

光电变换 与检测技术

主编 韩丽英 崔海霞
主审 张 彤



國防工業出版社

National Defense Industry Press

光电变换与检测技术

主 编 韩丽英 崔海霞
主 审 张 彤
编 委 杨中雨 郭丹伟 张 晶 赵 迎
张 海馨 丁蕴丰 卢文昊

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书分为两大部分。第一部分(第1章~第5章)为光电信息变换内容,介绍有关光电器件的基本知识,各种光电探测器件、成像器件和热电探测器件的工作原理与特征,偏置电路及典型应用;介绍各种光电信息变换的方式、类型及其原理。第二部分(第6章~第12章)结合科研和生产的实际,介绍了辐射信号检测、零件尺寸检测、位移检测、光谱检测、光子计数技术、光纤传感技术及光电新技术等。

本书作为应用型教材在内容上反映了科研和生产的新技术,理论分析简洁,概念清晰,理论与实际密切相结合,有宜于应用型人才的培养。

本教材适用专业较广,可作为光信息科学与技术、电子科学与技术、光电子技术、光电信息工程、测控技术与仪器、科学电子与技术、电子信息与电气类专业教学用书,也可作为光电科技领域技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

光电变换与检测技术/韩丽英,崔海霞主编. —北京:国防工业出版社,2010.11

ISBN 978-7-118-07127-6

I. ①光... II. ①韩... ②崔... III. ①光电子技术②光电检测 IV. ①TN2

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第220718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)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本787×1092 1/16 印张16 字数368千字

2010年11月第1版第1次印刷 印数1—6000册 定价29.00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

前 言

光电变换与检测技术是目前飞速发展的光电技术的重要组成部分,它是将传统光学技术、现代电子技术、精密机械及计算机技术有机结合,形成的一门光机电一体化的高新技术,成为检取光信息或以光为媒介检取其他大量非电信息的重要手段。

随着光电技术的发展,新技术、新器件的不断涌现,它已深入到军事技术、空间技术、环境科学、天文学、生物医学及工农业生产的许多领域中,并得到广泛的应用。

本书是为满足应用型人才培养的教学需求,依据应用型人才培养的教学特点,为适应当前新技术的发展和“三个面向”对高校人才培养的需要而编著的。作者在编写《光电变换技术》、《光电检测技术》、《光电接收器件及其应用》和《光电成像器件及其应用》等教材的基础上,总结了多年的教学与科研经验,将《光电变换技术》和《光电检测技术》整合为《光电变换与检测技术》,使教材内容完整,体系紧凑,结构合理,同时减少了教学学时,符合教学改革精神。

作者在编著此书时,充分考虑到培养应用型人才的特点,在内容上尽量结合当今科技与生产的实际,力求做到理论联系实际,使全书内容新颖、有所创新、重点突出、注重应用。通过本教材的学习,让学生感受到课程的应用价值,提高学生的学习兴趣。实践可以证明《光电变换与检测技术》是一本培养应用型人才的好教材。

本书共分12章,主要内容包括绪论、光电信息变换的基本知识、光电探测器件、热电探测器件、光电成像器件、光电信息变换、辐射信号检测、零件尺寸检测、位移检测、光谱检测、光子计数技术、光纤传感技术、光电信息技术应用。

本书内容充实,涉及面广,可适合不同类型专业的教学用书。不同专业在选用本书时,可根据本专业的特点和面向,可以对本书的章节适当地选用。

本书由韩丽英、崔海霞主编,杨中雨、郭丹伟、张晶、赵迎、张海馨、丁蕴丰和卢文昊等人编著。具体写作分工如下:韩丽英编写前言、第1章、第2章和附录,崔海霞编写绪论和第4章,赵迎编写第3章,张海馨编写第4.1节和第5.3.5节,杨中雨编写第5章和第10章,郭丹伟编写第6章、第7章,张晶编写第8章,卢文昊编写第9章和第11章,丁蕴丰编写第12章。

本书由张彤教授主审,他对书稿进行了认真细致的审校,并提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。本书在编写过程中参考了大量的国内外资料,特此对这些文献的作者表示感谢。本书在编写过程中还得到长春理工大学光电信息学院各级领导和相关部门的大力支持和帮助,在此向他们表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免出现错误和不足,诚恳希望读者批评指正。

