



普通高等教育“十一五”规划教材

教育部光电信息科学与工程类
专业教学指导分委员会

推荐用教材

光电技术

江文杰 曾学文 施建华 编著



科学出版社
www.sciencep.com

普通高等教育“十一五”规划教材

光电技术

江文杰 曾学文 施建华 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本教材介绍光电技术的理论及应用基础,讲述常用光电器件的原理、应用技术和光电信号的变换与处理技术。主要内容包括光辐射探测的理论基础,常用光辐射源、光电探测器、热探测器、图像传感器等光电器件的结构原理及应用技术,光学信号的调制与解调技术,直接探测和相干探测技术,光电检测电路与信号处理技术,典型光电系统的分析与设计。

本书可作为高等院校本科光电信息工程、光信息科学与技术、测试技术与仪器、电子科学与技术、电气工程及其自动化、通信工程、应用物理学等专业本科生及研究生教材,也可供高等院校其他相关专业师生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

光电技术/江文杰,曾学文,施建华编著. —北京:科学出版社,2009
普通高等教育“十一五”规划教材
ISBN 978-7-03-023189-5

I. 光… II. ①江…②曾…③施… III. 光电子技术-高等学校-教材
IV. TN2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 159868 号

责任编辑:马长芳 潘继敏 / 责任校对:李奕萱
责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

丽 源 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 1 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2009 年 1 月第一次印刷 印张:24 1/4

印数:1—3 000 字数:470 000

定价:36.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

前 言

光电技术是一门以微电子学为基础,综合利用光学技术、微电子学技术、精密机械及计算机技术解决各种工程应用课题的技术学科。它将电子学中的许多基本概念与技术(如调制与解调、放大与振荡、倍频、和频与差频等)移植到光频段,解决光电信息系统中的工程技术问题。这一先进技术使人类能更有效地扩展自身的视觉能力,使视觉的长波延伸到亚毫米波,短波延伸至紫外、X射线、 γ 射线,乃至高能粒子,并可以在飞秒级记录超快现象(如核反应、航空器发射)的变化过程。光电技术在现代科技、经济、军事、文化、医学等领域发挥着极其重要的作用,以此为支撑的光电子产业是当今世界争相发展的支柱产业,是竞争激烈、发展最快的信息技术产业的主力军。

作者总结了多年讲授光电技术类课程的教学经验,并参阅了大量国内外优秀教材和科技文献,为适应光电类人才培养的需求而编写本教材。本书作者已在光电工程、光信息科学与技术等本科专业课程教学中经历了三次教学实践,并在征求专家、教授和学生等多方面意见的基础上先后对本书内容进行了四次较大的修改和完善。本书为“教育部光电信息科学与工程类专业教学指导分委员会推荐用教材”。在编写过程中,特别注意做到以下几点:

1. 综合分析国内外知名大学光电技术类课程的知识体系,根据光电信息科学与工程专业课程结构特点和要求,将本书内容限定在光学系统和电子系统的联结点,即包括理论基础、光辐射源和光电探测器、光电信号变换与处理和典型应用系统的分析与设计等四大部分,力求突出主线内容。

2. 在阐明基本原理的同时突出了应用技术,使学生能够把握光电技术的总体框架,有兴趣、有信心地投入到创新活动实践中。

3. 根据培养计划和教学体会,特别注意了与其他基础课程(如光学、模拟与数字电路技术、激光原理与技术等)内容的衔接,力求讲授内容深入浅出、应用性强和可读性好。

4. 以阴影背景文字的排版形式,对知识衔接点和光电技术的最新发展应用实例等内容进行介绍,这些内容可根据课时要求有选择地讲授,也可作为阅读材料,以扩展学生的视野。

5. 优化了每章的习题与思考题,突出基本概念、基本应用,并注意拓展学生的知识面和综合应用能力的培养。

全书共 11 章。第 1 章介绍光辐射探测的理论基础知识;第 2 章介绍常用光辐

射源;第3章至第6章分别介绍光电导探测器、光伏探测器、光电子发射探测器和热探测器等器件的结构原理及应用技术;第7章介绍变像管、像增强器、摄像管、CCD及CMOS图像传感器等光电成像器件;第8章介绍光学信号的调制和解调技术;第9章介绍直接探测和相干探测技术;第10章介绍光电检测电路与信号处理技术;第11章介绍典型光电系统的分析与设计。其中,绪论、第1~5、10章由江文杰编写,第6、7章及第11章11.1、11.2、11.3节由曾学文编写,第8、9章由施建华编写,第11章11.4、11.5节分别由王省书和邱志强编写。全书由江文杰统稿。

