/计数器(CTC)等单元组成。

前向通道是微型计算机与测量装置相连接的单元,是系统的信息输入通道。前向通道与测量对象相连,是各种干扰串入系统的主要通道,是一个模拟信号与数字信号混合的电路单元,各种传感器的输出信号(模拟量、数字量或开关量)经前向通道变成满足微型计算机输入要求的信号,故有形式多样的信号变换、调节电路,如信号放大、整形、滤波、A/D转换等。前向通道性能的优劣将影响整个系统的性能。

后向通道是系统的伺服驱动控制单元,是信息输出通道,大多数需要功率驱动电路。后向通道靠近伺服驱动现场,伺服控制系统的大功率负荷引起的干扰易从后向通道进入微型计算机,故后向通道的隔离对系统可靠性影响极大。根据输出控制的不同,有多种多样的电路,如模拟电路、数字电路、开关电路等。

人机交互通道是操作者对系统进行干预以及了解系统运行状态和运行结果的单元,主要有键盘、显示器、打印机、语音电路等。

数据通信通道是智能光电仪器与其它系统间交换信息的接口,通常是串行通信接口,如串口、网口、USB接口等。

各种智能光电仪器的基本结构相同,但基于不同用途或者不同测量原理而设计的智能光电仪器,其具体结构有相当大的差异,其差异主要表现在测量装置和执行机构上。

1.2.2 智能光电仪器的主要特点

智能光电仪器相对传统仪器而言具有明显的特点,主要表现在:

(1) 具有自动校准能力。智能光电仪器可以采用软硬件相结合的方法进行自动校准,如非线性校准,当传感器的特性呈非线性时,智能光电仪器则可将传感器的传感特性以数学模型编入程序或者利用表格与插值相结合的方法,实时地修正测量数据。

(2) 具有数据处理能力。微型计算机具有很强的分析和运算能力,智能光电仪器可完成复杂的数据处理,从采集的数据中提取反映被测对象特征的信息,并将经加工处理后的数据恢复成原来的物理量大小,以直观的形式显示和记录下来。

(3) 能自动修正测量误差。确定了某项误差的规律,智能光电仪器就可建立起该项误差的修正模型。测量时,利用误差修正模型,选用适当的算法,可消除或减小误差,提高测量精度。

(4) 具有自适应能力。其中的智能系统能根据被测对象或工作环境的变化自动修正测量算法。如智能激光干涉仪能跟踪气温、气压和湿度等环境参数的变化,修正激光波长,保证仪器的精度不受环境变化的影响。

(5) 具有自检和自诊断能力。其中的智能系统通常都具有自检和自诊断能力,能自行测试仪器各部分的运行是否正常,一旦发现故障,还能诊断出是哪一部分出了故障,并能在显示装置上显示故障的类型和故障的部位。

(6) 具有对外接口功能。智能光电系统常带有RS-232、网口等标准接口,能方便地与其它仪器或计算机组成自动测试系统。

(7) 具有良好的用户界面。微型处理器的加入,使智能光电仪器给用户提供了丰富的信息,用户可从键盘上输入命令和数据,从显示器读取数据,还可借助打印机记录数据、

图表,并且系统可以直接显示输出汉字,可以设计出交互式的人机界面,操作者能迅速地掌握仪器操作。

1.3 光电仪器的基本特性

光电仪器具有以下基本特性。

1. 极限灵敏度

极限灵敏度的一种表述为:以最小的辐射通量入射到光学系统的入瞳中,能保证以规定的概率发现目标,保证跟踪目标的精度或目标像的复现精度,这个最小的辐射通量代表了系统的极限灵敏度。另一表述方法是:使信噪比达到规定值时所需的信号辐射通量。信噪比等于1的辐射功率称为噪声等效功率,例如:对在红外区工作的光电仪器,常用最小可分辨温差来表示。

由于传输介质对光线具有一定的衰减作用,光电系统的极限灵敏度决定了系统在规定工作条件下的作用距离。

2. 视场

视场是以光学系统入瞳中心为顶点的空间角,在此范围内系统可发现目标。在对称系统中,可用水平和垂直方向上的线角度表示空间视场角。瞬时视场是以入瞳中心为顶点的空间角,在此范围内系统可在规定的瞬间发现目标。扫描系统的瞬时视场是视场的一部分,利用扫描系统可减少背景的干扰,增加作用距离。