编者
2010年9月

目 录

绪论	1
第1章 光电信息变换的基本知识	4
1.1 光的两重性	4
1.1.1 电磁波谱和光谱	4
1.1.2 光的粒子性(或量子性)	5
1.2 入射光的基本度量单位	5
1.2.1 通量单位	5
1.2.2 照度单位	6
1.2.3 辐射度参数与光度参数关系	7
1.3 常用光源	7
1.3.1 半导体发光二极管	7
1.3.2 半导体激光器	8
1.4 光调制	10
1.4.1 调制光的优点	10
1.4.2 光调制的方法	10
1.5 光电效应	12
1.5.1 光电导效应	12
1.5.2 光生伏特效应	13
1.5.3 外光电效应	14
1.6 光电器件的基本特性	15
1.6.1 灵敏度	15
1.6.2 光谱响应	16
1.6.3 频率响应	16
思考题与习题	17
第2章 光电探测器件	18
2.1 光敏电阻	18
2.1.1 光敏电阻的结构及种类	18
2.1.2 光敏电阻的基本工作原理	19
2.1.3 光敏电阻的偏置电路	21
2.2 光生伏特器件	24
2.2.1 光生伏特器件的基本原理	24
2.2.2 半导体光电管	25

2.2.3	光电管的基本电路	31
2.2.4	光电池	34
2.2.5	光生伏特器件组合件	38
2.2.6	光电位置敏感器件(PSD)	40
2.3	真空光电倍增管	42
2.3.1	真空光电倍增管的基本原理	42
2.3.2	真空光电倍增管的输出特性	45
2.3.3	光电倍增管的供电电路	47
2.4	光电耦合器	50
2.4.1	光电耦合器的基本原理	50
2.4.2	光电耦合器的基本电路	52
2.4.3	光电耦合器的应用	54
	思考题与习题	56
第3章	热电探测器件	58
3.1	热电探测器件的基本原理	58
3.2	热敏电阻	59
3.3	热电偶与热电堆探测器	63
3.4	热释电器件	65
	思考题与习题	68
第4章	光电成像器件	69
4.1	光电成像器件的类型	69
4.1.1	直接显示型光电成像器件	69
4.1.2	间接显示型光电成像器件	70
4.2	光电成像器件的基本特性	70
4.2.1	光谱响应	70
4.2.2	转换特性	71
4.2.3	分辨力	72
4.3	变像管和像增强器	74
4.3.1	变像管和像增强器的工作原理	74
4.3.2	变像管	77
4.3.3	像增强器	80
4.3.4	像管的特性	82
4.3.5	高压电源	83
4.4	摄像管	85
4.4.1	摄像管的一般原理	85
4.4.2	视像管	86
4.4.3	视像管靶	88
4.4.4	光电发射式摄像管	91
4.4.5	摄像管的基本电路	94

4.5	电荷耦合摄像器件	97
4.5.1	CCD 的 MOS 结构及工作原理	97
4.5.2	电极结构及工作原理	98
4.5.3	电荷传输	100
4.5.4	电荷注入与电荷检取	101
4.5.5	CCD 摄像器件	102
	思考题与习题	106
第 5 章	光电信息变换	108
5.1	光电信息变换的类型	108
5.1.1	光电传感器的基本形式	108
5.1.2	光电信息变换的工作原理	111
5.1.3	光电器件选择	111
5.2	模拟光电信息变换	114
5.2.1	简单式变换	114
5.2.2	温度补偿	116
5.2.3	差接式变换	117
5.2.4	光外差式变换	120
5.3	模—数光电信息变换	120
5.3.1	激光扫描直径信息变换	121
5.3.2	光电转速信息变换	121
5.3.3	激光干涉信息变换	122
5.3.4	光栅莫尔条纹信息变换	124
5.3.5	编码器角度代码信息变换	127
	思考题与习题	129
第 6 章	辐射信号检测	131
6.1	缓变信号探测	131
6.1.1	光学结构	131
6.1.2	调制盘	132
6.1.3	调制盘对背景信号的空间滤波	134
6.2	脉冲信号探测	136
6.2.1	探测阈值及信噪比	136
6.2.2	滤波器带宽的选择	138
6.3	辐射温度检测	139
6.4	脉冲法测距	140
6.5	相位法测距	143
6.5.1	相位法测距的基本原理	143
6.5.2	测尺频率的选择	144
6.5.3	差频测相	145
6.5.4	数字测相(电子相位计)	146

