



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

电子信息与电气学科规划教材·光电信息科学与工程专业

近代光学

Contemporary Optics

郑玉祥 陈良尧 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY <http://www.phei.com.cn>



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
电子信息与电气学科规划教材·光电信息科学与工程专业

近代光学

Contemporary Optics

郑玉祥 陈良尧 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。本书系统地介绍了近代光学发展的各个方面,并致力于反映当代光学的最新进展,具有一定的深度和广度。主要内容包括:光的电磁波理论,光在不同类型介质中的传播特性,光的部分相干性,光的标量衍射理论,傅里叶光学基础,全息术基础,几何光学的基本原理,相对论光学及量子光学基础等。全书结构清晰、严谨,内容丰富、新颖,并精选了适量典型的例题和习题。

本书可作为高等院校光电信息科学与工程类相关专业高年级本科生或研究生的教材,也可供光学相关领域的教学或科研人员参考。

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

近代光学/郑玉祥,陈良尧编著. —北京:电子工业出版社,2011.1

电子信息与电气学科规划教材·光电信息科学与工程专业

ISBN 978-7-121-12645-1

I. ①近… II. ①郑… ②陈… III. ①光学—高等学校—教材 IV. ①O43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 253229 号

责任编辑:凌 毅

印 刷:涿州市京南印刷厂

装 订:涿州市桃园装订有限公司

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:787×1092 1/16 印张:38.75 字数:1042 千字

印 次:2011 年 1 月第 1 次印刷

印 数:3000 册 定价:69.00 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,联系及邮购电话:(010)88254888。

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

服务热线:(010)88258888。

前 言

近代光学是一个非常活跃的领域,新的进展层出不穷。近年来的诺贝尔奖就多次授予光科学与技术领域的科学家。实际上,作为近代物理学两大支柱的相对论与量子力学的兴起都与光学领域的实验结果密切相关。随着信息技术的发展,光作为新的信息载体也在为越来越多的人所重视。光通信、光存储、光显示等光产业正在迅速崛起并逐渐发展壮大。社会对光科学与技术方面的人才的需求越来越多,对光学人才的质量要求越来越高。为适应光科学与技术的发展,近年来国内有很多高校成立了光科学与工程系或相近的系。“近代光学”课程作为光科学与工程系的主要基础课,目前合适的教材很少,因此编写该课程的教材是一件非常迫切的事。另外,在高校采用学分制后,需要有不同风格、不同层次的教材来满足不同学生的需求。我们编写的《近代光学》教材可以为相关专业对不同层次教材的需求提供一种选择。近年来,复旦大学光科学与工程系对本科生开设了“近代光学”课程,编者一直担任该课程主讲。本书是在编者编写的讲义基础上,结合多年从事光学相关领域的教学、科研的一些体会编写而成的。

全书共分6篇19章,内容基本覆盖近代光学的各领域,包括波动光学、几何光学、相对论光学和量子光学。第1篇首先介绍了光的传播,在此基础上讨论光在分层介质、光子晶体、各向异性介质及光波导中的传播特性。第2篇介绍光的干涉与衍射理论,主要内容包括基尔霍夫衍射理论、瑞利-索末菲衍射理论和角谱分析方法,以及时间相干性和空间相干性的基本概念与理论方法。第3篇涉及近代光学的一个重要应用领域,即信息光学。该篇重点讨论透镜的变换与成像特性,相干和非相干成像系统的频率响应,空间频率滤波及其应用,以及各种全息方法与应用。第4篇介绍几何光学的一些基本原理与方法。论证如何在短波长近似条件下,从定态波动方程及光学拉格朗日方程和光学哈密顿方程出发,建立几何光学的光线方程。此外,还介绍理想成像系统的性质,即高斯光学的主要内容,以及现代几何光学中广泛运用的矩阵方法。第5篇介绍相对论光学。讨论光在高速运动介质中的传播性质,以及在强引力场中的传播性质。相对论光学在宇宙探测及卫星通信方面有重要应用。第6篇讨论光的量子性及波粒二象性。光在与物质相互作用的过程中,伴随着光与物质的原子系统进行能量交换,其性质是用波动理论无法解释的,而必须用量子力学的观点才能深刻理解。该篇介绍光的量子说的几个重要实验和假设,以及量子力学的主要观点。讨论光与物质相互作用的半经典方法,以及电磁场的量子化与光的几种重要量子态。

