



教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材
高等学校电子信息类专业系列教材

光学工程

P rinciples and Technology Applications of Wave Optics
Second Edition

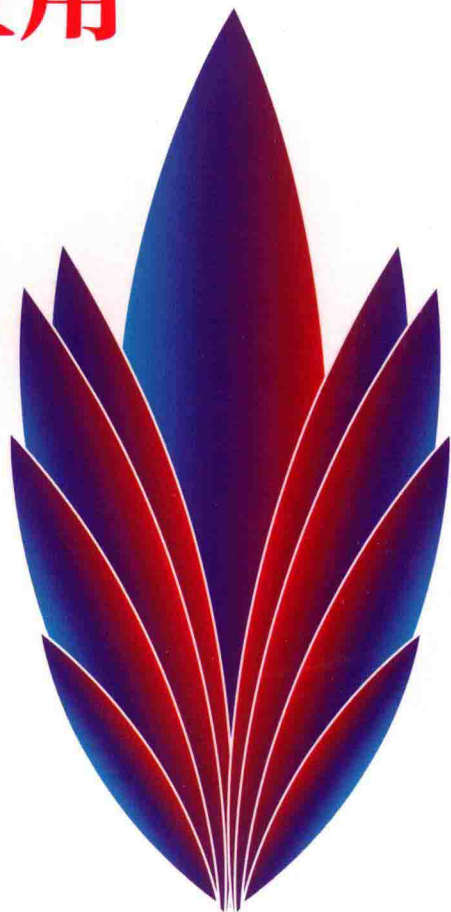
光波学

原理与技术应用

(第2版)

张伟刚 编著

Zhang Weigang



清华大学出版社



教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材
高等学校电子信息类专业系列教材

Principles and Technology Applications
of Wave Optics

Second Edition

光波学 原理与技术应用

(第2版)

张伟刚 编著

Zhang Weigang

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以经典电磁场理论和近代光学为基础,系统论述了光波的基本原理、光波传输规律与特性、光器件设计与研制、光波技术主要应用等。全书共五篇,即基础篇、运动篇、动力篇、器件篇和应用篇。基础篇包括光波光学基础知识、光波分析方法和光传输介质波导;运动篇包括光波运动学方程、各向同性介质光传输、各向异性介质光传输和周期性介质光传输;动力篇包括光波动力学方程、光波与外场作用和光波之间相互作用;器件篇包括光波导调控器件和光波导器件研制;应用篇包括光测量技术应用、光通信技术应用和光传感技术应用。

本书结构体系创新,理论与应用并重,内容系统全面,吸纳最新科研成果(包括作者本人及合作者的科研成果),各章附小结、问题与思考,可以作为高等学校物理学、光电子学、光学、光学工程、激光技术、光学仪器、信息与通信技术等专业研究生和本科生教材,也可作为从事光学工程、光电子技术、光通信技术、光传感技术、光测量技术工作的工程技术人员和其他相关专业人员的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

光波光学原理与技术应用/张伟刚编著. —2版. —北京:清华大学出版社,2019
(高等学校电子信息类专业系列教材)
ISBN 978-7-302-52073-3

I. ①光… II. ①张… III. ①光波导—高等学校—教材 IV. ①TN252

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第009708号

责任编辑:盛东亮
封面设计:李召霞
责任校对:梁毅
责任印制:宋林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:25 字 数:606千字

版 次:2013年7月第1版 2019年6月第2版 印 次:2019年6月第1次印刷

定 价:69.00元

产品编号:074153-01

高等学校电子信息类专业系列教材

一 顾问委员会

谈振辉	北京交通大学	(教指委高级顾问)	郁道银	天津大学	(教指委高级顾问)
廖延彪	清华大学	(特约高级顾问)	胡广书	清华大学	(特约高级顾问)
华成英	清华大学	(国家级教学名师)	于洪珍	中国矿业大学	(国家级教学名师)
彭启琮	电子科技大学	(国家级教学名师)	孙肖子	西安电子科技大学	(国家级教学名师)
邹逢兴	国防科技大学	(国家级教学名师)	严国萍	华中科技大学	(国家级教学名师)