思考题与习题	147
第7章 零件尺寸检测	149
7.1 模拟变换检测法	149
7.1.1 光通量变换法	149
7.1.2 光电投影法	150
7.2 模—数变换检测法	154
7.2.1 光学扫描法	154
7.2.2 电扫描法	156
思考题与习题	160
第8章 位移检测	161
8.1 激光干涉位移检测	161
8.1.1 激光干涉仪原理	161
8.1.2 光电接收和数字显示电路	164
8.2 光栅位移检测	165
8.2.1 光栅位移传感器	165
8.2.2 光栅线位移检测	166
8.2.3 莫尔条纹信号的电子细分	167
8.2.4 光栅角位移检测	175
思考题与习题	179
第9章 光谱检测	180
9.1 概述	180
9.1.1 光电光谱检测框图	180
9.1.2 光谱信息变换	180
9.1.3 光谱检测器	180
9.1.4 微机系统	181
9.2 光谱信息变换	181
9.2.1 光谱形成器	181
9.2.2 衍射光栅	182
9.3 光谱信号检测典型应用	183
9.3.1 红外分光光度计	183
9.3.2 光多通道分析仪	186
思考题与习题	189
第10章 光子计数技术	190
10.1 光子计数器的原理	190
10.2 光子计数器中的光电倍增管	194
10.3 放大器与鉴别器	195
10.3.1 前置放大器	195
10.3.2 脉冲幅度鉴别器	197
10.4 光子计数器的测量法	198

思考题与习题	200
第 11 章 光纤传感技术	201
11.1 光导纤维的基本知识	201
11.1.1 光纤传光原理	201
11.1.2 光纤的分类	202
11.1.3 光纤的基本特性	202
11.2 光纤传感器的基本原理和类型	204
11.3 非功能型光纤传感器	204
11.4 功能型光纤传感器	205
思考题与习题	207
第 12 章 光电信息技术应用	208
12.1 光存储技术	208
12.2 光盘存储	209
12.3 光盘驱动器	211
12.4 蓝光刻录	213
12.5 光电鼠标	216
12.6 扫描仪	218
12.6.1 扫描仪的功能	218
12.6.2 扫描仪的构成和工作原理	219
12.7 激光打印机	221
12.7.1 激光打印机的特点	221
12.7.2 激光打印机的组成	221
12.7.3 激光打印机原理	222
12.7.4 激光打印机工作过程	223
12.7.5 激光打印机中的关键技术	224
12.8 复印机	225
12.9 条形码	226
12.10 激光计算机简介	228
12.11 光纤照明	229
12.12 2008 年北京奥运会光电技术应用简介	231
思考题与习题	231
附录 I 项目制作基础思考题	233
附录 II 创新设计制作参考项目	234
附录 III 光电器件特性参数表	236
附录 IV 成像器件参数表	243
参考文献	248

绪 论

1. 光电技术的内涵

光电信息变换与光电检测技术是光电技术的两个主要组成部分,可以统称为光电技术。光电技术是光学和电子技术相结合而产生的一门新科学,它是将光学信息转换成电信号,再利用电子技术进行检测、传递、存储、控制、计算和显示等。近年来,光电技术发展非常迅速,并已得到广泛应用。

目前,光电技术在精密计量、红外探测、宇宙航行、激光雷达、夜视、空中侦察、武器的制导、自动跟踪、光通信、图像信息处理和计算技术等方面都得到了广泛的应用。在工业生产中其优越性也更加显著,由于光电检测精度高、速度快,是一种非接触式的检测方法,所以适于生产过程中的自动检测和控制,如机床位移量的精确控制,生产过程中产品尺寸和外观的自动光电检测等。

