



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

光学原理与应用

OPTICS: PRINCIPLES and APPLICATIONS

廖延彪 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

内 容 简 介

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。本书从麦克斯韦交变电磁场理论出发,分析讨论光在各向同性和各向异性介质中的传输特性,重点讨论重要光学现象的物理模型的建立过程和结果的分析,着重物理概念及其数学表达方式,并介绍光学领域的最新成就。全书分为物理光学、现代光学、几何光学三篇,选材和编写由易到难,由已知到未知,由近及远,应用实例丰富、典型。

本书可作为高校物理电子和光电子、光学、光学仪器等专业本科生和研究生的教科书或参考书,也可供相关专业技术人员学习参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

光学原理与应用/廖延彪编著. —北京:电子工业出版社,2006.10

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 7-121-03184-1

I. 光… II. 廖… III. 光学—高等学校—教材 IV. 043

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 110762 号

责任编辑:杨丽娟 特约编辑:明足群

印 刷:北京市天竺颖华印刷厂

装 订:三河市金马印装有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×980 1/16 印张:39.25 字数:859 千字

印 次:2006 年 10 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:49.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系电话:(010)68279077;邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

序 言

光学是 21 世纪重要学科之一,其发展直接影响到许多行业的进步。因此 21 世纪有关行业的高级人才需在光学方面有扎实且宽广的基础。目前的不足是:光学方面基本理论深度和广度不够;学、用结合尚有差距。其重要原因之一是缺乏一本较好的教材和参考书。对一本较好的教材和参考书的要求是:在理论方面既有一定深度和广度,选材方面又有一些能反映实际应用的典型实例,使学生通过此教材的学习,在今后的创新工作中能为光学知识的应用打下一个良好的基础。这是光学教改的难点之一。作者希望根据自己 40 多年从事光学,光电子技术和光纤光学方面的教学和科研的经验,能对此做一些微薄的贡献。

本书共包括三部分内容:物理光学,现代光学和几何光学。其中物理光学部分包括物理光学的主要内容:各向同性介质中光波的传播,光波的干涉,光波的衍射,各向异性介质中光波的传播,光波的偏振,以及光波的散射。(物理光学部分主要内容是基于作者本人编写的《物理光学》教材,该书已由电子工业出版社于 1986 年作为工科激光和光电子专业的统编教材出版)。现代光学部分包括:导波光学和光纤光学,傅里叶光学,二元光学、近场光学、光波的调制,软 X 射线和极紫外光学等。几何光学部分包括:几何光学的基本原理,理想光学系统,像差简介,光学系统中光束的限制(光阑的作用),典型光学仪器简介等。

本书编写的目的有二:一为教材,二为参考书。作为教材,书中内容可按教学大纲有所取舍。其中,第 1 篇可用做《物理光学》教材;第 2 篇可用做《现代光学》的教材的参考,或用做《物理光学》的补充参考资料,供学生课外阅读(这一部分内容可帮助学生了解光学原理的应用和发展);第 3 篇可用做《几何光学》的教材。本书中的内容,有的可作为课上教师重点讲授内容,有的可供课下学生自学。目的是提高学生阅读能力,扩大知识面。建议课上,教师以讲清楚物理概念为主,公式推导为辅。作为参考书,本书可作为各领域相关读者系统而全面地了解光学(包括物理光学、现代光学和几何光学)的参考读物。另外,在本书书后给出了进一步深入了解和研究所需的参考书目,每位读者可根据个人的具体情况,自行查阅,有选择地阅读所列参考书目中的有关内容。

★ 本教材从麦克斯韦交变电磁场理论出发,分析讨论光在各向同性和各向异性介质中的传输特性,包括传输过程中光波的振幅,相位,偏振态的关系;分析和讨论光的部分相干性以及近场光学的基本理论介绍,希望通过这些分析和介绍可使读者对光传输现象的物理本质能有更深入的了解。

- ★ 本教材着重讨论一些重要光学现象的物理模型的建立过程和结果的分析,着重在物理概念及其数学表达方式。希望读者在今后工作过程中能自己建立有关过程的物理模型,对所得推导结果能给予正确、合理的解释。
- ★ 本教材用适当篇幅(按内容的难易程度等)介绍光学领域的最新成就,其中包括:导波光学和光纤光学,傅里叶光学,二元光学、近场光学、软 X 射线和极紫外光学等,以了解光学的近期进展,了解经典光学的原理如何用于和促进现代光学的发展,扩大眼界。
- ★ 本教材的选材和编写尽量符合学生的学习规律:由易到难,由已知到未知,由近及远等,教材和普通物理光学部分既有一定交叉(照顾体系和便于自学)又有较大区别,主要区别是:既有提高又有应用实例的分析,以帮助同学提高解决实际问题的能力。