为了方便自学,本书将各类重要公式的推导过程比较详细地给出,并将近代光学所常用的数学方法编于附录,以利于读者随时查看。在讨论相对论光学和量子光学时,也将相对论原理和量子力学基本原理进行了简洁的介绍,使没有系统地学过相对论和量子力学的读者在阅读本书相应部分时不致有突兀之感。全书使用的各种物理和数学符号,尽可能与国际上的通用形式保持一致。由于本书涉及的物理量非常多,有限的拉丁字母或希腊字母往往要“身兼数职”。为了清楚起见,书中主要使用的符号被列成表格,并示于卷首,但仍然恳请读者在阅读时根据上下文注意分辨,以免产生误解。各种公式均采用国际单位制,因此有些公式与采用高斯单位制或其他单位制的书中的相应公式可能略有不同,也恳请读者注意区别。书中的各种函数图几乎全部用计算机编程计算得到,以达到准确、严谨和科学的效果。为了方便教学,书中还配有一定数量的例题和习题。

本书内容广泛、新颖,适用面较宽,可适应不同学科(光学、光学工程、天文、材料和精密仪器及机械等)和不同层次学生使用的需要。既可作为相关专业本科生的必修课或选修课的教材,也可用作一般科研工作者的参考书。在用作教材时,可以根据不同要求,对内容进行选择教学。

在本书的编写和试用过程中,我们得到了复旦大学信息学院和教务处的热情支持,借此机会表示衷心感谢。编者要感谢复旦大学应萱同教授在本书编写过程中给予的鼓励和指教,以及光科学与工程系各位同事提供的支持和帮助。感谢复旦大学钱佑华教授为编者提供大量参考书籍及多年来对我们科研教学工作给予持续的关心和支持。感谢曲阜师范大学李国华教授和上海交通大学夏宇兴教授,两位教授仔细地审阅了书稿,并提出了宝贵的修改意见。感谢电子工业出版社凌毅、张濮、窦昊及王颖等编辑对本书出版提供的大力支持和帮助,正是由于他们的努力,才使得本书有幸入选为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。感谢陶余会博士在文字录入和编辑方面所做的大量工作,她的帮助大大缩短了本书的编写时间。感谢复旦大学光科学与工程系历届本科同学在本书编写过程中提供大量有价值的建议和意见。

鉴于编者水平和编写时间有限,书中疏漏或不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编著者

2010年12月

绪 论

光是一种我们再熟悉不过的自然现象。地球上的一切生命赖以存在的先决条件就是太阳源源不断地将能量以光的形式输送到地球上,再通过植物的光合作用,形成生物质,支撑着庞大生物链的运行。因此光与人类生活密切相关,而人对光的特别关注也就不足为奇了。人类认识光和使用光的历史早到无以考证。在中国古代传说中,就有燧人氏钻木取火的故事,其实这就是将机械能转换成热能,最后获得光能的过程。到了周代,人们又发明了阳隧取火,即利用凹面镜对着太阳聚焦取火。实际上早在四千多年前,人类制造的各种青铜器中就包括反射镜。我国出土的殷商以前距今约 3600 年的齐家文化时期的近 50 件青铜器中就发现有 2 枚铜镜。