一 编审委员会

主任	吕志伟	哈尔滨工业大学			
副主任	刘旭	浙江大学	王志军	北京大学	
	隆克平	北京科技大学	葛宝臻	天津大学	
	秦石乔	国防科技大学	何伟明	哈尔滨工业大学	
	刘向东	浙江大学			
委员	王志华	清华大学	宋梅	北京邮电大学	
	韩焱	中北大学	张雪英	太原理工大学	
	殷福亮	大连理工大学	赵晓晖	吉林大学	
	张朝柱	哈尔滨工程大学	刘兴钊	上海交通大学	
	洪伟	东南大学	陈鹤鸣	南京邮电大学	
	杨明武	合肥工业大学	袁东风	山东大学	
	王忠勇	郑州大学	程文青	华中科技大学	
	曾云	湖南大学	李思敏	桂林电子科技大学	
	陈前斌	重庆邮电大学	张怀武	电子科技大学	
	谢泉	贵州大学	卞树檀	火箭军工程大学	
	吴瑛	解放军信息工程大学	刘纯亮	西安交通大学	
	金伟其	北京理工大学	毕卫红	燕山大学	
	胡秀珍	内蒙古工业大学	付跃刚	长春理工大学	
	贾宏志	上海理工大学	顾济华	苏州大学	
	李振华	南京理工大学	韩正甫	中国科学技术大学	
	李晖	福建师范大学	何兴道	南昌航空大学	
	何平安	武汉大学	张新亮	华中科技大学	
	郭永彩	重庆大学	曹益平	四川大学	
	刘缠牢	西安工业大学	李儒新	中国科学院上海光学精密机械研究所	
	赵尚弘	空军工程大学	董友梅	京东方科技集团股份有限公司	
	蒋晓瑜	陆军装甲兵学院	蔡毅	中国兵器科学研究院	
	仲顺安	北京理工大学	冯其波	北京交通大学	
	黄翊东	清华大学	张有光	北京航空航天大学	
	李勇朝	西安电子科技大学	江毅	北京理工大学	
	章毓晋	清华大学	张伟刚	南开大学	
	刘铁根	天津大学	宋峰	南开大学	
	王艳芬	中国矿业大学	靳伟	香港理工大学	
	苑立波	哈尔滨工程大学			
丛书责任编辑	盛东亮	清华大学出版社			

序

FOREWORD

我国电子信息产业销售收入总规模在 2013 年已经突破 12 万亿元,行业收入占工业总体比重已经超过 9%。电子信息产业在工业经济中的支撑作用凸显,更加促进了信息化和工业化的高层次深度融合。随着移动互联网、云计算、物联网、大数据和石墨烯等新兴产业的爆发式增长,电子信息产业的发展呈现了新的特点,电子信息产业的人才培养面临着新的挑战。

(1) 随着控制、通信、人机交互和网络互联等新兴电子信息技术不断发展,传统工业设备融合了大量最新的电子信息技术,它们一起构成了庞大而复杂的系统,派生出大量新兴的电子信息技术应用需求。这些“系统级”的应用需求,迫切要求具有系统级设计能力的电子信息技术人才。

(2) 电子信息系统设备的功能越来越复杂,系统的集成度越来越高。因此,要求未来的设计者应该具备更扎实的理论基础知识和更宽广的专业视野。未来电子信息系统的设计越来越要求软件和硬件的协同规划、协同设计和协同调试。

(3) 新兴电子信息技术的发展依赖于半导体产业的不断推动,半导体厂商为设计者提供了越来越丰富的生态资源,系统集成厂商的全方位配合又加速了这种生态资源的进一步完善。半导体厂商和系统集成厂商所建立的这种生态系统,为未来的设计者提供了更加便捷却又必须依赖的设计资源。

教育部 2012 年颁布了新版《高等学校本科专业目录》,将电子信息类专业进行了整合,为各高校建立系统化的人才培养体系,培养具有扎实理论基础和宽广专业技能的、兼顾“基础”和“系统”的高层次电子信息人才给出了指引。

传统的电子信息学科专业课程体系呈现“自底向上”的特点,这种课程体系偏重对底层元器件的分析与设计,较少涉及系统级的集成与设计。近年来,国内很多高校对电子信息类专业课程体系进行了大力度的改革,这些改革顺应时代潮流,从系统集成的角度,更加科学合理构建了课程体系。

为了进一步提高普通高校电子信息类专业教育与教学质量,贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020 年)》和《教育部关于全面提高高等教育质量若干意见》(教高【2012】4 号)的精神,教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会开展了“高等学校电子信息类专业课程体系”的立项研究工作,并于 2014 年 5 月启动了《高等学校电子信息类专业系列教材》(教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材)的建设工作。其目的是为推进高等教育内涵式发展,提高教学水平,满足高等学校对电子信息类专业人才培养、教学改革与课程改革的需要。