本书既适应多学时(50学时)教学,也可适应少学时(36学时)教学。对于少学时教学,可根据课程设置的要求,选讲第2章、第7章、第10章及第11章等章节的部分内容,甚至直接跳过这些章节进行教学,不会影响其他章节内容的学习。此外,各章加“*”号的内容可根据需要选讲,阴影背景文字内容可作为阅读内容。本书配有教学光盘(另外索取),其中包括多媒体教学课件、习题与思考题的参考解答和科技文献等教学资料,可供教师教学参考。

在本书的编写过程中,得到了学院各级领导的悉心指导与大力支持以及有关院校的专家、教授和前辈们的指导和帮助。2005年春,国防科技大学光电科学与工程学院设立“光电技术”教学岗位,提出了明确的课程教材建设目标与要求,并全程指导和督查教材建设。清华大学孙培增教授应邀亲临学校与教材编写组主要人员进行了深入而详细的探讨,就教材编写的指导思想、知识结构体系、内容安排及专业术语等多方面提出了宝贵的指导性建议;学院秦石乔教授指导制定了教材大纲,陆启生教授审查了全书知识结构体系并就重点章节提出了指导性修改方案;张广发教授、罗晖教授、谭吉春教授、冯莹教授、袁晓东教授、王省书教授、杨华勇副教授、梁永辉副教授和中南大学张学庄教授等参与了教材评审工作并提出了宝贵的修改建议;林亚风副教授就激光器部分提出了有益的建议;张强、陈梅雄和李丹等同学帮助校稿、查阅资料及搜集教材使用信息,做了大量的工作;教育部高等学校光电信息科学与工程专业教学指导分委员会郁道银教授、金伟其教授、刘向东教授和杨坤涛教授评审了教材的第四次修改稿,并站在光电信息科学与工程专业建设的前沿,提出了完善教材的指导性意见。编者谨向所有对本书编写工作提供帮助的同志表示衷心感谢。

在编写本书过程中,参考了大量的国内外优秀教材和科技文献,并根据本书体系的需要选编了其中的一些典型内容,在每一章后均给出了主要参考文献。编者在此向文献作者们表示衷心感谢。

光电技术不仅内容涉及多种学科领域,而且是活跃的发展学科。由于编者水平有限,加上时间紧迫,错误或不当之处,欢迎专家学者、教师、学生和工程技术人员提出宝贵意见,以便今后不断改进。

编者

2008年9月

目 录

前言	
绪论	1
0.1 信息和光电技术	1
0.2 光电探测及其重要作用	2
0.3 光电技术的特点及其发展	5
参考文献	8

第一部分 理论基础

第1章 光辐射探测的理论基础	11
1.1 辐射度学与光度学的基础知识	11
1.1.1 光的基本概念	11
1.1.2 辐射度量	12
1.1.3 光度量	14
1.1.4 辐射度学和光度学中的两个基本定律	17
1.2 半导体的基础知识	18
1.2.1 能带理论	18
1.2.2 热平衡状态下的载流子	21
1.2.3 半导体对光的吸收	23
1.2.4 非平衡状态下的载流子	25
1.2.5 载流子的扩散与漂移	28
1.3 光电探测器概述	29
1.3.1 半导体的光电效应	29
1.3.2 光电探测器的噪声	37
1.3.3 光电探测器的特性参数	40
本章小结	45
习题与思考题	45
参考文献	46