在实际中所要检测、传递和控制的信息量往往都是非电量,如温度、照度、浓度、速度、长度、角度、粗糙度和图像信息等。工作时,首先要将这些信息量通过光学变换装置变为光学信息量,然后用光电器件将光学信息量变为电信号。电信号经前置放大器和电路处理后,便能实现对非电信息量的检测、传递、控制、计算和显示等。这种信息变换和电信号的检测便是光电技术的主要内容。

下面通过一个实例来介绍光电技术的主要内容。图 0-1 为直读式光学轴角测量仪结构原理图。

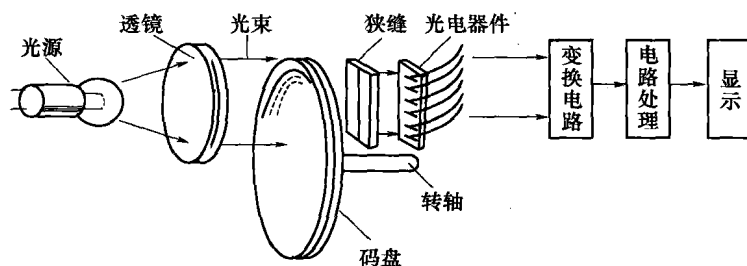


图 0-1 直读式光学轴角测量仪结构原理图

闪光灯或白炽灯发出的光线,经过光学系统变为一束平行光射到码盘上。码盘由光学玻璃制成,上面刻有许多同心码道,每位码道上都按一定规律排列着许多透明和不透明的部分(亮区和暗区)。通过亮区的光线经狭缝后成一束很窄的光束照在光电器件上,光电器件通常采用硅光二极管组件。它们的排列与码道位置一一对应,一个码道对应一个光电器件。当转轴角度一定时,狭缝对应的码道位置也一定,对着亮区的光电器件有电信号输出,为“1”状态;对着暗区的光电器件无电信号输出,为“0”状态。所有光电器件输出的电信号的组合将代表按一定规律编码的数字量,即代表一定角度的代码。

光电器件输出的电信号经变换电路和电路处理后用数字显示角度。电路处理部分包括放大器、电子细分电路(量化细分)、比较器、存储器和译码器等。

由这个典型实例可画出一一般光电测量装置的方框图,如图 0-2 所示。图中示出了主要组成部分和信息变换过程。

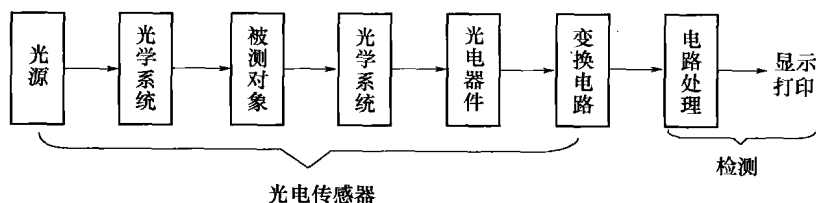


图 0-2 光电装置方框图

一般将光源、光学系统、光电器件和变换电路称为光电传感器。光电传感器是完成光电信号转换的环节,它是以为光为媒介,以光信息变换和光电效应为基础的传感器。

光是信息变换、处理和传递的媒介,所以光源是光电变换装置不可缺少的组成部分。光源发出的光通过光学系统一般被会聚为点光源或为一束平行光,入射到被检测的对象上,由对象反射或透射的光通量与被测对象的性质和状态有关,所以由被测对象反射或透射的光通量是一个光信息量。

光学系统还起信息变换作用,将与被测对象有关的光信息变为容易被检取和处理的光信息。被变换的光信息有模拟量和数字量两种形式,如图 0-1 中的码盘和狭缝为光学变换环节,将角度量变换为数字量(代码)。作为光信息变换的光学元件通常有透镜、反射镜、棱镜、光纤、狭缝、滤光片、调制器、偏振器、波片、光栅和码盘等。本书不讨论光学系统。