本系列教材定位于高等学校电子信息类专业的专业课程,适用于电子信息类的电子信

息工程、电子科学与技术、通信工程、微电子科学与工程、光电信息科学与工程、信息工程及其相近专业。经过编审委员会与众多高校多次沟通,初步拟定分批次(2014—2017年)建设约100门课程教材。本系列教材将力求在保证基础的前提下,突出技术的先进性和科学的前沿性,体现创新教学和工程实践教学;将重视系统集成思想在教学中的体现,鼓励推陈出新,采用“自顶向下”的方法编写教材;将注重反映优秀的教学改革成果,推广优秀的教学经验与理念。

为了保证本系列教材的科学性、系统性及编写质量,本系列教材设立顾问委员会及编审委员会。顾问委员会由教指委高级顾问、特约高级顾问和国家级教学名师担任,编审委员会由教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会委员和一线教学名师组成。同时,清华大学出版社为本系列教材配置优秀的编辑团队,力求高水准出版。本系列教材的建设,不仅有众多高校教师参与,也有大量知名的电子信息类企业支持。在此,谨向参与本系列教材策划、组织、编写与出版的广大教师、企业代表及出版人员致以诚挚的感谢,并殷切希望本系列教材在我国高等学校电子信息类专业人才培养与课程体系建设中发挥切实的作用。

吕志伟 教授

第2版前言

PREFACE

《光波学原理与技术应用》自2013年7月第1版印刷以来,已在南开大学等高校作为教材使用了8个学期。本书的编著与出版,也是将科研成果转化为教材内容、将科研方法引入教学过程的有益尝试。在多年的光波导与光波学教学实践中,我们不断向学界前辈请教并与同行密切交流,努力反映光波学的最新成果,引导激发读者对光波学的兴趣,这些努力得到了专业教师、高校的本科生及研究生以及相关领域科技工作者的关心和支持,进一步充实和提高了本书的内容,作者对此深表敬意和感谢!

作者应清华大学出版社的邀请,根据光波学的发展和教材实际需求,在吸纳相关意见和建议的基础上,对《光波学原理与技术应用》进行修订再版。与第1版相比,第2版保留了原有的篇章结构,力求突出“结构体系创新,篇章相对独立,理论应用并重,研学结合实用”的编写特色。本书第2版有关修改内容简述如下:

(1) 根据第2版修订内容,调整了“教学建议”课时安排,以适应不同教学目标的要求;修改并增补了“主要参考文献”和“英文缩略语”;修改了基础篇、运动篇和应用篇的篇头。

(2) 在第1章中,将章标题“光波学基础概论”修改为“光波学基础知识”,使标题与内容更契合;将1.3.1节与1.3.2节合并,形成1.3.1节光线与光束,使内容更为紧凑。

(3) 在第2章中,将2.2节标题“基本方法”修改为“基本分析方法”;将2.3节标题“数值方法”修改为“数值分析方法”;删除2.4节“等效方法”,将其中的“有效折射率法”并入2.2节的“基本分析方法”中,形成2.2.4节“等效分析法”。

(4) 在第3章中,删除3.2.4节“光波导应用”和3.3.1节“基本结构”。

(5) 在第5章中,将5.1.2节、5.1.3节和5.1.4节的标题分别修改为“介质的高斯光束传输”“基模高斯光束的特征”和“介质高斯光束高阶模”;将5.2.1节、5.2.2节和5.2.3节的标题分别修改为“类透镜高斯光束的传输”“类透镜高斯光束的变换”和“类透镜介质高斯光束简正模”;将5.3节标题“激光脉冲传输与色散”修改为“各向同性介质光脉冲”。