第二部分 光辐射源和光电探测器

第 2 章 常用光辐射源	51
2.1 黑体辐射	51
2.1.1 发射率和基尔霍夫定律	51
2.1.2 普朗克辐射公式	52
2.1.3 维恩位移定律	53
2.1.4 斯蒂芬-玻尔兹曼定律	53
2.2 光源的基本特性参数	54
2.3 热辐射光源	56
2.3.1 自然辐射源	56
2.3.2 黑体辐射器	58
2.3.3 白炽灯与卤钨灯	59
2.4 气体放电光源	60
2.4.1 汞灯	60
2.4.2 氙灯	61
2.4.3 原子光谱灯	62
2.4.4 氖灯	62
2.5 激光器	63
2.5.1 气体激光器	64
2.5.2 固体激光器	64
2.5.3 染料激光器	65
2.5.4 半导体激光器	65
2.6 发光二极管	67
本章小结	69
习题与思考题	70
参考文献	70
第 3 章 光电导探测器	72
3.1 光电导探测器材料结构原理	72
3.1.1 光电导探测器的材料及分类	72
3.1.2 光照下的光电导响应过程	74
3.1.3 光电导探测器的结构和原理	76
3.2 光电导探测器的主要特性参数	79
3.3 光电导探测器的偏置电路及应用	86

3.3.1	偏置电路的基本参数及直流输出信号	86
3.3.2	几种典型的偏置电路	87
* 3.3.3	光电导探测器应用举例	89
	本章小结	90
	习题与思考题	91
	参考文献	93
第4章	光伏探测器	94
4.1	光伏探测器的工作原理及特性	94
4.2	常用光伏探测器	99
4.2.1	硅光电池	99
4.2.2	硅光电二极管	102
4.2.3	硅光电三极管	104
4.2.4	PIN 光电二极管	107
4.2.5	雪崩光电二极管	107
* 4.2.6	紫外光电二极管	110
* 4.2.7	碲镉汞、碲锡铅红外光电二极管	110
4.3	光伏探测器组合器件	111
4.3.1	半导体色敏器件	111
4.3.2	阵列式光电器件	114
4.3.3	象限式光电器件	114
4.3.4	光电位置探测器	115
4.3.5	光电耦合器	117
4.4	光伏探测器的偏置电路	117
4.4.1	自偏置电路	118
4.4.2	零伏偏置电路	119
4.4.3	反向偏置电路	121
	本章小结	124
	习题与思考题	125
	参考文献	127
第5章	光电子发射探测器	128
5.1	光电阴极	128
5.2	光电管和光电倍增管的结构原理	132
5.2.1	光电管	132
5.2.2	光电倍增管	133
5.3	光电倍增管的主要特性参数	136

5.4 光电倍增管的工作电路及应用	143
5.4.1 高压供电电路	143
5.4.2 信号输出电路	147
5.4.3 光电倍增管应用举例	149
本章小结	152
习题与思考题	152
参考文献	153
第6章 热探测器	154
6.1 热探测器的基本原理及特性	154
6.1.1 热流方程及其解	154
6.1.2 热探测器的共性分析	156
6.2 热电偶和热电堆	158
6.2.1 热电偶的结构原理	159
6.2.2 热电偶的主要特性参数	161
6.2.3 热电堆	163
6.2.4 热电偶和热电堆的应用	164
6.3 测辐射热计	165
6.3.1 测辐射热计的结构原理	166
6.3.2 测辐射热计的主要特性参数	167
6.3.3 测辐射热计的应用	170
6.4 热释电探测器	170
6.4.1 热释电探测器的结构原理	171
6.4.2 热释电探测器的主要特性参数	175
6.4.3 快速热释电探测器	178
6.4.4 热释电探测器的应用	179
本章小结	179
习题与思考题	180
参考文献	182
第7章 光电成像器件	184
7.1 像管	184
7.1.1 像管的结构和工作原理	185
7.1.2 像管的主要特性参数	187
7.1.3 变像管	191
7.1.4 像增强器	193
7.1.5 像管的典型应用	196

7.2 电真空摄像管	198
7.2.1 电视制式	198
7.2.2 电真空摄像管的结构原理	202
7.3 固体摄像器件	203
7.3.1 电荷耦合器件	204
7.3.2 CMOS 图像传感器	219
7.3.3 红外焦平面阵列器件	223
本章小结	227
习题与思考题	228
参考文献	228