光电器件将光信息变为电信号(光电流或光电压),此过程称为光电转换。能够完成光电转换的器件的种类和型号很多。按照光电器件的工作原理分类有外光电效应和内光电效应。利用外光电效应的光电器件有真空光电管、真空摄像管、变像管和增强器等。内光电效应又分为光电导效应(如光敏电阻)和光生伏特效应(如半导体光电管和光电池)。按照光电器件的空间分辨能力分类有成像器件和非成像器件两种。

变换电路一般包括光电器件的偏置电路、负载和前置放大器。变换电路的作用是检取和放大光电信号。光电信号往往很弱,所以要进行前置放大,得到放大的电信号便于下一步进行放大、传输和处理等。光电器件接入变换电路是很重要的一环,是整个变换技术的关键之一,变换电路性能的好坏直接影响电信号的质量。

电路处理是将电信号经过放大、整形、量化、单片机信号处理等,然后显示或打印。

2. 光电技术的特点

目前,光电技术的应用之所以非常广泛,主要由于它具有以下优点:

(1) 光电传感器中的光电器件多为半导体器件,具有体积小、性能稳定、使用方便等特点,容易实现将非电量变换为电信号,可用电子技术进行信号处理。因此,光电技术也具有电子技术的六大功能,即检测、传递、存储、控制、计算和显示等,便于数字化和智能化。

(2) 用于检测非电量时速度快、精度高。在光电变换过程中,信息量的变换是以光为

媒介,并以光量子数、光的波长和速度为测量依据,因此,光电变换的速度快、精度高。例如,激光干涉测长仪的精度为 $1/2$ 激光波长或 $1/4$ 激光波长(根据采用结构而定),一般光栅测长仪的精度小于 $1\mu\text{m}$,光栅测角仪的精度可达 $0.1''$ 数量级。光电变换的时间响应最高可达 10^{-12}s 数量级。

(3) 由于光电传感器是非接触式传感器,克服了接触式传感器的摩擦磨损和影响变换精度等缺点。另外,用光导纤维传输光信息不受方向和位置的限制,比较方便。因此,它适于生产过程(或其他过程)中的自动检测和控制。例如,生产过程中产品尺寸和外观的自动检测和控制等。

(4) 利用光远距离传输的特点,便于遥测遥控。例如,用激光测距仪测量月球到地面的距离,其精度为 1m 。此外,如武器的制导、激光引信、自动跟踪、电视监控等方面都是用光电技术进行遥测遥控的。

综上所述,光电信息变换与光电检测是整个光电技术的关键部分,因此,本书中心内容是光电信息变换和光电检测两部分。通过学习本书希望达到下列要求:

- (1) 掌握光的基本量度和单位;掌握光电器件的有关基础知识。
- (2) 掌握光电器件的工作原理和外特性;能正确地选择和使用光电器件;能够用等效电路进行信号分析,能够用作图法进行参量计算和设计。
- (3) 掌握光电变换电路的基本形式,并能正确选择和设计变换电路。
- (4) 熟知光电信息变换的基本形式和特点,掌握各种光电信息变换的工作原理,并能根据任务要求选择光电传感器的形式。
- (5) 掌握典型光电检测的基本方法和工作原理;能够设计简单的光电检测系统。

第 1 章 光电信息变换的基本知识

光电器件是光电信息变换的核心器件,其输出的光电信息量与入射光的强弱和性质有关。为了深入了解光电器件的转换特性,先简单介绍入射光的性质和基本度量单位、辐射度量与光度量之间的关系;常用光源及光调制器;然后介绍光电器件的光电效应及光电器件的主要特性。

本章重点是了解光的性质及入射光的基本度量单位、光电效应、光电器件的基本特性,熟知常用光源的工作原理和特点,以及光调制的基本方法。

1.1 光的两重性

1.1.1 电磁波谱和光谱

光有波动性和粒子(或量子)性两重性。

光和其他形式的电磁辐射一样,都是以约 3×10^8 m/s 的速度进行传播。可见光的频率甚高,约为几百万亿次每秒,因此,用波长来说明光的类型比用频率更方便些。光的波长 λ 、频率 ν 和光速 c 的关系为

$$\lambda\nu = c \quad (1-1)$$

图 1-1 列出了波长为 10^{-10} $\mu\text{m} \sim 10^5$ km 的全部电磁波谱。为了更清晰起见,将紫外光、可见光和红外光加以放大示出。