(6) 在第6章中,将6.1节标题“各向异性介质表征与分类”修改为“各向异性介质的表征”;将6.2节标题“各向异性介质光传输分析”修改为“各向异性介质光传输”。

(7) 在第7章中,将7.1节标题“周期性介质表征与分类”修改为“周期性介质的表征”;将7.1.1节的标题“周期性介质表征”修改为“周期性介质简介”。

(8) 对第1~15章内容进行了重新梳理,删减了不必要的内容,补充了必要的内容。

本书的修订和增补工作全部由作者负责。在修订再版过程中,得到了清华大学出版社

盛东亮首席策划编辑的大力支持和钟志芳编辑的帮助,作者的研究生和参加本课程学习的同学也提出了有益建议,在此一并表示衷心感谢。

限于作者水平,书中不足之处敬请读者批评指正。



2019年1月于南开园

第1版前言

PREFACE

人类很早就对光产生了兴趣,并一直在探索什么是光、光的性质以及光如何运动等基本问题。然而,对光从表象到本质的认识,却经历了漫长的发展历程。对光认识的发展历程,可大致分为三个阶段,即古代光学时期、近代光学时期和现代光学时期。

有关光的观察记录,最早可追溯至我国的先秦时代(墨子在《墨经》中对光线及平面镜、凹面镜、凸面镜成像的描述)以及国外的古希腊时期(欧几里得在《反射光学》中对光学现象和成像方面的描述)。然而,直到17世纪上半叶,光的几何性质才被揭示出来,这一漫长的过程为古代光学时期。此后至20世纪60年代之前,则为近代光学时期;其中,17世纪下半叶牛顿和惠更斯等人的卓越工作,使得光的研究真正走上了正轨。在整个18世纪中,以牛顿为代表的光微粒说占据主导地位。在19世纪,一系列光的干涉实验,使以惠更斯为代表的光的波动说得到大力支持,并逐步占据上风。1960年,第一台红宝石激光器的问世,标志着现代光学时期的到来。现代光学具有三个显著特征,即激光理论及其技术、现代光学信息处理和光电子技术及应用。19世纪60年代,麦克斯韦创立的电磁场理论,证明了光的电磁本性。20世纪初,由黑体辐射引发的光的本性争论,导致普朗克光量子概念的提出以及爱因斯坦狭义相对论的建立,并促使人们认识到光的波粒二象性;20世纪中叶,数字技术、通信理论与光学结合,形成了傅里叶光学,为光学信息处理奠定了基础;20世纪后期,电子计算机和纤维光学的迅猛发展,使得光通信成为新一代通信系统的代表。目前,现代光学发展迅速,并已渗透到各个学科领域和各种技术之中,并形成了诸多交叉学科,如激光物理、激光化学、激光生物学、激光医学、激光光谱学、激光全息术、激光等离子体、激光核聚变、光计算、光通信、光传感、激光加工等。由此可见,现代光学正在发生深刻变化,其深度和广度尚未可预知,但其带给社会的变革以及对科技进步的推动将无疑是巨大的。

光波作为一种特有形式的电磁波动,具有其自身的运动学和动力学规律。光波在各种介质中的传输过程,其实是光波与物质的相互作用过程。光波规律主宰着光波在介质中的传输、耦合、变换以及与其他形式波场的作用与运动。了解光波性质并掌握光波规律,目的在于对其有效调控和利用,从而创造出丰富多彩的光波世界。纵观光波研究历史,可从两个方面进行考查。一方面,研究光波的基本性质和规律,这属于光学的基础科学;另一方面,开发光波技术和应用领域,这又属于光学工程的应用科学。因此,在编著有关光波学方面的专著或者教材时,需兼顾理论研究和技术应用两方面的成果。基于这种考虑,编写一本结构体系创新、内容系统全面、理论应用并重、吸纳最新成果的光波学专著性教材,一直是作者多年的心愿。为此,作者在科研和教学之余,不断积累、整理和凝练,根据光波学发展规律和技术应用需求,以基本原理和应用技术作为主线,将光波学包含的基础知识、基本原理、运

动学规律、动力学方程、光波导设计与制作、光波技术及应用等进行有机整合,希望构建一个较为完备的新体系,即“光波学”。为使“光波学”新体系具体化,作者编写了《光波学原理与技术应用》这本书。本书由5篇15章组成,具有模块化、多层次的特点;全书各篇相对独立,内容相辅相成,形成互相联系、互为支撑的有机逻辑关系,其结构体系和篇章关联如图1和图2所示。

本书的编写,是作者将科研与教学有机融合进行专著性教材编写的一次有益尝试,其目的在于将科研方法和创新思维引入本书,并实施于研究性教学之中。通过构建模块化、多层次的知识结构和体系,努力反映最新光波科研成果,激发读者对光波的科研兴趣,提高对光波问题的探究意识,促进光波科学研究和技术创新的实现。