第三部分 光电信号变换与处理

第 8 章 光学信号的调制	233
8.1 光信号调制的概述	233
8.2 光信号调制的基本原理	234
8.2.1 连续波调制	234
8.2.2 脉冲调制	239
8.2.3 编码调制	239
8.3 光信号调制的基本方法	240
8.3.1 光信号强度的调制	240
8.3.2 光信号相位的调制	251
8.3.3 光信号频率的调制	253
8.3.4 光信号偏振的调制	257
8.4 调制信号的解调	259
8.4.1 直线律检波与调幅信号的解调	259
8.4.2 相敏检波与调相信号的解调	260
本章小结	262
习题与思考题	262
参考文献	264
第 9 章 直接探测和相干探测	265
9.1 直接探测	265
9.1.1 直接探测的基本原理	265
9.1.2 直接探测系统的视场和作用距离	268
9.1.3 直接探测的应用举例	272

9.2 相干探测	279
9.2.1 相干探测的基本原理	279
9.2.2 相干探测的条件	283
9.2.3 相干探测的应用举例	285
* 9.3 探测方法的改进	292
9.3.1 平衡探测	292
9.3.2 光前置放大探测	293
本章小结	294
习题与思考题	295
参考文献	297
第 10 章 光电检测电路与信号处理	299
10.1 光电检测电路的带宽和频率特性	299
10.1.1 光电检测电路的基本结构及技术要求	299
10.1.2 光电检测电路的带宽	300
10.1.3 光电检测电路的频率特性分析与设计	301
10.2 光电检测电路的低噪声设计	305
10.2.1 前置放大器的噪声	305
10.2.2 光电检测电路的噪声	308
10.2.3 光电检测电路的噪声估算	312
* 10.3 微弱光电信号的检测与处理	315
10.3.1 相关检测理论	316
10.3.2 锁定放大器	318
10.3.3 取样积分器	322
10.3.4 光子计数器	326
本章小结	331
习题与思考题	331
参考文献	333

第四部分 典型应用

第 11 章 典型光电系统的分析与设计	337
11.1 分布式光纤测温系统	337
11.1.1 拉曼分布式光纤测温系统的工作原理	337
11.1.2 实用的分布式光纤测温系统	340
11.2 光谱测量系统	342

11.2.1	基于 PMT 的光谱辐射仪	342
11.2.2	光学多通道分析仪	344
11.2.3	傅里叶变换(红外)光谱仪	345
11.3	CCD 尺寸测量系统	349
11.3.1	CCD 玻璃管测控仪的系统设计及工作原理	349
11.3.2	CCD 玻璃管测控仪的参量确定	350
* 11.4	光电精确制导系统	355
11.4.1	红外点源寻的制导系统	355
11.4.2	激光制导系统	359
* 11.5	光测图像系统	362
11.5.1	模拟图像与数字图像	362
11.5.2	光测图像系统的组成	363
11.5.3	光测图像系统的关键技术	363
11.5.4	典型光测图像系统举例	368
	习题与思考题	370
	参考文献	370
附录	部分习题与思考题答案及提示	372

绪 论

0.1 信息和光电技术

21 世纪的人类社会将是一个高度信息化的社会^[1]。随着社会物质文明和精神文明生活的高度发展,信息已不再仅仅是社会中人们通信联络的纽带,更将成为创造社会财富、丰富文明生活和提高社会素质的源泉与通道。社会对信息量的要求将以太比特/秒($1\text{Tbit/s} = 10^{12}\text{bit/s}$)为起点呈现超越摩尔定律的爆炸性增长,物理学家又称它为三“T”高度信息化社会,即 Tbit/s 的信息传输容量, TB/cm^3 的信息存储密度和 $1/\text{T}$ 秒的信息处理速度。

1. 光电信息技术的发展

电子和光子都是重要的信息载体。20 世纪下半叶,半导体的研究引导出微电子集成电路,彻底改变了计算机技术和信息技术的面貌。随着集成电路中单元器件的尺寸一直向“微”发展^[1,2],不久将接近极限,“电子”作为信息的载体功能,已受到“瓶颈”效应的限制。和电子信息相比^[3],光学信息有许多特点,它具有丰富的信息容量,占据宽阔的光频范围以及有多参量、并行、高速的传输处理能力,特别是它显示的直观性,能为人类的视觉所直接感受。