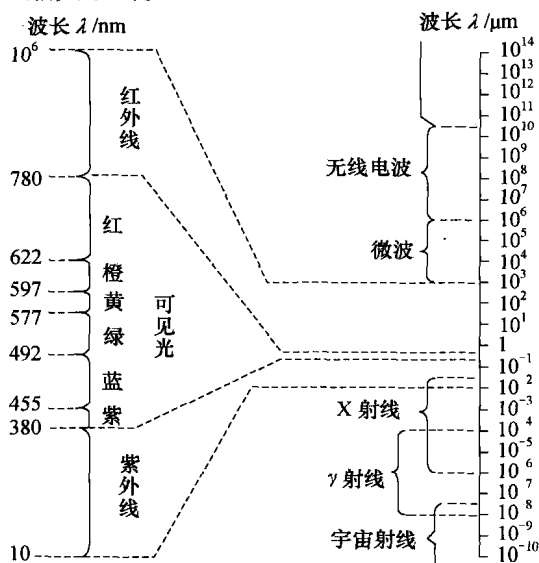


图 1-1 电磁波谱

光的波长单位用 Å(埃)表示, $1\text{Å} = 10^{-10}\text{m}$, 如用 nm(纳米)来表示, $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$ 。

紫外光的光谱范围为 $0.01\mu\text{m} \sim 0.38\mu\text{m}$; 可见光的光谱范围为 $0.38\mu\text{m} \sim 0.78\mu\text{m}$; 红外光的光谱范围为 $0.78\mu\text{m} \sim 1000\mu\text{m}$ 。

光的基本度量有光度量和辐射度量两种单位制。光度量是对可见光而言, 与人眼的光谱范围一致, 即为 $0.38\mu\text{m} \sim 0.78\mu\text{m}$ 。而辐射度量则包括整个光谱范围, 即为 $0.01\mu\text{m} \sim 1000\mu\text{m}$ 。

利用光的波动性可以圆满地解释光的干涉、衍射和偏振等现象。

1.1.2 光的粒子性(或量子性)

在物理实验中发现, 光能激发物质发射电子, 这种现象称为外光电效应。实验又发现光激发电子的初动能只与入射光的波长有关, 而与入射光的强度无关; 单位时间内激发的光电子数与入射的光强成正比。这些实验现象难以用波动光学的理论来解释, 而必须用光的量子性才能圆满解释。

按照光的粒子性, 光是由一个个光子组成, 每个光子具有能量, 其能量为

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad (1-2)$$

式中: h 为普朗克常数。由式(1-2)可知, 波长越短的光子其能量越大。

利用光的粒子性可以成功地解释光与物质相互作用所引起的光电效应。这一点很重要, 在 1.5 节中将利用这一结论。

1.2 入射光的基本度量单位

入射到光电器件光敏面上的光, 其基本度量单位有通量和照度两种。对于光度量则是光通量和光照度; 而对于辐射度量则是辐通量和辐照度。

1.2.1 通量单位

1. 辐通量

辐通量是用来表示光源的辐射本领。光源表面一个元面积 dS 的辐通量, 即在单位时间内通过该元面积 dS 的辐能, 亦即辐功率。称此功率为该元面积 dS 的辐通量。若光源的辐能 Q_e 是时间 t 的函数, 辐通量 ϕ_e 可表示为

$$\phi_e = \frac{dQ_e}{dt} \quad (1-3)$$

式中: Q_e 的单位为 J(焦), t 的单位为 s(秒), ϕ_e 的单位为 W(瓦)。

2. 光通量

人眼只对波长为 $0.38\mu\text{m} \sim 0.78\mu\text{m}$ 的辐能引起视觉, 而且即使在此范围内, 人眼对不同波长光的视觉灵敏度也不一样。这就是说, 人眼对光感觉的强弱不仅取决于光源辐射能量的大小, 同时还取决于眼睛对辐射波长的视觉灵敏度。按人眼的感觉强度进行度