图1 结构体系图

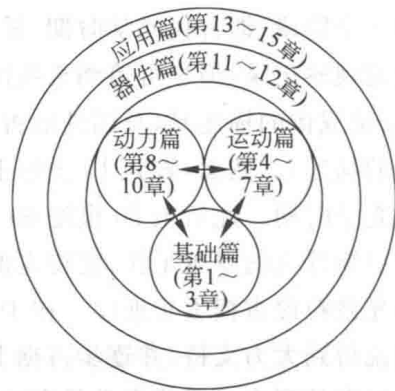


图2 篇章关联图

本书对光波的基本原理和应用技术进行较为全面的介绍和阐述,同时反映光波原理与技术应用的最新研究成果。全书共分5篇,即基础篇、运动篇、动力篇、器件篇和应用篇,包括15章内容;以经典电磁场理论和近代光学为基础,系统论述了光波的基本原理、光波传输规律与特性、光器件设计与研制、光波技术主要应用等。各篇主要内容如下:

(1) 基础篇:本篇由第1章至第3章构成。第1章光波学基础概论,概要介绍光波特征参量(包括频率、波长、振幅、相位和偏振)、表征方法(包括三角函数法、复数表征法和矢量图形法)、基本形态(包括光线、光束、高斯光束、平面波、球面波、柱面波和抛物面波)和重要性质(包括独立传输性质、反射与折射性质、吸收性质、色散性质、干涉性质、衍射性质和偏振性质);第2章光波分析方法,阐述光波导基本问题,介绍光波分析基本方法(包括光线分析法、波动光学法和本地平面波法)、数值方法(包括光束传输法、传输矩阵法、有限元分析法和有限差分法)以及等效方法(包括等效折射率法和等效电路法);第3章光传输介质波导,简介光传输介质、介质光波导概念、分类方式、典型结构以及重要应用。

(2) 运动篇:本篇由第4章至第7章构成。本篇针对光波在无“外场”和无“损耗”的情况下,论述其在介质中的传输特点及其规律。第4章光波运动学方程,依据麦克斯韦方程,推导光波场方程(包括基本场方程、矢量场方程和标量场方程)、波导场方程(包括场方程组、模式与特点、场解分析等)、光波耦合方程和典型运动学方程;第5章各向同性介质光传输,阐述各向同性介质高斯光束、类透镜介质高斯光束、激光脉冲传输与色散;第6章各向异性介质光传输论述各向异性介质表征与分类、各向异性介质光传输分析、各向异性介质旋光特

性;第7章周期性介质光传输阐述周期性介质表征与分类、周期性介质简正模理论和周期性介质耦合模理论。

(3) 动力篇:本篇由第8章至第10章构成。本篇针对光波在有“外场”和有“损耗”的情况下,研究其在介质中的传输特点及其规律,并对光控进行阐述。第8章光波动力学方程,在推导光波动力学一般方程的基础上,给出电光调制、声光调制和磁光调制动力学方程表达式,并分析其调制特性;第9章光波与外场作用,主要介绍光波调制及评价、光波与电场作用、光波与声场作用、光波与磁场作用的原理与方法;第10章光波之间相互作用,概述非线性光学,介绍非线性光学耦合理论,阐述二阶非线性效应(包括三波混频、二次谐波和光参量变换等)、三阶非线性光学效应(包括三阶非线性效应、四波混频和相位共轭光波等)。

(4) 器件篇:本篇由第11章和第12章构成。第11章光波导调控器件,分析并阐述典型光波导调控器件的基本结构、调控原理和特点,即电光控器件(包括调相、调幅或调强、偏转、耦合和双稳态等类型的器件)、磁光控器件(包括调制、隔离、环行、模式转换、读写等类型的器件)、声光控器件(包括弹光调制、声光调制、声光偏转等类型的器件)、热光控器件(包括热光调制、热光开关等类型的器件)和集成光控器件(包括器件的发展、特点、类型及制作等);第12章光波导器件研制,简介光波导材料、制作及加工,阐述光波导器件设计的基本方法和重要研制技术。