3. 光谱灵敏度

光电仪器对不同波长光线辐射响应的能力称做光谱灵敏度。灵敏度范围由引起响应的光波的最短和最长波长所划定。例如照相机乳剂中使用的卤化银主要对蓝、蓝紫和近紫外线的波长敏感,其范围大约为300~500 nm。

4. 鉴别率和精度

鉴别率常用可分辨的两个点光源对系统入瞳中心的最小张角来表征,有时也可用每毫米的线对数表示。精度常用误差的均方根表示。

第 2 章 光电器件中的常用 光电传感器

光电传感器是光电仪器中实现光电转换的关键元件，它的作用是把光信号(红外、可见及紫外光辐射)转变成为电信号。光电传感器一般由光源、光学通路和光电元件三部分组成。光电传感器的分类方法有很多:

(1) 按检测方式分为: 对射型、扩散反射型、回归反射型、距离设定型、限定反射型。

(2) 光电传感器按其构成状态可分为: 放大器分离型、放大器内置型、电源内置型、光纤型。

(3) 按光电传感器的工作原理分为: 利用光电发射效应工作的光传感器, 其中, 典型器件是光电管和光电倍增管; 利用光电导效应工作的光传感器, 其中典型器件是 Cds 光敏电阻器; 用于检测红外线的热释电效应型光电传感器以及其它光电效应类型的光传感器, 如光敏二极管、光敏三极管、光电耦合器、CCD(电荷耦合器件)等。

本章主要介绍了光敏电阻、光敏二极管、光敏三极管、光电耦合器、光电开关式传感器、热释红外线传感器、图像传感器。重点介绍各种光传感器的工作原理、主要技术参数、适用范围、应用举例。

2.1 光敏电阻

2.1.1 工作原理

在光的照射下, 物质内部的原子可释放出电子, 这些电子仍留在物体内部, 这样物质内部在受光照射后电子和空穴的数目急剧增加, 从而使物质的导电增加而改变自身的电阻, 这种效应称为光电导效应。

制造光敏电阻的材料主要是金属的硫化物、硒化物和碲化物等半导体, 通常采用涂敷、喷涂、烧结等方法在绝缘衬底上制作很薄的光敏电阻体及梳状欧姆电极, 然后接出引线, 封装在具有透光镜的密封壳体内, 以免受潮影响其灵敏度。在黑暗环境里, 光敏电阻的电阻值很高, 当受到光照时, 只要光子能量大于半导体材料的禁带宽度, 则价带中的电子吸收一个光子的能量后可跃迁到导带, 并在价带中产生一个带正电荷的空穴, 这种由光照产生的电子—空穴对增加了半导体材料中载流子的数目, 使其电阻率变小, 从而造成光敏电阻阻值下降。光照越强, 阻值越低。入射光消失后, 由光子激发产生的电子—空穴对将逐渐复合, 光敏电阻的阻值也就逐渐恢复原值。

在光敏电阻两端的金属电极之间加上电压, 其中便有电流通过, 受到一定波长的光线照射时, 电流就会随光线强度的增加而变大, 从而实现光电转换。当加在光敏电阻器上的电压恒定时, 流过它的电流值将由射到光敏电阻器上的光照度值来决定。光照度越大, 在

光敏电阻器回路中流过的电流也越大。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。

2.1.2 主要技术参数

1. 亮电流与亮电阻

当光敏电阻器受到强光照射时，其电阻值(亮阻)会发生变化，可变为暗阻的几万分之一至几十万分之一。此时在一定的外加电压下，流过光敏电阻的电流称为亮电流。外加的电压与亮电流之比称为亮电阻。

2. 暗电流与暗电阻

在黑暗中(光照强度为 0 时)光敏电阻在一定的外加电压下也有微小的电流流过，此时的电阻值称为暗阻值，暗阻值可以从几万欧姆到几十兆欧姆，流过光敏电阻的电流称为暗电流。

3. 灵敏度

灵敏度是指光敏电阻不受光照射时的电阻值(暗电阻)和受某一特定光强照射时的电阻值(亮电阻)的相对变化量，变化量越大则代表其灵敏度越高。

4. 光谱效应

光谱效应又称光谱灵敏度。它是指光敏电阻在不同波长的单色光照下的灵敏度值。若把不同波长光照下的灵敏度画成曲线，就可得光谱灵敏度分布图，又称光谱效应曲线。CdS 光敏电阻的光谱响应峰值波长为 $0.52 \sim 0.85 \mu\text{m}$ 之间。其形状如图 2-1(a)所示。

