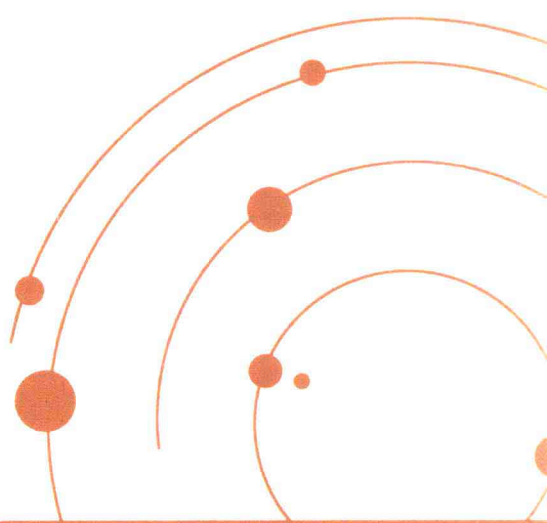




“十二五”国家重点图书出版规划项目

中国科学技术大学 **精品** 教材



崔宏滨 / 编著

光学基础教程

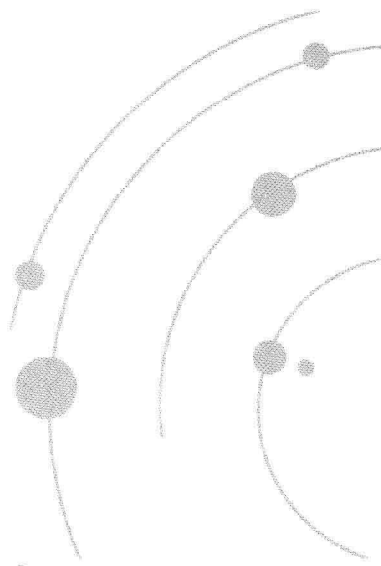
Fundamentals of Optics

中国科学技术大学出版社



“十二五”国家重点图书出版规划项目

中国科学技术大学 **精品** 教材



崔宏滨 / 编著

Fundamentals of Optics

光学基础教程

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书对几何光学和波动光学的理论体系作了较全面的阐述,并对光的量子性作了初步的介绍。全书以光与物质相互作用的实验事实为基础,从光的物理模型出发,对光学的现象和规律作了较全面的讨论,并介绍了光学的发展及其在各个领域中的应用。对于光学中重要的物理概念和实验现象,推导严谨,论述详细。为了使读者能够掌握处理光学问题的方法,本书附有较多的例题和习题。

本书可作为理工科以及师范院校物理学专业的本科生教材,也可供理工科非物理学有关专业的学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

光学基础教程/崔宏滨编著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2013.9
(中国科学技术大学精品教材)
“十二五”国家重点图书出版规划项目
ISBN 978-7-312-03312-4

I. 光… II. 崔… III. 光学—高等学校—教材 IV. O43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 213029 号

中国科学技术大学出版社出版发行

安徽省合肥市金寨路 96 号,230026

<http://press.ustc.edu.cn>

安徽省瑞隆印务有限公司印刷

全国新华书店经销

开本:710 mm×960 mm 1/16 印张:35.75 插页:2 字数:683 千

2013 年 9 月第 1 版 2013 年 9 月第 1 次印刷

定价:63.00 元

编审委员会

主 任 侯建国

副主任 窦贤康 陈初升
张淑林 朱长飞

委 员 (按姓氏笔画排序)

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| 方兆本 | 史济怀 | 古继宝 | 伍小平 |
| 刘 斌 | 刘万东 | 朱长飞 | 孙立广 |
| 汤书昆 | 向守平 | 李曙光 | 苏 淳 |
| 陆夕云 | 杨金龙 | 张淑林 | 陈发来 |
| 陈华平 | 陈初升 | 陈国良 | 陈晓非 |
| 周学海 | 胡化凯 | 胡友秋 | 俞书勤 |
| 侯建国 | 施蕴渝 | 郭光灿 | 郭庆祥 |
| 奚宏生 | 钱逸泰 | 徐善驾 | 盛六四 |
| 龚兴龙 | 程福臻 | 蒋 一 | 窦贤康 |
| 褚家如 | 滕脉坤 | 霍剑青 | |