人类早期就利用光学信息来进行各种社会活动。我国古代的烽火台就是简单生动的例子,而舰艇上的旗语则一直沿用至今。随着社会生产力的发展,人们创造出了各种类型的光学装置和仪器,从而不断引申和扩展人类在空间分辨、时间存储和识别判读等方面的视觉能力。但传统的光学仪器是在视觉参与下的人机系统,人的操作和观察是整个系统不可缺少的环节。现代科学技术的发展,对复杂光信息的高速采集和处理提出了更高的要求,这是传统的光学仪器所难以胜任的。

20 世纪科学技术得到了飞跃性的发展,光学技术和其他众多学科之间形成了彼此间的渗透和结合。在光学技术的发展中,无线电电子学和控制信息理论发挥了重要作用。这不仅反映在光学的基本理论方面(例如,傅里叶光学和统计光学的产生),而且也反映在应用技术方面。许多在电子学中之行之有效的技术方法,例如,放大、振荡、编码、调制等,都已相继被移植到光学系统中来。许多电子学的有源、可控器件或单元电路功能也已经或正在采用光学方法实现。在传统的光学仪器中利用光电传感器、电子技术和微处理机技术更是光学仪器实现自动化的常用手段,

可以说电子技术促进了现代光学技术的进步。另外,光学技术对其他学科的发展也起着推动的作用。在电子学、自动控制或人工智能等技术中,凡涉及高精度远距离测量或与图像有关的应用时,常常需要求助于光学技术。集成电路生产中至关重要的 $10^{-7}\sim 10^{-6}\text{m}$ 数量级的超精细加工和检测,更是与光学技术密切相关。

光学信息以其突出的特点吸引着电子技术并使信息载波从微波频域扩展到光波频域,开拓出新一代的光电子器件,并逐步形成了庞大的光电子产业。这样的技术发展促进了光学技术和电子技术的渗透和结合,形成了综合利用光学和电子技术的光电混合系统,简称光电系统。这里,以光电子学为基础的各种光电、电光、光控等有源可控器件起着决定性作用,它沟通了光学和电子学系统之间的联系。

2. 光电系统和光电技术

广义的光电系统包括两个主要的分支,即光电能量系统和光电信息系统。光电能量系统,诸如太阳能发电、激光加工、激光医疗、激光武器和激光核聚变等,主要是解决有关大功率光辐射能量的产生、控制、利用以及向其他能量形式的转换等问题。它有着广阔的发展前景,已发展成为一个专门的学科,本书将不涉及这一方面内容。

所谓光电信息系统,指的是以光辐射和电子流为信息载体,通过光电或电光相互变换,综合利用光学或电子学的方法进行信息的采集、传输、处理、存储或显示,以确定目标的混合系统。红外遥控发射接收装置、激光测距和光通信系统等都是光电信息系统的典型应用实例。本书将其简称为光电系统。

光电系统大致可分为光-电型、光-电-光型、电-光-电型、光电混合型和电光混合型等几种类型^[3]。其中,光-电型系统是指载荷有被研究信息的光载波通过光电转换变成电信号,再利用常规的电信号处理来实现检测和控制作用的系统。该类型系统是目前应用最为广泛的光电系统。

光电技术是研究光电系统中光电信号的形成、传输、采集、变换及处理方法的技术学科。它是信息技术的重要分支之一,其最大特点是所有被研究的信息,包括光学的、电学的或其他非光学的信息,都将通过各种效应(机、热、声、电、磁)调制到光载波上,而对光载波的处理可以是光学的,也可以是电子学的。

0.2 光电探测及其重要作用

从常见的应用角度出发,光电技术中重要的研究内容是将光学信息或者可变为光学信息的其他信息转换为电信号,进而组成光、机、电、计算机的综合系统,实现光学信息检测的自动化。这样的系统常称为光电探测系统,也称为光电检测系统。它将是本书讨论的重点内容。