尽管光与水、土等物质一样司空见惯,存在于我们周围,但光究竟是什么?数千年来却一直像谜一样困扰着人们。光似乎被层层面纱包裹着,虽然我们能看得着,可是却看不清。历史上有很多天才都试图揭开这个谜团。我国的先贤们在这方面也曾做过杰出的贡献。公元前 4 世纪,墨翟(公元前 478?—公元前 392?)对包括光在内的很多自然现象作了观察研究,并著有《墨经》一书,书中有八条关于光学现象的记载,分别叙述了影的定义和生成,光的直线传播特性和针孔成像,并且以严谨的文字讨论了有关平面镜、凹球面镜和凸球面镜成像中物和像的关系。这是世界上最早的、有文字记录的光学知识。公元前 3 世纪,希腊数学家欧几里得(Euclid,约前 330—前 275)在所著的《光学》一书中,讨论了平面镜成像问题,提出了反射角等于入射角的反射定律。此后,人们陆续认识到光的直线传播、光的反射和折射规律,这些规律都可以将光视为一种粒子来解释。牛顿(I. Newton,1642—1727)就是这种学说的代表人物。但光具有独立传播性质,就是两束光相遇后互不干扰地独立传播。这一点,粒子说无法解释,两束粒子流在空间相遇,不发生碰撞,各走各的路,如此“谦让”的粒子令人不解。

随着时代的进步,笼罩在光外面的神秘面纱被陆续揭开。1660 年,意大利教授格里马第(Francesco Maria Grimaldi,1618—1663)发现光的衍射现象。1672—1675 年间,胡克(B. Hooke,1635—1703)也观察到衍射现象。他还和波义耳(R. Boyle,1627—1691)独立地研究了薄膜所产生的彩色干涉条纹。1801 年,杨(T. Young,1773—1829)用干涉法测出光波波长,提出光波干涉原理。这样光具有衍射、干涉效应已成为无可争辩的事实,并与光的粒子说格格不入。因此光的波动说便应运而生,最初的代表人物是荷兰物理学家惠更斯(C. Huygens,1629—1695),他在 1690 年出版的著作《论光》中,提出了后来以他的名字命名的惠更斯原理,解释了光的直线传播、反射、折射和双折射等现象。1818 年菲涅耳(A. J. Fresnel,1788—1837)运用惠更斯作图方法,结合干涉原理解释了衍射现象。他将惠更斯原理发展为更完善、更具体、更普遍地处理各类衍射问题的原理。但光的波动说也并非无懈可击。例如,牛顿曾反驳波动说的观点说,如果光是波的话,那么就不会有阴影,因为波可以绕过障碍物。另外,既然光是波,就应该有传播光的介质,就像水波的介质是水,声波的介质是空气,那么传播光的介质是什么?为此,波动说的支持者不得不假设光是在一种所谓的“以太”这种假想的介质中传播。根据光可以在真空中传播的事实,“以太”必然充满整个空间,而且极为稀薄。由声波的经验可知,如果光是在稀薄的“以太”中传播的话,只能是纵波。然而,1808 年马吕斯(E. J. Malus,1775—1812)观察到了光的偏振现象。1811 年,布儒斯特(D. Brewster,1781—1868)发现偏振光的布儒斯特定律。光具有偏振性充分表明光不是纵波,而是横波。据此推测“以太”不仅稀薄,而且非常有刚性,否则不能支持横波的传播。“以太”的这种古怪的性质,颇令人费解。不过,寻找“以太”却成为很多科学家终生孜孜以求的目标。

除了光的干涉、衍射和偏振很难用粒子理论圆满地解释外,还有一个判决性的实验,就是对光在介质中的速度变化的预言。很早就知道,光从空气进入水中的折射角小于入射角。牛顿对这一现象的解释是:当光的粒子通过空气和水的界面时,将受到垂直于界面并向着水内部的加速力。光进入水中后,垂直于界面的速度增大,折射角小于入射角。按照这种理论,水中的光速应大于空气中的光速。但1862年,法国物理学家傅科(Jean Bernard Lèon, Foucault, 1819—1868)对光速的测量结果表明,水中的光速比空气中的光速小。用惠更斯原理能圆满地解释这一结果。这对光的粒子理论是一个重大的打击。