总 序

2008年,为庆祝中国科学技术大学建校五十周年,反映建校以来的办学理念和特色,集中展示教材建设的成果,学校决定组织编写出版代表中国科学技术大学教学水平的精品教材系列。在各方的共同努力下,共组织选题281种,经过多轮、严格的评审,最后确定50种入选精品教材系列。

五十周年校庆精品教材系列于2008年9月纪念建校五十周年之际陆续出版,共出书50种,在学生、教师、校友以及高校同行中引起了很好的反响,并整体进入国家新闻出版总署的“十一五”国家重点图书出版规划。为继续鼓励教师积极开展教学研究与教学建设,结合自己的教学与科研积累编写高水平的教材,学校决定,将精品教材出版作为常规工作,以《中国科学技术大学精品教材》系列的形式长期出版,并设立专项基金给予支持。国家新闻出版总署也将该精品教材系列继续列入“十二五”国家重点图书出版规划。

1958年学校成立之时,教员大部分来自中国科学院的各个研究所。作为各个研究所的科研人员,他们到学校后保持了教学的同时又作研究的传统。同时,根据“全院办校,所系结合”的原则,科学院各个研究所在科研第一线工作的杰出科学家也参与学校的教学,为本科生授课,将最新的科研成果融入到教学中。虽然现在外界环境和内在条件都发生了很大变化,但学校以教学为主、教学与科研相结合的方针没有变。正因为坚持了科学与技术相结合、理论与实践相结合、教学与科研相结合的方针,并形成了优良的传统,才培养出了一批又一批高质量的人才。

学校非常重视基础课和专业基础课教学的传统,也是她特别成功的原因之一。当今社会,科技发展突飞猛进、科技成果日新月异,没有扎实的基础知识,很难在科学技术研究中作出重大贡献。建校之初,华罗庚、吴有训、严济慈等老一辈科学家、教育家就身体力行,亲自为本科生讲授基础课。他们以渊博的学识、精湛的讲课艺术、高尚的师德,带出一批又一批杰出的年轻教员,培养

了一届又一届优秀学生。入选精品教材系列的绝大部分是基础课或专业基础课的教材,其作者大多直接或间接受到过这些老一辈科学家、教育家的教诲和影响,因此在教材中也贯穿着这些先辈的教育教学理念与科学探索精神。

改革开放之初,学校最先选派青年骨干教师赴西方国家交流、学习,他们在带回先进科学技术的同时,也把西方先进的教育理念、教学方法、教学内容等带回到中国科学技术大学,并以极大的热情进行教学实践,使“科学与技术相结合、理论与实践相结合、教学与科研相结合”的方针得到进一步深化,取得了非常好的效果,培养的学生得到全社会的认可。这些教学改革影响深远,直到今天仍然受到学生的欢迎,并辐射到其他高校。在入选的精品教材中,这种理念与尝试也都有充分的体现。

中国科学技术大学自建校以来就形成的又一传统是根据学生的特点,用创新的精神编写教材。进入我校学习的都是基础扎实、学业优秀、求知欲强、勇于探索和追求的学生,针对他们的具体情况编写教材,才能更加有利于培养他们的创新精神。教师们坚持教学与科研的结合,根据自己的科研体会,借鉴目前国外相关专业有关课程的经验,注意理论与实际应用的结合,基础知识与最新发展的结合,课堂教学与课外实践的结合,精心组织材料、认真编写教材,使学生在掌握扎实的理论基础的同时,了解最新的研究方法,掌握实际应用的技术。

入选的这些精品教材,既是教学一线教师长期教学积累的成果,也是学校教学传统的体现,反映了中国科学技术大学的教学理念、教学特色和教学改革成果。希望该精品教材系列的出版,能对我们继续探索科教紧密结合培养拔尖创新人才,进一步提高教育教学质量有所帮助,为高等教育事业作出我们的贡献。

中国科学技术大学校长
中国科学院院士
第三世界科学院院士

前 言

牛顿的著作《自然哲学的数学原理》(以下简称《原理》)是物理学诞生的标志。

读者也许要问:在牛顿之前,有很多人研究了某些物理问题,也取得了一些成果,例如阿基米德对浮力的研究、开普勒对行星运动的研究、伽利略对运动的研究等等,但为什么物理学没有在这些人的手中诞生呢?