1. 光电探测系统的组成

通常,光电探测系统由光辐射源、光学系统、调制器、传输介质、光电探测器和电子系统等基本环节组成。图 0-1 是典型的光电探测系统的组成和信息流程图。

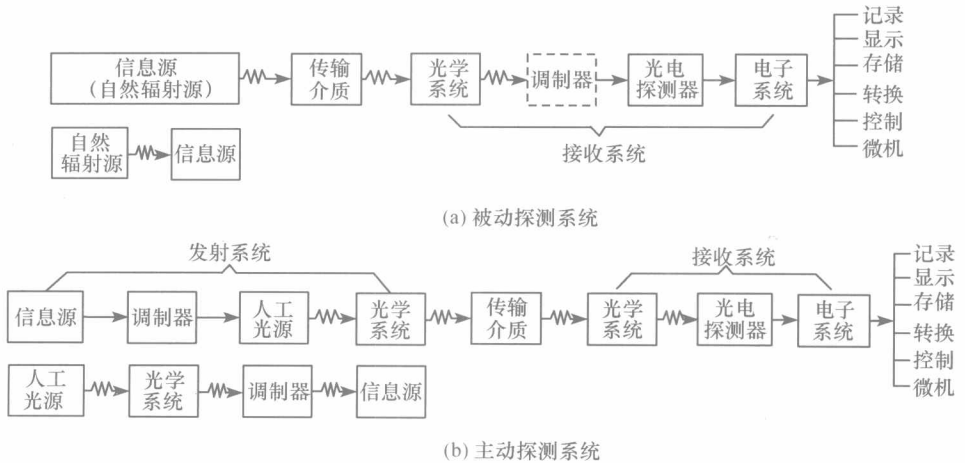


图 0-1 光电探测系统的组成和信息流程图

图 0-1(a)所示为被动探测系统的框图,如人体红外测温仪、微光夜视仪等。其信息源可以是来自被探测物体自身的辐射,例如,所要探测的飞机、舰船、星体、火焰和人体等物体自身的紫外、红外或可见光辐射;也可以是来自其他自然辐射源(如太阳)照射在被探测物体上形成的反射、散射等光辐射,例如,遥感技术中地球表面不同物体的反射光谱。根据它们的辐射性质与周围环境的差别,探测系统就能获取有关信息。这些信息源的辐射经过传输介质(如大气),到达接收光学系统。接收光学系统获得的部分信息源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。通常,为了尽可能提高检出信息的质量,系统中加入调制环节,从而光电探测器输出信号是调制信号。调制信号经电子系统放大、处理后,就能检出所需信息。由于检出的信息是由电信号表示的,可以跟后面多种环节连接,如连接显示、记录、存储和转换等环节或者连接控制环节形成自动控制系统,或者连接计算机完成智能性任务等。

图 0-1(b)所示为主动探测系统的框图。其信息源不同时兼作辐射源,即系统不是利用信息源自身辐射,或者信息源为非光学量。这种系统将某些非光学的物理量(如语音、数据等)先设法变成电信号,然后通过调制器把信息加载到光波上进行传输,典型的有光纤通信系统等;或者采用人工光源照射被测物体,使所需信息能加载到反射、透射、散射或衍射光波上,然后利用光电探测系统进行检测,例如,

激光制导、激光测距系统等。在接收端,主动光电系统与被动光电系统有同样的方块图。主动系统中传输介质大多是大气,少数采用光纤。

因此,光电探测系统涉及光电子学、激光技术、应用光学、电子技术和计算机技术等众多技术学科。本书的内容仅限定在光学系统和电子系统的联结点,即光辐射探测的理论基础、光电器件的基本原理和外部特性、光电信号的变换与处理方法以及典型应用系统分析设计。

2. 光电系统的应用

根据系统实现功能的不同,光电系统的应用可分为以下几个方面:

(1) 测量检查。其基本功能是进行光学或非光学参量的光电检测,可测参量包括几何量(长度、角度、形状、位置、变形、面积、体积、距离等)、运动参量(速度、转动、流量、振动、加速度等)、表面形态参量(工件粗糙度、疵病、伤痕等)、光学参量(吸收、反射、透射、光度、色度、波长和光谱等)、成分分析(物理属性、浓度、浊度等)、机械量(质量、应力、应变、压强等)、电磁量(电流、电场、磁场等)以及温度和放射线的测量等。检测系统要求可靠的重复示值和可信度,并且要有适用的数据处理能力和数据输出方式。