5. 光照特性

这是指在外加电压恒定的情况下，光敏电阻输出的电流大小与光照强度的关系。其光照特性多数情况下为非线性的，只是在微小区域呈线性。光谱特性和光照特性如图 2-1(b)所示。

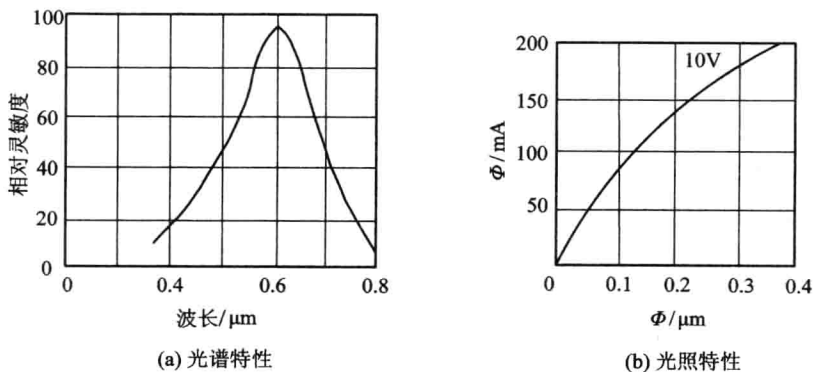


图 2-1 光谱特性和光照特性

6. 温度系数

光敏电阻的光电效应受温度影响较大，不少的光敏电阻在低温下光电灵敏度较高，而在高温下则灵敏度降低，因此，光敏电阻只宜用于低温环境中。CdS 光敏电阻与温度的关系较复杂，有时亮电阻值随温度增大而增大，而有时又变小。通常用电阻温度系数来描述光敏电阻的这一特性。它表示温度每改变 1°C 时，电阻值的相对变化量。其温度与光电流的关系如图 2-2 所示。

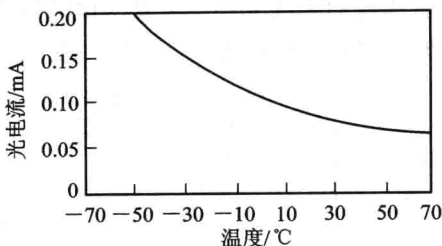


图 2-2 温度与光电流关系曲线

7. 额定功率

额定功率指光敏电阻所允许消耗的功率。主要取决于光敏电阻本身的特性、环境温度及光敏电阻本身所产生的温度。环境温度升高，光敏电阻允许的功率就降低。

表 2-1 列出国产常用光敏电阻的一些参数。

表 2-1 常用光敏电阻主要技术参数

规格	型号	最大电压 /V	最大功耗 /mW	环境温度 /℃	光谱峰值 /nm	亮电阻 (10Lux) /KΩ	暗电阻 /MΩ	响应时间 /ms	
Φ3	GL3516	100	50	-30~+70	540	5~10	0.6	30	30
Φ4	GL4516	150	50	-30~+70	540	5~10	0.6	30	30
Φ5	GL5516	150	90	-30~+70	540	5~10	0.5	30	30
Φ7	GL7516	150	100	-30~+70	540	5~10	0.5	30	30
Φ10	GL10516	200	150	-30~+70	560	5~10	1	30	30
Φ12	GL12516	250	200	-30~+70	560	5~10	1	30	30
Φ20	GL20516	500	500	-30~+70	560	5~10	1	30	30

2.1.3 适用范围及应用举例

1. 使用注意事项

- (1) 使用时应加限流电阻，以防光照突变而使光敏电阻器超载；
- (2) 在不超过额定功率的前提下，可按暗阻值计算最高工作电压值。

2. 适用范围

光敏电阻广泛地应用于人们生活的各个领域，如工业自动控制、自动报警等场合。目前，在电子照相机、曝光表、电视亮度自动调节、电子玩具、火焰点火探头、路灯控制、汽车远程灯控制、室内照明调光、音乐卡片等方面有大量应用。

3. 应用举例

图 2-3 是一种典型的光控调光电路，其工作原理是：当周围光线变弱时引起光敏电阻 R_G 的阻值增加，使加在电容 C 上的分压上升，进而使可控硅的导通角增大，达到增大照明