让我们看看牛顿的书名吧。

按照牛顿的理解,物理学就是将自然界的规律和原理用数学加以阐述所形成的理论体系。

在《原理》中,牛顿不仅仅根据实验和观测总结了物体机械运动的普遍规律(牛顿三定律和万有引力定律),还用数学方法将这些定律加以表述,并用数学逻辑推导出了一些具体问题的解决方案。这样一来,关于物体的机械运动,就被表述成了受基本规律制约的、相互关联的成体系的理论,这就是力学。而且,物体的机械运动是物体之间相互作用的表现,这种相互作用,用“力”这一物理概念进行描述。

值得指出的是,随后发展起来的电磁学、热学等物理学的分支,都是按牛顿的思路和方法而形成的理论体系,都是以实验定律为基础(如电磁学中,基本的定律是库仑定律、安培定律、电磁感应定律、洛伦兹力定律等;热力学中,基本的定律是热力学三定律等),定义一些基本的物理量,用数学方法导出一些物理定律,这样就可以用来处理和解决物理问题了。

物理教科书的作用,就是将已经形成体系的物理学理论介绍给初学者,以帮助他们对物理学的理论体系有所了解,对物理学的定律有所认识,并能够运用物理学的方法理解和处理实际的物理问题,或者借鉴物理学的理论和方法处理其他领域的问题。

为了使初学者能够在尽量短的时间内正确地掌握物理知识,要求教科书

的内容正确、结构完整,更重要的是,教科书要有很好的逻辑。教科书的作者必须有能力将复杂、丰富的内容进行整理,将有关联的论题归类。这样一来,虽然初学者身处知识的海洋,却由于受到正确的指引,就可以顺利抵达目的地。

至于光学,首先要解决的问题就是:光是什么?

从物理上看,这一问题就是:应该用什么样的模型来描述光?

当然应当根据光的表现来回答这一问题。在不同的情形下,光的表现大相径庭。所以,在不同的条件下,可以用光线、光波、光子这些不同的模型来描述光。而光的成像理论、波动理论、量子理论正是基于不同的模型而建立起来的。

本书就是针对光的不同模型,分别介绍了光线成像的理论体系、光波相干和非相干的理论体系以及光量子的理论体系。

需要指出的是,物理学是实验科学,上述理论体系都是建立在物理实验的基础之上的。

大学本科阶段,波动光学是整个光学的核心内容。而贯穿整个波动光学的主线则是光波的叠加原理。具体来说,干涉和衍射是光的相干叠加,在处理方法上,前者可以直接应用光波的叠加原理将几列波的振动或复振幅直接相加,而后者则需要通过求解菲涅耳-基尔霍夫衍射积分公式;在实验装置上,干涉是将光分束,而衍射则不是如此。在分析光的偏振特性时,往往是将正交的光矢量进行叠加,这是一种非相干叠加。

几何光学的成像理论虽然简单,但非常实用,是人们在生活和工作中经常要用到的知识,所以本书对这部分内容也作了尽可能详尽的介绍。

准确理解光的量子理论,需要更多的物理和数学的基础,因而本书仅仅介绍了光量子的实验基础。

作者的第一本光学教科书于2005年由科学出版社出版。在使用过程中,得到了很多读者的鼓励和指正,作者获益匪浅。与那一本书相比,本书的体例有所不同,这样做的目的主要是便于作为教材使用。这样改动的效果如何,只有通过使用才能知晓。作者诚恳希望读者指出书中的错误和不足,以便重印或再版时加以改正。

崔宏滨
2013年6月

目 次

| | |
|-----------------|---------|
| 总序 | (i) |
| 前言 | (iii) |
| 第 1 章 光线、光波与光量子 | (1) |
| 1.1 光线与几何光学 | (1) |
| 1.1.1 光线模型 | (1) |
| 1.1.2 几何光学的实验定律 | (2) |
| 1.1.3 费马原理 | (8) |
| 1.1.4 光的全反射 | (9) |
| 1.1.5 变折射率光学 | (15) |
| 1.2 光波与波动光学 | (20) |
| 1.2.1 光的电磁波模型 | (20) |
| 1.2.2 光波场的周期性 | (23) |
| 1.2.3 光波的传播 | (25) |
| 1.2.4 矢量波与标量波 | (27) |
| 1.2.5 光强 | (28) |
| 1.2.6 光的多普勒效应 | (30) |
| 1.3 光量子与量子光学 | (33) |
| 1.3.1 黑体辐射 | (33) |
| 1.3.2 光量子假说 | (39) |
| 1.3.3 物质的波粒二象性 | (44) |
| 习题 1 | (45) |