(2) 控制跟踪。这是一种有光电检测能力的反馈控制系统。光电传感器是信号反馈单元,当它检测到受控目标相对平衡状态的偏差信号时,可通过闭环控制使目标相对基准实现伺服跟踪或恒值调节。它的主要应用包括军事和科学应用(激光制导、热定向、飞行物自动跟踪等),以及工业应用(精密工作台的自动定位、工业图形的自动加工、状态参量的极值控制以及有视觉能力的机器人等)。跟踪系统要求有准确的跟踪能力和快速的动态响应能力。

(3) 图像测量和分析。它的功能是采集目标的二维或三维光强的时空分布,记录和再现目标的图像并进行判读、识别或图像的运算处理。图形检测是图像分析的分支,其目的是同时完成图形几何坐标和光密度等级的精确测量,应用在工业图形检测中。图像测量和分析主要依靠扫描或摄像装置采集光信号,同时进行空间-时间和光-电的变换。为了将大容量的光学图像变成相应的数字图像,需要大容量的图像存储器。图像数据的处理和分析由计算机完成。这是当前光机电算混合型光电技术发展的重要标志。

光电技术特别是光电探测、光通信、光电测量与控制、光电信息处理和光存储等的应用已遍及军事、科学研究、工业、农业、宇宙与环境科学、医疗卫生和民用等各个领域。从星体温度探测和人造卫星监测到生物细胞的显微测量和微循环检查,从视觉工业机器人和光学计算机到民用全自动照相机和简单光电开关,光电技术已经成为现代科学技术和人类生活中不可缺少的环节,特别是在生产领域中生产过程的视觉检查和制品加工自动化、各种性能参数的精密测试以及图形检测和

分析判断等方面,光电技术将发挥重要作用。为了实现光学仪器的更新换代,光电技术将在机电一体化光学仪器的研制开发中起主导作用。利用光电技术组成的各类光电装置是计算机控制、管理以及监控系统对外联系的最有前途的外部设备,是一种在技术上最有潜力的信息机器。

0.3 光电技术的特点及其发展

1. 光电系统的特点

光学技术处理的是空间光信息,它具有多维、并行、快速数据处理等能力;电子技术处理的是一维电信息随时间的变化,它有较强的运算灵活性和变换精度。光电技术兼备这些优点,具有以下的特点:

(1) 高精度和远距离。光电测量的精度是各种测量技术中精度最高的一种。如用激光干涉法测量长度的精度可达 $0.05\mu\text{m}/\text{m}$;光栅莫尔条纹法测角精度可达 $0.04''$;用激光测距法测量地球与月球之间距离的分辨率可达 1m 。光载波最便于远距离传播,尤其适用于遥控和遥测,如电视遥测、光电跟踪和光电制导等。

(2) 高速度、大容量。以光子作为信息载体,其传输速度是各种物质中传播速度最快的,信息载波容量比电子至少要大一千倍。

(3) 非接触。检测所需的输入能量几乎不影响被测物的能量状态,并且测量仪器和被测对象之间不存在机械摩擦,容易实现动态测量。

(4) 有较强的信息处理和运算能力。可进行复杂信息的并行处理和多种形式的数学运算。运算速度快,空间互连效率高,抗干扰能力强,可调制变量多,信号变换灵活。用光电方法还便于信息的控制和存储,易于实现自动化,易于与计算机连接,易于实现智能化等。

(5) 有广泛的适用范围。能获取和处理多种光学信息和非光学参量,包括探测机构内部或危险环境下的工作参量。

光电技术将电子技术和光学技术相结合,已成为 21 世纪信息技术发展的最大特点。美国商务部指出,“谁在光电产业方面取得主动权,谁就将在 21 世纪的尖端科技较量中夺魁”^[4]。科学界曾预言,光电子产业在 10 年内将形成 5 万亿美元的产值,成为全球最大的产业。

2. 光电系统的发展

近年来,光电技术的发展趋势主要体现在以下几个方面:

1) “光子挑战电子,电子联盟光子”

光子和电子都是重要的信息载体^[5]。电子带负电具有相互排斥性;而光子为