(5) 应用篇:本篇由第13章至第15章构成。第13章光测量技术应用,简介光测量(包括基础知识、方法技术、常用仪器和重要应用),阐述光测量误差(包括误差概念、误差源、误差分类和误差分析),介绍光测量技术(包括光干涉测量、光衍射测量、光全息与散斑测量技术);第14章光通信技术应用,介绍光通信(包括发展简史、系统结构、典型技术和重要应用),论述光通信器件(包括有源、无源和集成等类型的器件),简介光通信应用(包括多信道复用技术、全光纤通信系统和光纤通信网等);第15章光传感技术应用,简介光传感(包括发展简史、基本结构、工作原理和典型技术),论述光传感技术(包括光波导传感、光栅传感和光纤光栅传感等技术),介绍光传感应用(包括在工业、农业、医疗、环保、管理和军事等领域的重要应用)。

本书是作者在从事光波学、光纤光学科研与教学工作的基础上经数年积累撰写而成,并得到国家自然科学基金(11274181、10974100、10674075、60577018)、国家863计划课题(2002AA313110)、教育部高等学校博士点基金(20120031110033)以及天津市应用基础及前沿技术研究计划重点项目(10JCZDJC24300)的资助。全书结构体系创新,篇章相对独立,理论应用并重,研学结合实用。同时,注意吸纳国内外最新研究成果(也包括作者本人及合作者取得的最新科研成果),可以满足高等学校光电子、激光、光学工程、光学仪器、物理学、光学、信息与通信技术等专业的高年级本科生和研究生的教学需要,也可供从事光学、光学工程、光通信和光传感技术的工程技术人员和其他相关人员参考。

在本书的撰写过程中,作者除引用自己的研究成果之外,也部分地参考了国内外的相关研究成果,并将其列入“主要参考文献”之中,在此向文献作者一并表示崇高的敬意。书稿整理得到了严铁毅副教授的全力协助,北京大学张严昕在资料收集、图形绘制等方面提供了大力支持;作者的研究生在本书编著过程中给予了多方面的支持,涂勤昌、姜萌、严肃源、耿鹏

程、张珊珊、魏石磊、殷丽梅、薛晓琳等在研究实例、思考习题方面提供了诸多帮助,王丽、李杰良、梁鹤、崔志权、刘芳、高社成、白志勇等在书稿校对方面提供了帮助,参加课程学习的学生也提供了有益的建议,在此一并表示感谢。本书出版得到了清华大学出版社盛东亮编辑的热情支持,清华大学窦曰轩先生对本书进行了审读,在此表示衷心感谢。

限于作者水平,书中不足之处敬请批评指正。



2013年1月于南开园

教学建议

Instructor's Manual

教学内容	学习要点及教学要求	课时安排	
		全部讲授	部分选讲
课程导论	<ol style="list-style-type: none">1. 了解本课程的结构体系(三角层次结构)、知识模块(篇章关联图)和教材特色(四大特点);2. 了解本课程的讲授内容,共分5篇15章;基础篇(第1~3章)、运动篇(第4~7章)、动力篇(第8~10章)、器件篇(第11和12章)和应用篇(第13~15章);3. 了解本课程的重点、难点以及考核要求,包括:<ol style="list-style-type: none">(1) 了解光波学与技术的发展历程;(2) 掌握光波基本原理和传输规律;(3) 了解光波特性并掌握基本分析方法;(4) 掌握光器件基本设计方法和光控手段;(5) 了解光波的调控技术及主要应用	1	1
第1章光波 学基础知识	<ol style="list-style-type: none">1. 掌握光波五大特征参量(频率、波长、振幅、相位和偏振)的概念及其含义;2. 掌握光波基本表征方法,包括三角函数法、复数表征法和矢量图形法;3. 了解光波的基本形态,包括光线、光束、高斯光束、平面波、球面波、柱面波和抛物面波;4. 掌握光波的重要性质,包括独立传输性质、反射与折射性质、吸收性质、色散性质、干涉性质、衍射性质和偏振性质	2~3	2
第2章光波 分析方法	<ol style="list-style-type: none">1. 了解光波导基本问题,包括光波运动学、光波动力学、光波导设计、光波导研制以及光波导应用等问题;2. 掌握光波分析基本方法,包括光线分析法、波动光学法和本地平面波法;3. 了解光波分析数值方法,包括光束传输法、传输矩阵法、有限元分析法和有限差分法;4. 了解光波分析等效方法,主要是等效折射率法	2~3	2
第3章光 传输介质 波导	<ol style="list-style-type: none">1. 掌握光传输介质、介质波导和光波导的概念及其含义;2. 了解光波导的分类方式,包括按结构、对称性、折射率分布、传输模式、制作材料、波导功能等方面的分类;3. 掌握光波导典型结构,包括平板型、圆柱型、微结构、弯曲型光波导等;4. 了解典型光波导的重要应用	2~3	2