| | |
|-------------------------|---------|
| 第 2 章 光学成像 | (51) |
| 2.1 成像的基本概念 | (51) |
| 2.1.1 从盲人摸象说起 | (51) |
| 2.1.2 光学成像的基本要素 | (52) |
| 2.1.3 平面反射成像 | (55) |
| 2.1.4 平面折射成像 | (56) |
| 2.2 傍轴光线经球面折射成像 | (59) |
| 2.2.1 单球面折射成像 | (59) |
| 2.2.2 像的横向放大率 | (64) |
| 2.2.3 焦平面 | (64) |
| 2.2.4 几何光学的符号约定 | (71) |
| 2.2.5 成像的作图法 | (76) |
| 2.3 傍轴光经球面反射成像 | (78) |
| 2.3.1 球面反射的物像公式 | (78) |
| 2.3.2 球面镜成像的特点 | (80) |
| 2.3.3 球面镜成像的作图法 | (81) |
| 2.4 傍轴光经薄透镜成像 | (82) |
| 2.4.1 薄透镜 | (82) |
| 2.4.2 薄透镜成像的物像公式 | (83) |
| 2.4.3 薄透镜成像的作图法 | (90) |
| 2.5 透镜组成像 | (92) |
| 2.5.1 透镜组成像的计算 | (93) |
| 2.5.2 透镜组成像的作图 | (97) |
| 2.6 焦距的实验测定 | (102) |
| 2.6.1 正镜焦距的测量 | (102) |
| 2.6.2 负镜焦距的测量 | (104) |
| 2.7 非傍轴光成像 | (105) |
| 2.7.1 透镜组的阿贝正弦条件 | (105) |
| 2.7.2 球形齐明透镜与齐明点 | (106) |
| 2.7.3 齐明透镜组 | (108) |
| 2.8 理想共轴球面系统的成像 | (109) |
| 2.8.1 理想光具组 | (109) |

| | | |
|--------------|--------------------|--------------|
| 2.8.2 | 共轴球面系统的基点和基面 | (111) |
| 2.8.3 | 共轴球面系统的物像关系 | (116) |
| 2.8.4 | 基点和基平面的确定 | (120) |
| 2.9 | 光线转换矩阵 | (129) |
| 2.9.1 | 光线状态的矩阵表示 | (129) |
| 2.9.2 | 成像矩阵的计算 | (133) |
| | 习题 2 | (136) |
| 第 3 章 | 成像仪器 | (143) |
| 3.1 | 光阑 | (143) |
| 3.1.1 | 光阑与光瞳 | (143) |
| 3.1.2 | 实际光学系统的光阑与光瞳 | (146) |
| 3.2 | 像差 | (148) |
| 3.2.1 | 球差 | (149) |
| 3.2.2 | 慧差 | (151) |
| 3.2.3 | 像散 | (152) |
| 3.2.4 | 像场弯曲 | (153) |
| 3.2.5 | 畸变 | (153) |
| 3.2.6 | 色差 | (153) |
| 3.3 | 眼睛 | (155) |
| 3.3.1 | 眼睛的光学特性 | (155) |
| 3.3.2 | 视力的矫正 | (157) |
| 3.4 | 目镜 | (159) |
| 3.4.1 | 放大镜 | (159) |
| 3.4.2 | 显微镜和望远镜中的目镜 | (161) |
| 3.5 | 物镜 | (164) |
| 3.5.1 | 照相物镜 | (164) |
| 3.5.2 | 显微物镜 | (167) |
| 3.6 | 显微镜 | (167) |
| 3.6.1 | 显微镜的结构 | (167) |
| 3.6.2 | 显微镜的标志 | (168) |
| 3.7 | 望远镜 | (170) |
| 3.8 | 照相机 | (172) |