量的辐能大小称为光能,它和辐能大小以及人眼的视觉灵敏度成正比。

在单位时间内通过元面积 dS 的光能,称为该元面积 dS 的光通量。若光能 Q_v 是时间 t 的函数,光通量 ϕ_v 可表示为

$$\phi_v = \frac{dQ_v}{dt} \quad (1-4)$$

式中:若 Q_v 的单位为 $\text{lm} \cdot \text{s}$, t 的单位为 s ,则光通量单位为 lm (流)。

1.2.2 照度单位

1. 辐照度

辐照度是用来表示光源辐射到物体表面的辐通量强弱的量。辐射到元面积 dS 的辐通量 $d\phi_e$ 与该元面积 dS 之比称为辐照度 E_e ,即

$$E_e = \frac{d\phi_e}{dS} \quad (1-5)$$

在均匀辐射下,则

$$E_e = \frac{\phi_e}{S} \quad (1-6)$$

式中: ϕ_e 的单位为 W , S 的单位为 m^2 , E_e 的单位为 W/m^2 。

2. 光照度

与辐照度相对应的光照度,是表示物体表面被光源照明强弱的量。照射到元面积 dS 的光通量 $d\phi_v$ 与该元面积 dS 之比称为光照度 E_v ,即

$$E_v = \frac{d\phi_v}{dS} \quad (1-7)$$

在均匀照明下

$$E_v = \frac{\phi_v}{S} \quad (1-8)$$

式中: ϕ_v 的单位是 lm , S 的单位是 m^2 , E_v 的单位为 lx (勒)。

表 1-1 是辐射度量和光度量单位对照表。

表 1-1 基本度量的单位和符号

辐射度量				光度量			
量的名称	符号	单位名称	代号	量的名称	符号	单位名称	代号
辐[射]能量	Q_e	焦[耳]	J	光能量	Q_v	流[明]·秒	$\text{lm} \cdot \text{s}$
辐射通量	ϕ_e	瓦[特]	W	光通量	ϕ_v	流[明]	lm
辐照度	E_e	瓦[特]/米 ²	W/m^2	光照度	E_v	勒[克斯]	lx

为了对光照度有些具体数值上的概念,表 1-2 列举了一些常见情况下的光照度的近似值。

表 1-2 一些实际情况下的光照度近似值(单位为 lx)

无月夜天光在地面上所生的照度	3×10^{-4}
接近天顶的满月在地面所生的照度	0.2
办公室工作所必需的照度	20 ~ 100
晴朗的夏日在采光良好的室内照度	100 ~ 500
夏天太阳不直接照到的露天地的照度	1000 ~ 10000

1.2.3 辐射度参数与光度参数关系

由图 1-1 可知,人眼可见光只占一小部分,大部分为不可见光。而人眼在不同光强下,对不同波长的光视感程度也不同,在白天人眼视网膜的锥状细胞敏感,称为白昼视觉或明视觉,其光谱范围为 $0.38\mu\text{m} \sim 0.78\mu\text{m}$,在 $0.55\mu\text{m}$ 处最为敏感,称为峰值波长 λ_m ,且能分辨出各种颜色;在夜间人眼视网膜的柱状细胞起作用,称为夜间视觉或暗视觉,其光谱范围为 $0.33\mu\text{m} \sim 0.73\mu\text{m}$,峰值波长 $\lambda_m = 0.507\mu\text{m}$,但不能分辨颜色。

对于明视觉,在峰值波长 λ_m 处,由实验确定辐通量与光通量的换算关系为 $\phi_{v,\lambda_m} = K_m \phi_{e,\lambda_m}$,其中 $K_m = 6831\text{m/W}$ 为明视觉峰值波长 λ_m 处的光度参数与辐射度参数的转换常数。对于其他波长处的转换关系为

$$\phi_{v,\lambda} = K_m V(\lambda) \phi_{e,\lambda} \quad (1-9)$$

式中: $V(\lambda)$ 为人眼的明视觉光谱视效率,可由光度参量手册查得。对于其他参数间的转换关系可用通式表示,即

$$X_{v,\lambda} = K_m V(\lambda) X_{e,\lambda} \quad (1-10)$$

式中: $X_{v,\lambda}$ 和 $X_{e,\lambda}$ 分别为光度参数和辐射度参数。

仿照明视觉光度参量与辐射度参量的转换关系,可得暗视觉的参量转换关系,但其转换常数 $K'_m = 17251\text{m/W}$,暗视觉光谱光视效率 $V'(\lambda) \neq V(\lambda)$,也可由手册查得。