续表

教学内容	学习要点及教学要求	课时安排	
		全部讲授	部分选讲
第4章 光波运动学方程	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解在无“外场”和无“损耗”的情况下,光波在介质中的传输特点及其规律; 2. 掌握波导场方程的推导过程,掌握求解波导场方程的矢量法和标量法分析思路; 3. 掌握模式的概念、含义及其特点, 4. 掌握光波耦合方程的形式和意义; 5. 了解典型光波运动学方程,包括光波无损及有损运动学方程 	2~3	2
第5章 各向同性介质光传输	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解各向同性介质高斯光束的传输性质; 2. 掌握基模高斯光束的主要特征; 3. 掌握类透镜介质高斯光束的变换定律; 4. 了解一维脉冲标量光波的介质传输特性; 5. 了解类透镜介质的群速度模色散和群色散 	3~4	3
第6章 各向异性介质光传输	<ol style="list-style-type: none"> 1. 掌握各向异性介质的表征与分类方式; 2. 了解晶体光学基本方程推导过程; 3. 掌握平面波在晶体中的传输特性; 4. 了解光波在介质中的损耗影响; 5. 了解各向异性介质的旋光特性 	4~5	4
第7章 周期性介质光传输	<ol style="list-style-type: none"> 1. 掌握周期性介质的表征与分类方式; 2. 掌握简正模与布洛赫波的概念及其含义; 3. 掌握一维周期性介质光传输的简正模理论; 4. 了解周期性层状介质光传输的简正模理论; 5. 掌握周期性介质耦合模理论及其分析思路 	4~5	4
第8章 光波动力学方程	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解在有“外场”和有“损耗”的情况下,光波在介质中的传输特点及其光控规律; 2. 掌握光波动力学一般方程的推导方法、各项含义、一般形式和复数形式; 3. 了解外场作用微扰量的表征形式,掌握电光调制、声光调制和磁光调制动力学方程; 4. 掌握电光调制、声光调制和磁光调制特点,以及使用相应动力学方程的分析方法 	4~5	4
第9章 光波与外场作用	<ol style="list-style-type: none"> 1. 掌握光波调制的基本概念、调制类型和光谱分析方法,了解光波调制的评价指标; 2. 掌握光波与电场作用的原理及分析方法; 3. 掌握光波与声场作用的原理及分析方法; 4. 掌握光波与磁场作用的原理及分析方法 	4~5	4
第10章 光波之间相互作用	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解非线性光学效应,掌握其基本概念和非线性光学效率; 2. 了解非线性光学耦合理论,掌握非线性光学耦合方程及非线性作用能量守恒关系式; 3. 掌握三波混频、光参量变换的基本概念、物理意义及表征方式; 4. 掌握四波混频、相位共轭光波的基本概念、物理意义,了解其产生机理和主要类型 	4~5	4

续表

教学内容	学习要点及教学要求	课时安排	
		全部讲授	部分选讲
第 11 章 光波导调控器件	<ol style="list-style-type: none"> 1. 掌握电光控器件的基本结构、工作原理和主要特点,包括电光调相、调幅或调强、偏转、耦合和双稳态等器件; 2. 掌握磁光控器件的基本结构、工作原理和主要特点,包括磁光调制、隔离、环行、模式转换、读写等器件; 3. 掌握声光控器件的基本结构、工作原理和主要特点,包括弹光调制、声光调制、声光偏转等器件; 4. 了解热光控器件的基本结构、工作原理和主要特点,包括热光调制、热光开关等器件; 5. 了解集成光控器件的发展历程、分类方式、主要特点、制作流程 	4~5	4
第 12 章 光波导器件研制	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解光波导材料的选择要求、光路设计、制作工艺和主要加工方法; 2. 掌握光波导器件设计的基本方法,包括材料改性法、结构改造法、介质填充法等; 3. 了解光波导器件制作流程、典型光波导器件研制方法和技术,包括典型光波导制作、光纤拉制流程以及功能器件的研制 	2~3	2
第 13 章 光测量技术应用	<ol style="list-style-type: none"> 1. 掌握光测量的基本概念、测量结构和技术特点,了解光测量的基本方法和典型技术; 2. 了解光测量常用光源和光电探测仪器,了解其特性参数和重要应用; 3. 掌握光测量误差的基本概念、误差源、误差分类和误差分析方法; 4. 掌握光干涉测量、光衍射测量、光全息与散斑测量的基本原理,了解这些测量技术的特点和主要应用 	3~4	3
第 14 章 光通信技术应用	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解光通信发展简史、系统结构、技术类型和重要应用; 2. 掌握光通信有源器件和无源器件的基本概念、基本结构、工作原理、主要类型和重要特点;了解光集成器件在光通信系统中的重要性; 3. 了解多信道复用技术的类型和特点,包括 OTDM、OCDM、SCM、OWDM、OFDM 和 OSDM; 4. 掌握全光纤波分复用通信系统的结构和工作原理,了解光纤通信网的分类、结构和发展要求 	3~4	3
第 15 章 光传感技术应用	<ol style="list-style-type: none"> 1. 了解光传感发展简史、系统结构,掌握建模方法、传感原理和技术类型; 2. 掌握光波导传感原理和主要类型,了解典型光波导传感器及技术特点; 3. 掌握光栅传感原理、基本结构和分类方式,了解典型光栅传感器及技术特点; 4. 掌握光纤光栅传感概念、基本原理、典型结构,了解典型光纤光栅传感器及技术特点; 5. 了解光传感技术的典型应用,包括在工业、农业、医疗、环保、管理和军事等领域的重要应用 	4~6	4
	教学总学时建议	48~64	48