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,主要用于专业基础课,是为后续课程(如激光原理,光电子技术基础,激光技术,激光光谱,傅里叶光学,非线性光学,光纤光学,微波光学,极紫外光学,生物光学等)奠定必要的理论基础。同时本书的内容也是从事光学工作人员所必备的基本光学知识。

对此书做出贡献的有:郑小平博士,他撰写了第 2 章 2.11.1、2.11.2 和 2.11.5 三节;潘仲琦博士,他撰写了第 2 章 2.7.4、2.7.7、2.7.9 节,以及第 3 篇初稿。在此深表感谢。

本书的得以出版,要感谢课题组的同仁赖淑蓉老师和张敏博士,以及我的家人给予的大力支持和帮助。

本书内容涉及面广,作者知识有限,书中错误难免,恳请读者批评指正。

编著者

2006 年 9 月于清华园

绪 论

0.1 光学的发展及主要研究内容

光学是一门既古老又新颖的学科。说它古老,是因为在公元前 400 年左右,就有关于反射成像的研究成果见诸文字。例如,我国的《墨经》(先秦时代,约在公元前 400 至 470 年)上,对光传输的几何性质,已有较完全的记载。《墨经》中有八条是关于光学方面的。第一条是叙述影的定义和生成;第二条是说明光与影的关系;第三条则是光传播的直线性,并用针孔成像的实验来验证;第四条说明光的反射特性;第五条是关于如何由光束和光源的关系而确定影的大小;第六、七、八条则分别给出了平面镜、凹球面镜和凸球面镜中物和像的关系。对“人为什么能看见周围物体”这一类问题,古希腊欧几里德(Euclid,公元前 330 至公元前 275 年)在其书中就有过描述。古典光学在麦克斯威关于光的电磁理论出现后已达到近乎完美的境地。这时对于低能量、低相干光在自由空间范围的传输问题、光和物质相互作用的问题等均可获得较圆满的解决。

20 世纪 60 年代初,随着激光这一新型光源的出现,古典光学获得了新生。在短短的几十年中,就出现了一大批光学方面的新成果。它涉及大能量(大能量密度)、高相干性光源的传输问题,以及光和物质的相互作用问题,并由此派生出一系列光学领域的新分支,如图 0-1-1 所示。光学领域出现这种飞跃发展的根本原因,是激光光源的固有特征在传输过程中所引发的许多新的效应和规律。

光学的研究主要涉及光波的发射、传输和接收 3 个方面。光波的发射就是研究各种光源的特性,它包括黑体辐射、激光原理、电光源原理、半导体光学及导波光学等学科的研究内容。光的接收则涉及光电转换(光电探测器),光化学转换(照相底片);光生理作用(眼睛);光热转换(热释电光探测器等)不同类型的光能转换方式。光的传输涉及面最广,派生出的研究分支也最多。它从经典光学(包括几何光学或光线光学,物理光学或波动光学),发展到由于激光发明而出现的近代光学。其中有关于衍射的最新发展而出现的傅里叶光学、衍射光学、二元光学、全息光学;有由于传输媒质局限在小空间而出现的导波光学、光纤光学、薄膜光学和微光学;有由于能量密度大而出现在非线性光学、强光光学;由于工作波长的延