| | |
|-----------------------------------|-------|
| 3.9 光度学概论 | (176) |
| 3.9.1 辐射通量与光通量 | (176) |
| 3.9.2 发光强度和亮度 | (180) |
| 3.9.3 照度 | (181) |
| 3.10 物镜的聚光本领 | (182) |
| 3.10.1 显微镜:光源较近 | (182) |
| 3.10.2 望远镜与照相机:光源较远 | (183) |
| 习题 3 | (184) |
| 第 4 章 光波与物质的相互作用 | (186) |
| 4.1 光波在界面上的反射与折射 | (186) |
| 4.1.1 光波在绝缘介质分界面处的反射定律与折射定律 | (186) |
| 4.1.2 光波在绝缘介质分界面处的全反射 | (187) |
| 4.1.3 分界面处反射波、折射波与入射波的电场强度 | (188) |
| 4.2 关于菲涅耳公式的讨论 | (189) |
| 4.2.1 反射率与透射率 | (189) |
| 4.2.2 半波损失 | (192) |
| 4.2.3 斯托克斯倒逆关系 | (197) |
| 4.3 光的吸收 | (198) |
| 4.3.1 吸收的实验规律 | (198) |
| 4.3.2 吸收系数与波长的关系 | (199) |
| 4.3.3 吸收光谱与物体的颜色 | (201) |
| 4.4 光的色散 | (202) |
| 4.4.1 色散现象 | (202) |
| 4.4.2 色散规律 | (202) |
| 4.5 吸收和色散的经典理论 | (204) |
| 4.5.1 经典的电偶极子模型 | (204) |
| 4.5.2 单一本征频率 | (205) |
| 4.5.3 多个本征频率 | (206) |
| 4.6 光的散射 | (207) |
| 4.6.1 散射现象 | (207) |
| 4.6.2 散射定律 | (207) |
| 习题 4 | (208) |

| | |
|----------------------------------|-------|
| 第 5 章 光波的相干叠加与非相干叠加 | (210) |
| 5.1 定态光波及其表示 | (210) |
| 5.1.1 光源的发光机制 | (210) |
| 5.1.2 定态光波 | (212) |
| 5.1.3 定态光波的数学表示 | (213) |
| 5.1.4 球面波与平面波 | (214) |
| 5.2 光程差与相位差 | (221) |
| 5.2.1 相位取决于光程 | (221) |
| 5.2.2 相位的超前与滞后 | (223) |
| 5.3 球面光波在接收屏上的傍轴条件与远场条件 | (225) |
| 5.3.1 轴上物点的傍轴条件和远场条件 | (226) |
| 5.3.2 轴外物点的傍轴条件和远场条件 | (228) |
| 5.4 光波的叠加原理 | (229) |
| 5.4.1 光波的独立传播定律 | (229) |
| 5.4.2 光波的叠加原理 | (230) |
| 5.5 光波的叠加方法 | (231) |
| 5.5.1 代数法 | (231) |
| 5.5.2 复数法 | (232) |
| 5.5.3 振幅矢量法 | (232) |
| 5.6 光波的叠加强度 | (233) |
| 5.6.1 光波叠加的特点 | (233) |
| 5.6.2 光波的相干叠加与非相干叠加 | (235) |
| 5.6.3 振动方向相互垂直的光波的叠加 | (238) |
| 5.6.4 不同频率光波的叠加 | (239) |
| 5.6.5 光的相干条件 | (241) |
| 5.7 波包与群速度 | (241) |
| 习题 5 | (245) |
| 第 6 章 光的干涉与干涉装置 | (249) |
| 6.1 杨氏干涉与相干光的获得 | (249) |
| 6.1.1 实验装置 | (249) |
| 6.1.2 杨氏干涉的物理过程 | (251) |
| 6.1.3 相干光的获得 | (252) |