1.3 常用光源

光是光电信息变换与传输的媒介或载体,所以光源是光电信息变换中的重要组成部分。光源分为自然光和电光源两大部分,自然光包括太阳光、月光和星光等。常用电光源有半导体发光二极管(LED)和半导体激光器。

1.3.1 半导体发光二极管

1. PN 结发光原理

电致发光的半导体发光二极管其结构与普通二极管相同,但机理各异。对发光二极管施加正偏压时,在注入电流激发下使电能直接转变为光能。电注入发光原理如图 1-2 所示。

若在 PN 结上施加正向电压时,PN 结区势垒降低,促进了扩散电流增加,由于电子的迁移率比空穴的迁移率高达 20 倍,所以有大量电子注入 P 区,并在 P 区内与空穴相遇复

合,并以光的形式放出能量。可见,发光主要发生在P区内。

目前实用的发光二极管大多用Ⅲ-V族半导体材料制成,如磷化镓、砷化镓和磷砷化镓等。由于材料和禁带宽度的不同,可以制成不同型号的LED,使其发出不同颜色的光。

2. 发光二极管的主要特点

(1) 发光二极管的发光强度与正向电流之间的关系为:当工作电流低于25mA时,两者基本为线性关系;当电流超过25mA后,由于PN结发热而使曲线弯曲。采用脉冲工作方式,可以减少结发热的影响,扩大线性范围。

(2) 发光二极管的响应速度快,时间常数为 $10^{-6}\text{s} \sim 10^{-9}\text{s}$ 。如果发光二极管进行调制,其调制频率可以很高。

(3) 发光二极管的正向电压低,可以直接与集成电路匹配使用。

(4) 具有小巧轻便、耐振动、寿命长(大于5000h)和单色性好等一系列优点。

(5) 发光二极管的主要缺点是发光效率低。另外,短波光(如蓝、紫光)的材料极少。

由于上述优点,发光二极管越来越得到广泛应用,除了用于光电信息变换外,在数码管、阵列组合显示文字、图像等方面得到普遍应用。

有关发光二极管驱动电路在2.4节里介绍。

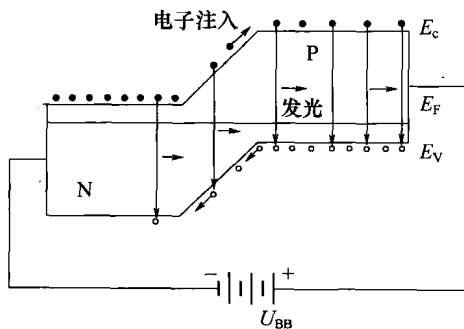


图1-2 电注入发光原理

1.3.2 半导体激光器

1. 激光器的基本原理及特点

激光器是由激光工作物质、激励(泵浦)源和光学谐振(共振)腔组成,如图1-3所示。

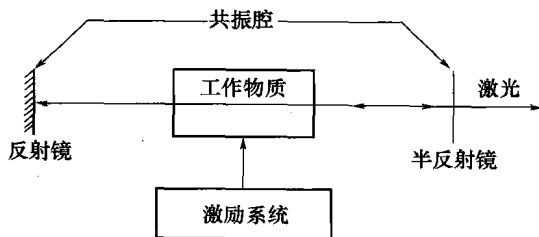


图1-3 激光器的组成结构

工作物质是激光器的核心部分,它能将外部提供的能量转换为激光。工作物质包括半导体、固体(晶体玻璃)、气体(原子、分子、离子等)、液体(有机或无机)等材料,用不同的工作物质可以制成各种类型的激光器,如半导体激光器、固体激光器和气体激光器等。激励源的作用是向工作物质提供能量。对于不同的工作物质提供能量的方式也不同,例如:对固体工作物质采用光激励,气体工作物质采用气体放电激励,半导体工作物质采用