伸而出现的微波光学、红外光学、极紫外光学和软 X 射线光学;以及为突破衍射极限而发展起来的近场光学等。

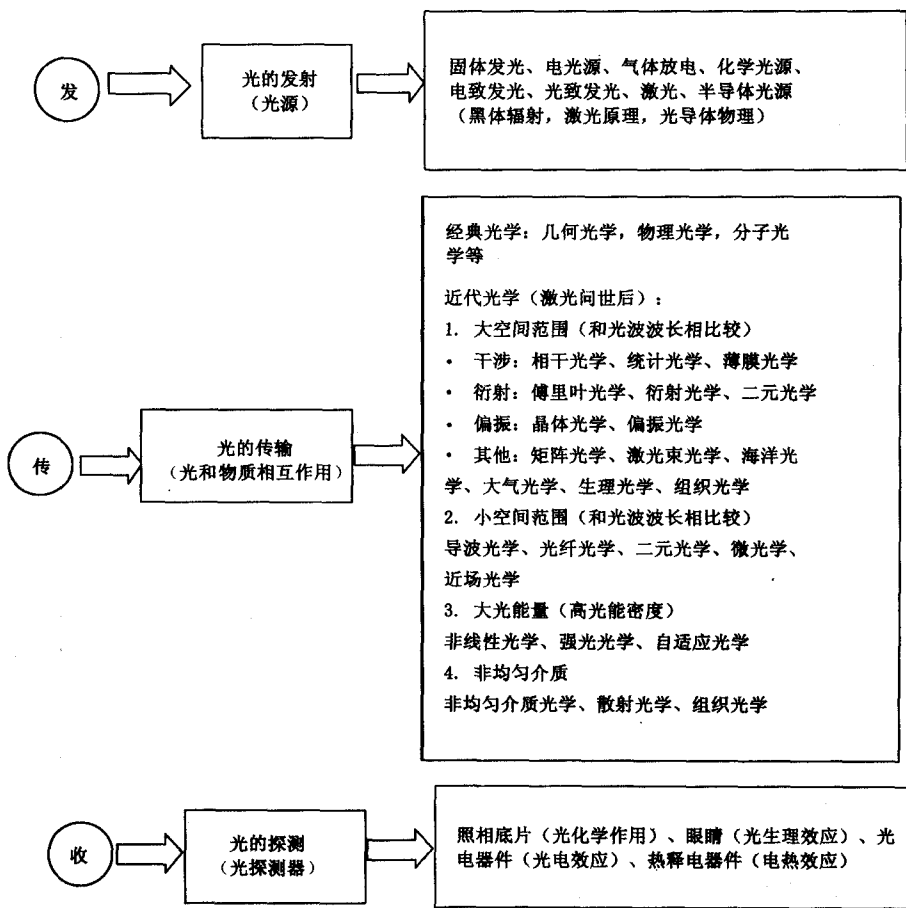


图 0-1-1 光学研究领域

0.2 光学的基本参量

由于激光的出现,光学的研究领域愈来愈宽,内容也愈来愈多。究其本质则可发现:左右光学中各种效应和各种基本规律的参量则不多。据笔者经验,在学习和研究光学的各个分支时,只要充分注意光波的以下几个基本参量,则有助于对光学基本规律的了解。光波的这几个基本参量是传输介质的折射率,光波的波长、振幅(能量)和偏振态。

0.2.1 传输介质的折射率

折射率 n 是左右光学传播规律的基本参量。例如, n 为常数时, 光按直线规律传播; 光波由 $n=n_1$ 的介质射向 $n=n_2$ 的介质时, 在分界面上要发生反射和折射; n 为变量(随空间位置变), 则光波传播的轨迹是曲线, 其规律是光线向 n 大的方向偏折。 n 为各向同性时(即介质中 n 不随方向变), 是一般的直线传播; n 为各向异性时(即介质中 n 随方向变), 则发生双折射、双反射等光的各向异性传输特性。这时需考虑折射率 n 的各向异性对光传播方向及此传播方向的光的振动方向之间的关系。因而对 n 为各向异性的介质, 在讨论光在其中的传播特性时, 则应掌握折射率 n 对光振动方向(电矢量 E 和电感应矢量 D)和光传播方向(光法线方向和光线方向)的影响。

除上述传输介质的固有折射率外, 还应注意外界因素对介质折射率 n 的影响。其中包括: ① **折射率 n 随入射光波长的变化**, 它涉及 X 射线光学、极紫外和紫外光光学、红外光学、微波光学, 以及光学色散等。② **折射率 n 随外场的变化**, 诸如磁光效应(n 随外加磁场的变化, 其中有法拉第效应, 克尔效应等); 电光效应(n 随外加电场的变化, 其中有普克尔效应, 克尔效应等); 弹光效应(n 随外加力场的变化); 热光效应(n 随环境温度的变化); 强光效应(n 随入射光能量的变化, 其中有光克尔效应等)。这些都属偏振光学, 晶体光学和非线性光学研究范畴。③ **折射率 n 随时间的变化**, 这属于非稳态光场的研究范围。④ **折射率 n 随空间的变化**, 当 n 随空间的变化尺度小到近于波长量级时, 就需要考虑衍射效应、导波效应等。这属于衍射光学、导波光学、光纤光学和微光学的研究范围; 而当 n 随空间的变化尺度小于波长量级(达到近于纳米量级)时, 则属于近场光学和纳米级光学[例如光在光子晶体(photonic crystals)中的传输特性]的研究领域。