| | | |
|--------------|-------------------|--------------|
| 6.1.4 | 杨氏干涉花样 | (253) |
| 6.2 | 分波前的干涉装置 | (259) |
| 6.2.1 | 菲涅耳双棱镜 | (259) |
| 6.2.2 | 菲涅耳双面镜 | (263) |
| 6.2.3 | 劳埃德镜 | (267) |
| 6.2.4 | 比累对切透镜 | (268) |
| 6.2.5 | 梅斯林对切透镜 | (269) |
| 6.3 | 空间相干性与时间相干性 | (272) |
| 6.3.1 | 干涉条纹的可见度 | (272) |
| 6.3.2 | 光源的空间相干性 | (273) |
| 6.3.3 | 光源的时间相干性 | (279) |
| 6.4 | 薄膜干涉 | (283) |
| 6.4.1 | 一般透明薄膜的干涉 | (283) |
| 6.4.2 | 等倾干涉 | (285) |
| 6.4.3 | 等厚干涉 | (290) |
| 6.5 | 分振幅的干涉装置 | (294) |
| 6.5.1 | 迈克耳孙干涉仪 | (295) |
| 6.5.2 | 傅里叶变换光谱仪 | (299) |
| 6.5.3 | 马赫-曾特干涉仪 | (299) |
| 6.5.4 | 干涉滤波片 | (300) |
| 6.5.5 | 牛顿环干涉装置 | (302) |
| 6.6 | 法布里-珀罗干涉仪 | (304) |
| 6.6.1 | 干涉装置 | (304) |
| 6.6.2 | 光强分布 | (305) |
| 6.6.3 | 光波场的特性 | (308) |
| | 习题 6 | (312) |
| 第 7 章 | 光的衍射与衍射装置 | (319) |
| 7.1 | 惠更斯-菲涅耳原理 | (319) |
| 7.1.1 | 波的衍射和次波模型 | (319) |
| 7.1.2 | 次波的相干叠加:惠更斯-菲涅耳原理 | (321) |
| 7.2 | 菲涅耳圆孔和圆屏衍射 | (327) |
| 7.2.1 | 衍射装置与衍射现象 | (327) |

| | | |
|-------|------------------------------|-------|
| 7.2.2 | 用半波带法分析菲涅耳圆孔衍射 | (328) |
| 7.2.3 | 半波带方程 | (335) |
| 7.2.4 | 一般情形下的波带 | (336) |
| 7.2.5 | 菲涅耳半波带的应用——波带片 | (338) |
| 7.3 | 其他形式的菲涅耳衍射 | (340) |
| 7.3.1 | 直边衍射 | (340) |
| 7.3.2 | 菲涅耳单缝衍射 | (343) |
| 7.4 | 夫琅禾费单缝和矩孔衍射 | (344) |
| 7.4.1 | 夫琅禾费单缝衍射装置 | (344) |
| 7.4.2 | 单缝衍射强度分布 | (345) |
| 7.4.3 | 单缝衍射花样的特点 | (350) |
| 7.4.4 | 单缝衍射的应用 | (353) |
| 7.4.5 | 夫琅禾费矩孔衍射 | (354) |
| 7.5 | 夫琅禾费圆孔衍射 | (356) |
| 7.5.1 | 圆孔衍射强度 | (356) |
| 7.5.2 | 衍射花样的特点 | (358) |
| 7.6 | 衍射的零级近似与几何光学 | (361) |
| 7.6.1 | 衍射中央主极大的特殊性 | (362) |
| 7.6.2 | 衍射与孔径的关系 | (363) |
| 7.6.3 | 几何光学是衍射的零级近似 | (364) |
| 7.6.4 | 望远镜的分辨本领与衍射极限 | (365) |
| 7.7 | 衍射光栅 | (368) |
| 7.7.1 | 多缝夫琅禾费衍射 | (368) |
| 7.7.2 | 周期性光栅的衍射强度 | (369) |
| 7.7.3 | 用振幅矢量法分析光栅的衍射 | (370) |
| 7.7.4 | 用菲涅耳-基尔霍夫衍射积分公式分析光栅的衍射 | (373) |
| 7.7.5 | 双缝衍射 | (377) |
| 7.7.6 | 干涉与衍射的区别和联系 | (378) |
| 7.8 | 光栅衍射的特征 | (378) |
| 7.8.1 | 衍射花样的极大值和极小值 | (378) |
| 7.8.2 | 光栅方程 | (381) |
| 7.9 | 光栅光谱在空间的角分布 | (382) |