说明:

(1) 本教材为物理学、光电子学、光学、光学工程、激光技术、光学仪器、信息与通信技术等专业课程教材,总学时数为 48~64 学时。不同专业根据不同的教学要求,可酌情对教材内容进行适当取舍。

(2) 本教材理论授课学时数中包含习题课、课堂讨论等必要的课内教学环节。

(3) 根据不同专业的不同教学要求,可适当设置实验教学课时与内容,例如参照第 11~15 章内容具体安排相关实验。

目录

CONTENTS

基础篇

第 1 章 光波学基础知识	3
1.1 光波特征参量	3
1.1.1 光波频率	4
1.1.2 光波波长	4
1.1.3 光波振幅	4
1.1.4 光波相位	5
1.1.5 光波偏振	6
1.2 光波表征方法	7
1.2.1 三角函数法	7
1.2.2 复数表征法	7
1.2.3 矢量图形法	8
1.3 光波基本形态	9
1.3.1 光线与光束	9
1.3.2 高斯光束	10
1.3.3 平面波	10
1.3.4 球面波	11
1.3.5 柱面波	12
1.3.6 抛物面波	12
1.4 光波重要性质	13
1.4.1 独立传输性质	13
1.4.2 反射与折射性质	14
1.4.3 吸收性质	14
1.4.4 色散性质	15
1.4.5 干涉性质	16
1.4.6 衍射性质	16
1.4.7 偏振性质	17
本章小结	20
问题与思考	21
第 2 章 光波分析方法	22
2.1 光波导问题	22
2.1.1 传输特点	22
2.1.2 基本问题	22

2.2	基本分析方法	23
2.2.1	光线分析法	23
2.2.2	波动光学法	25
2.2.3	本地平面波法	26
2.2.4	等效分析法	27
2.3	数值分析方法	29
2.3.1	光束传输法	30
2.3.2	传输矩阵法	31
2.3.3	有限元法	32
2.3.4	有限差分法	34
	本章小结	36
	问题与思考	37
第3章	光传输介质波导	38
3.1	光传输介质	38
3.1.1	基本概念	38
3.1.2	介质极化	38
3.1.3	介质分类	38
3.2	介质光波导	39
3.2.1	介质波导概述	39
3.2.2	光波导简介	39
3.2.3	光波导分类	40
3.3	典型光波导	42
3.3.1	平板光波导	42
3.3.2	圆柱光波导	44
3.3.3	微结构光波导	46
3.3.4	弯曲光波导	47
3.3.5	特种光波导	47
	本章小结	48
	问题与思考	48
运 动 篇		
第4章	光波运动学方程	53
4.1	光波场方程	53
4.1.1	基本场方程	53
4.1.2	矢量场方程	54
4.1.3	标量场方程	55
4.2	波导场方程	56
4.2.1	本征方程	56
4.2.2	模式及特点	56
4.2.3	光波导场解	57
4.3	光波运动学方程	59
4.3.1	光波耦合方程	59
4.3.2	典型运动学方程	60