0.2.2 光波波长

光在介质中传输时, 光波和传输介质要发生相互作用。而且光和物质相互作用时, 其效应和光波波长密切相关。因而其传播特性也随光波波长而变。例如, ① 不同介质其穿透性与光波波长密切相关。有的介质能透过紫外光, 有的能透过红外光等。而且所有物质能透过的波长范围均有限。因此, 对于不同的工作波长, 其光学器件要选用不同的材料制作。② 光波的传输特性和传输介质的相对尺寸有密切的关系。当传输介质的尺寸远大于光波波长时, 属自由空间的传输问题, 用一般的光学理论即可分析其中的传输问题; 而当传输介质尺寸近于光波波长时, 则其传输规律将遵循导波光学、光纤光学和微光学的原理。

0.2.3 光波能量

光在介质中传输特性和光波能量有关。光波能量低时,其传输特性遵守经典光学的基本规律;而当光波能量(主要是能量密度)大到一定程度时,则将出现一系列用经典光学无法解释的新现象。例如:自聚焦效应(热透镜效应),双稳态效应,光克尔效应,喇曼效应及布里渊效应等各种非线性散射效应。这些都是非线性光学,偏振光学等的研究领域。

0.2.4 光波的偏振

很多情况下,处理光的传输问题时,需考虑其偏振态的差异引起的传输特性的不同。例如,① 讨论衍射光栅时,标量衍射理论只能给出衍射光的传播方向,而无法给出其衍射效率(即各衍射光之间的能量关系)。要计算衍射效率,就要应用矢量衍射理论,考虑衍射光的偏振效应,才能获得正确结果。② 讨论光的干涉效应时,也应考虑参加干涉的诸光波之间的偏振态的差别,才能获得干涉场对比度及其稳定性和实际情况符合的正确结果,例如,若光路中有反射元件,则应考虑反射引入的相位延迟。③ 讨论光和物质的相互作用时,更应注意偏振效应引起的差别,例如,散射光强的偏振效应等。

在学习光学过程中,应时时注意上述几个主要因素对光波在介质中传输特性的影响。而且在折射率、光波波长、光波能量和光波偏振这四个因素中,**其关键的因素是折射率 n** 。注意到这一点将有助于深入了解光学传输的一些基本规律,以及如何应用这些规律。因此,在处理光学问题时,应时刻关注讨论对象(或要讨论的光学过程、光学效应等)中,上述几个参量的取值。这几个参量取值的不同往往所需处理的方法不同,甚至属于不同光学分支的研究领域。

0.3 光学的应用

由于激光的出现,导致光学应用领域的极大扩展,并在科学发展、工业技术的进步,以及经济和国防建设中起着举足轻重的地位。以致有人预言:21 世纪是光的时代。由此可见光学的重要性。光学原理的应用,已有不少书籍和专著对各方面的应用进行了全面而详尽的论述。从学习光学原理的角度看,光学的应用大致可分为以下几类。

1. 构成各种光学观测仪器

利用光波的传播规律可以构成各种成像光学仪器。其中包括显微镜(把近处

小物放大),望远镜(把远处物体移近),照相机、投影仪等。利用一些光的效应,则可进一步构成红外夜视仪(用于黑暗环境中的观测)、像增强器(用于弱光情况下的观测)、高速摄影机(例如,用于研究爆炸形成的高速冲击波)等。

2. 构成各种光学检测、计量仪器,以及各类光学检测方法

利用光的传输特性(干涉效应、衍射效应、偏振效应等)及光和物质相互作用的各种效应(磁光效应、电光效应、弹光效应、强光效应等各种非线性效应)构成的各种光学检测、计量仪器,则是人们认识和观测世界的重要手段。例如,利用干涉效应可进行波长量级的精密测量;利用衍射效应可进行分光,进而研究物质结构、精密计量、微光学成像和光学图像处理等;利用磁光效应、电光效应、弹光效应等光的偏振特性,可以进行多种物理量(例如,电场、磁场、电流、电压、压力、振动、加速度等)的精密测量。此外利用上述各种光的特性和效应还可构成许多光学器件,用于信息的提取(光传感器)和传输(光传输系统)。