| | | |
|------------|---------------------|--------------|
| 7.9.1 | 光栅的色散与自由光谱范围 | (383) |
| 7.9.2 | 光谱线的角宽度和光栅的色分辨本领 | (384) |
| 7.10 | 闪耀光栅 | (387) |
| 7.10.1 | 问题的提出与解决方案 | (387) |
| 7.10.2 | 闪耀光栅的结构 | (388) |
| 7.10.3 | 闪耀光栅衍射的一般性分析 | (389) |
| 7.10.4 | 两种常用的照明方式 | (391) |
| 7.11 | 单色仪与光谱仪 | (393) |
| 7.12 | 正弦光栅 | (395) |
| 7.13 | X射线在晶体中的衍射 | (397) |
| 7.13.1 | 晶格点阵 | (397) |
| 7.13.2 | X射线在晶体中的衍射 | (398) |
| 7.13.3 | 晶体X射线衍射的实验方法 | (400) |
| | 习题7 | (402) |
| 第8章 | 傅里叶变换光学与光全息术 | (407) |
| 8.1 | 衍射屏对波前的变换 | (407) |
| 8.1.1 | 衍射系统的屏函数 | (407) |
| 8.1.2 | 简单光波场的波前函数 | (408) |
| 8.1.3 | 透镜的相位变换函数 | (410) |
| 8.1.4 | 光楔的相位变换函数 | (412) |
| 8.2 | 接收场的傅里叶变换 | (414) |
| 8.2.1 | 衍射积分的近似 | (414) |
| 8.2.2 | 衍射系统的傅里叶变换 | (416) |
| 8.3 | 夫琅禾费光栅衍射的傅里叶频谱分析 | (416) |
| 8.3.1 | 屏函数的傅里叶变换 | (416) |
| 8.3.2 | 周期性屏函数的傅里叶变换 | (418) |
| 8.3.3 | 非周期性的屏函数的傅里叶变换 | (421) |
| 8.4 | 阿贝成像原理 | (423) |
| 8.4.1 | 阿贝成像原理的数学推导 | (423) |
| 8.4.2 | 阿贝成像原理的实验验证 | (425) |
| 8.4.3 | 图像处理 | (428) |
| 8.4.4 | θ 调制 | (429) |

| | | |
|--------------|-----------------------------|--------------|
| 8.5 | 相衬显微镜 | (431) |
| 8.6 | 全息照相 | (432) |
| 8.6.1 | 全息照相的基本原理 | (432) |
| 8.6.2 | 全息照相的装置 | (435) |
| | 习题 8 | (435) |
| 第 9 章 | 光的偏振与光在晶体中的双折射 | (439) |
| 9.1 | 光的偏振特性 | (439) |
| 9.1.1 | 横波的偏振性 | (439) |
| 9.1.2 | 起偏与检偏 | (442) |
| 9.2 | 光的各种偏振态 | (443) |
| 9.2.1 | 光波的特征与其发射机制有关 | (443) |
| 9.2.2 | 自然光 | (444) |
| 9.2.3 | 部分偏振光 | (446) |
| 9.2.4 | 平面偏振光 | (447) |
| 9.2.5 | 圆偏振光 | (450) |
| 9.2.6 | 椭圆偏振光 | (452) |
| 9.3 | 反射、折射所引起的偏振态的改变 | (459) |
| 9.3.1 | 偏振态的改变 | (459) |
| 9.3.2 | 垂直入射的情形 | (461) |
| 9.3.3 | 布儒斯特定律 | (461) |
| 9.3.4 | 玻璃片堆和布儒斯特窗 | (463) |
| 9.3.5 | 全反射的相移和菲涅耳六面体棱镜 | (465) |
| 9.4 | 光在晶体中的双折射 | (465) |
| 9.4.1 | 晶体的光学特征 | (465) |
| 9.4.2 | 双折射现象与双折射晶体 | (467) |
| 9.5 | 单轴晶体中光的波面 | (473) |
| 9.5.1 | 晶体中 o 光和 e 光的波面 | (473) |
| 9.5.2 | 单轴晶体的惠更斯作图法 | (476) |
| 9.5.3 | 几种特例 | (477) |
| 9.6 | 晶体光学器件 | (478) |
| 9.6.1 | 偏振棱镜 | (478) |
| 9.6.2 | 波晶片 | (481) |