3. 构成各种光学加工和光学医疗系统

利用光和物质相互作用的热效应,可以构成一系列的光学加工机(其加工用的光学能量大到一万瓦量级,小到瓦量级)、光学医疗系统(例如,利用光纤可构成灵活多样的激光手术刀,它不仅可用于体外做外科手术,也可用于体内进行外科手术。)

由此可见,光波的主要应用领域是观测、计量、信息的提取、传输和处理,以及加工、医疗等方面。在应用领域要充分发挥光波的优势,并有所创新,则应对光学的基本理论有清楚、正确和细致的了解。通过光学的学习,掌握扎实的光学基本理论,广泛了解其可能的应用,并在可能条件下,联系实际应用是编辑出版本书的目的。

目 录

绪论	(XVII)
0.1 光学的发展及主要研究内容	(XVII)
0.2 光学的基本参量	(XVIII)
0.2.1 传输介质的折射率	(XIX)
0.2.2 光波波长	(XIX)
0.2.3 光波能量	(XX)
0.2.4 光波的偏振	(XX)
0.3 光学的应用	(XX)

第1篇 物理光学

第1章 光波的基本性质	(3)
1.1 电磁场基本方程	(3)
1.1.1 麦克斯韦方程	(3)
1.1.2 物质方程	(4)
1.1.3 能量定律,坡印廷矢量	(5)
1.1.4 波动方程	(6)
1.2 光波与电磁波	(7)
1.2.1 平面波 球面波 谐波 柱面波 高斯光束	(8)
1.2.2 光场中任一平面上的复振幅分布	(15)
1.2.3 空间频率与空间频率谱	(18)
1.2.4 相速度和群速度	(23)
1.2.5 光的横波性——偏振态及其表示	(26)
1.3 平面光波在各向同性介质分界面上的反射和折射	(38)
1.3.1 边界条件	(38)
1.3.2 反射定律和折射定律	(40)
1.3.3 菲涅耳公式	(42)
1.3.4 反射率和透射率	(44)
1.3.5 反射和折射时的偏振	(49)
1.3.6 全反射	(51)
1.4 光波在金属表面上的反射和折射	(55)

1.4.1	导体中的电磁波	(55)
1.4.2	金属对光波的反射和折射	(57)
1.4.3	金属表面的反射率	(58)
1.5	光波在负折射率介质中的传播	(62)
1.5.1	概述	(62)
1.5.2	左手材料的电磁场性质	(63)
1.5.3	左手材料的研制	(66)
1.6	小结	(67)
	习题	(67)
第2章	光的干涉	(71)
2.1	光波的叠加	(71)
2.1.1	概述	(71)
2.1.2	获得相干光的方法	(71)
2.1.3	两平面光波的叠加	(73)
2.2	分波面的双光束干涉	(75)
2.2.1	双缝干涉	(75)
2.2.2	其他分波面干涉的装置	(76)
2.3	分振幅的双光束干涉	(78)
2.3.1	等倾干涉	(78)
2.3.2	等厚干涉	(83)
2.4	驻波	(88)
2.5	平行平板的多光束干涉	(91)
2.5.1	多光束干涉的强度分布	(91)
2.5.2	干涉条纹的特点	(95)
2.6	低相干光源干涉术(白光干涉)	(97)
2.7	光的相干性	(102)
2.7.1	概述	(102)
2.7.2	相干时间和相干长度	(102)
2.7.3	相干时间和谱线宽度	(104)
2.7.4	互相干函数和复相干度	(107)
2.7.5	光源的相干时间与相干长度	(109)
2.7.6	空间相干性	(114)
2.7.7	部分相干光的干涉特性	(121)
2.7.8	干涉的定域性	(121)

2.7.9 激光的相干性	(122)
2.8 典型双光束干涉仪	(124)
2.8.1 迈克耳孙干涉仪	(124)
2.8.2 马赫-陈德尔干涉仪	(126)
2.9 典型多光束干涉仪——法布里-珀罗干涉仪	(127)
2.9.1 干涉仪的结构	(127)
2.9.2 干涉仪的性能参数	(128)
2.9.3 干涉仪应用举例	(133)
2.10 光纤干涉仪	(135)
2.11 光学薄膜	(136)
2.11.1 概述	(136)
2.11.2 光学薄膜的种类与作用	(136)
2.11.3 单层光学薄膜	(138)
2.11.4 多层光学薄膜	(141)
2.11.5 光学薄膜的矩阵理论	(145)
2.11.6 干涉滤光片	(147)
2.12 小结	(148)
习题	(149)
第3章 光的衍射	(155)
3.1 概述	(155)
3.2 衍射的基本理论	(155)
3.2.1 惠更斯-菲涅耳原理	(155)
3.2.2 基尔霍夫衍射公式	(158)
3.2.3 夫琅和费衍射和菲涅耳衍射	(165)
3.3 夫琅和费单缝衍射	(168)
3.3.1 衍射光强的计算	(168)
3.3.2 对光强分布公式的分析	(169)
3.4 夫琅和费圆孔衍射	(172)
3.5 巴俾涅原理	(174)
3.6 夫琅和费多缝衍射	(176)
3.6.1 双缝的干涉和衍射	(176)
3.6.2 多缝的干涉和衍射	(178)
3.7 典型孔径的夫琅和费衍射计算举例	(181)
3.7.1 矩形孔径	(181)

3.7.2	圆形孔径	(182)
3.7.3	正弦型振幅光栅	(183)
3.7.4	正弦型位相光栅	(185)
3.7.5	夫琅和费衍射计算举例	(187)
3.8	菲涅耳衍射	(194)
3.8.1	圆孔衍射	(194)
3.8.2	圆屏衍射	(198)
3.8.3	直边衍射和单缝衍射	(199)
3.8.4	波带片	(199)
3.9	衍射光栅	(202)
3.9.1	平面衍射光栅	(202)
3.9.2	闪耀光栅	(207)
3.9.3	光谱仪	(210)
3.10	小结	(212)
	习题	(213)
第4章	晶体光学基础	(217)
4.1	晶体的介电张量	(217)
4.2	单色平面光波在晶体中的传播特性	(219)
4.2.1	单色平面光波在各向异性介质中的传播	(219)
4.2.2	单色平面光波在晶体中传播的解析法	(221)
4.2.3	单色平面光波在晶体中传播的几何法	(227)
4.3	单色平面光波在晶体表面上的反射和折射	(241)
4.3.1	光波在晶体表面上的反射定律和折射定律	(241)
4.3.2	单轴晶体中的光路	(242)
4.4	偏振器件	(247)
4.4.1	概述	(247)
4.4.2	反射型偏振器	(248)
4.4.3	双折射型偏振器	(249)
4.4.4	散射型和二向色型偏振器	(252)
4.4.5	波片和补偿器	(254)
4.4.6	退偏器	(256)
4.5	通过光学元件后光强的计算	(258)
4.5.1	概述	(258)
4.5.2	用琼斯矢量计算	(260)

4.5.3 用斯托克斯矢量计算	(260)
4.5.4 用邦加球表示	(261)
4.6 偏振光的干涉	(262)
4.6.1 概述	(262)
4.6.2 平行光的偏光干涉	(263)
4.6.3 会聚光的偏光干涉	(266)
4.7 物质的旋光性	(273)
4.7.1 旋光现象	(273)
4.7.2 旋光现象的定性解释	(274)
4.7.3 旋光晶体的双折射	(277)
4.7.4 旋光性的电磁理论	(279)
4.8 偏光仪器	(284)
4.8.1 旋光仪	(284)
4.8.2 椭偏仪	(286)
4.9 小结	(289)
附录 张量的基本知识	(291)
习题	(297)
第5章 光的吸收、色散和散射	(302)
5.1 概述	(302)
5.2 光和物质相互作用的经典理论	(302)
5.2.1 麦克斯韦电磁理论的困难	(302)
5.2.2 谐振子的受迫振动	(303)
5.2.3 折射率和极化率	(306)
5.3 光的吸收	(308)
5.3.1 一般吸收和选择吸收	(308)
5.3.2 气体的吸收	(311)
5.3.3 固体和液体的吸收	(311)
5.4 光的色散	(312)
5.4.1 正常色散	(312)
5.4.2 反常色散	(314)
5.4.3 色散现象的解释	(315)
5.5 光的散射	(316)
5.5.1 光的散射现象	(316)
5.5.2 瑞利散射	(318)

5.5.3 米氏散射	(321)
5.5.4 喇曼散射	(321)
5.6 小结	(323)
习题	(325)

第2篇 现代光学

第6章 导波光学	(329)
6.1 概述	(329)
6.1.1 光波导	(329)
6.1.2 光导纤维	(329)
6.2 平面光波导的传输特性	(331)
6.2.1 平板光波导的结构	(331)
6.2.2 平板波导的模式	(331)
6.2.3 光波导损耗	(332)
6.3 光波导器件	(333)
6.3.1 光波导调制器	(333)
6.3.2 电光调制器	(333)
6.3.3 声光调制器	(335)
6.3.4 周期波导和反射滤波器	(336)
6.3.5 光波导偏振器	(336)
6.3.6 波导激光器	(337)
6.4 光波导耦合	(339)
6.4.1 光波导透镜	(339)
6.4.2 光波导反射镜和棱镜	(340)
6.5 集成光学检测系统举例	(341)
6.5.1 射频频谱分析仪	(341)
6.5.2 微型光波导陀螺仪	(342)
6.6 光纤的特性	(343)
6.6.1 均匀折射率光纤的光线理论	(343)
6.6.2 光纤的损耗	(345)
6.6.3 光纤的色散	(345)
6.6.4 光纤的偏振	(346)
6.7 特种光纤	(347)
6.7.1 变折射率光纤	(347)
6.7.2 红外光纤	(353)

6.7.3 塑料光纤	(353)
6.8 光纤器件	(354)
6.8.1 光纤耦合器	(354)
6.8.2 光纤波分/波合器	(355)
6.8.3 光纤偏振控制器	(355)
6.8.4 光纤滤波器	(355)
6.8.5 光纤光栅	(358)
6.9 光纤传感系统	(358)
6.9.1 概述	(358)
6.9.2 振幅调制传感型光纤传感器	(359)
6.9.3 相位调制传感型光纤传感器	(360)
6.9.4 偏振调制传感型光纤传感器	(363)
6.9.5 波长调制光纤检测系统	(363)
6.9.6 传光型光纤检测系统	(364)
6.10 小结	(365)
习题	(367)
第7章 傅里叶光学	(368)
7.1 概述	(368)
7.2 傅里叶变换简介	(368)
7.2.1 傅里叶变换定义	(368)
7.2.2 傅里叶变换定理	(368)
7.2.3 傅里叶-贝塞尔变换	(370)
7.3 平面波的角谱	(372)
7.3.1 角谱及其物理解释	(372)
7.3.2 角谱的传播	(373)
7.3.3 衍射孔径对角谱的效应	(374)
7.3.4 传播现象作为一种线性空间滤波器	(375)
7.4 薄透镜的傅里叶变换性质	(376)
7.5 光学傅里叶变换	(380)
7.6 波前再现成像(全息术)	(381)
7.6.1 概述	(381)
7.6.2 基元全息图	(384)
7.6.3 基本公式	(384)
7.6.4 物像关系	(386)

7.6.5	体积全息图	(388)
7.6.6	傅里叶变换全息图	(391)
7.6.7	全息干涉计量	(395)
7.6.8	全息术应用	(398)
7.6.9	光纤在全息记录系统中的应用	(402)
7.7	空间滤波和光学信息处理	(404)
7.7.1	概述	(404)
7.7.2	基本光学运算	(405)
7.7.3	光学频谱分析系统	(407)
7.7.4	空间频率滤波	(408)
7.7.5	空间滤波器	(409)
7.8	小结	(415)
	习题	(416)
第8章	二元光学	(417)
8.1	概述	(417)
8.1.1	二元光学的定义	(417)
8.1.2	二元光学的研究内容	(418)
8.1.3	二元光学的特点	(419)
8.2	相位型菲涅耳波带透镜的设计	(420)
8.2.1	理论公式	(420)
8.2.2	设计方法举例	(423)
8.2.3	二元光学器件的制作	(424)
8.3	二元光学的应用	(425)
8.3.1	成像系统校正色差	(425)
8.3.2	波面校正与光束整形	(426)
8.3.3	光束准直	(428)
8.3.4	光束的叠加	(428)
8.3.5	菲涅耳透镜阵列	(429)
8.3.6	产生超分辨率的异型菲涅耳透镜	(431)
8.4	小结	(432)
	习题	(433)
第9章	近场光学显微镜	(434)
9.1	概述	(434)
9.2	近场光学显微镜的基本原理	(435)