正在光是波还是粒子的辩论难解难分的时候,物理学的其他领域并没有停止前进的脚步,甚至可以说是在飞速发展。1875年,法国物理学家库仑(C. A. Coulomb, 1736—1806)用自己发明的扭秤研究了电荷之间的相互作用力,得到了静电力的平方反比规律。1820年是电磁学的丰收年,在这一年,奥斯特(H. C. Oersted, 1771—1851)发现导线通电产生磁效应;同年,毕奥(J. B. Biot, 1774—1862)和萨伐尔(F. Savart, 1791—1841)由实验归纳出电流元产生磁场的定律;也是在这一年,安培(A. M. Ampère, 1775—1836)从实验中发现了电流之间的相互作用力。1822年,安培进一步研究了电流之间的相互作用规律,提出了安培作用力定律。1831年,法拉第(M. Faraday, 1791—1867)发现了电磁感应现象。1834年,楞次(H. F. E. Lenz, 1704—1865)建立了楞次定则。

英国物理学家麦克斯韦(J. C. Maxwell, 1831—1879)系统地总结了电磁学的诸实验规律,并引进了位移电流和涡旋电场的概念。1864年,麦克斯韦提出电磁场的基本方程组,即麦克斯韦方程组,标志着电磁场理论的建立。从这组方程式出发,理论上推断了电磁波的存在,而且得到的电磁波速率和当时测量到的光速极为相近,因此大胆预言光是一种电磁波,为光的电磁波理论奠定了基础。光的电磁波理论能解释大多数光的现象和特性。1887年,赫兹(H. Hertz, 1857—1894)成功地实施电磁波实验,证实了麦克斯韦的电磁场理论。至此,光的波动说取得了压倒性胜利。看来光的波动学支持者可以为此欢呼雀跃了。但是,且慢,就在奠定光的波动性质几乎不可动摇的地位的时候,偏偏动摇光的波动性的实验接二连三地出现了。也在1887年,还是赫兹发现了光电效应。光在这种场合下的特性是用波动说万万解释不通的,于是光的又一层面纱被揭开了。此后,黑体辐射的实验结果、康普顿效应、光电效应,以及迈克耳逊的测量光速实验等就像是朵朵乌云在物理学的天空飘荡。光就像是一只墨鱼,当人们就要捕捉到它的时候,它偏偏放出一团“烟幕”,在人们眼下溜走,永远不让你看个究竟。然而,塞翁失马,焉知非福。光的各种新效应的发现,由于不能在经典物理的框架下解决,迫使人们不得不忍痛割爱,放弃几乎完美的经典物理框架,寻找新的物理机理,从而导致了近代物理的两大支柱量子力学和相对论的建立。

现在人们了解到光有两张面孔,即具有波粒二象性,时而表现出粒子性,时而又表现出波动性。一般地,光在传播过程中表现出波动性,可以由经典的麦克斯韦电磁理论完全描绘。在宏观尺度下,即通常光的波长可以忽略的多数场合,光的波动性质很难察觉,从而光表现出经典意义上的粒子性。但当光与物质相互作用时,伴随能量、动量、角动量的交换,在这种情况下,麦克斯韦的波动理论无能为力,要确切理解这种作用过程,非得借助于量子理论不可。此外,当光在高速运动介质中或强引力场中传播时,必须考虑到相对论效应才能得到正确的结果。

总之,光是什么?这是个复杂的问题。从古到今,人们还没有完全弄清光的本性。本书总结了近代关于光的种种理论和概念,试图能对光的波动性以及波粒二象性作一个比较系统、全面的介绍。介绍的框架如图0-1所示,出发点就是光的电磁波理论。图0-2所示为各种波段电磁波的波长和能量的大致范围,以及相应的发射源、探测器和作用对象。

诗人顾城曾写下著名的诗句:“黑夜给了我黑色的眼睛,我却用它来寻找光明!”。这首诗十分有张力,看过后让人印象极深。我们进一步要说:“光为我们带来了光明,我们要用智慧去探寻光的本性。”

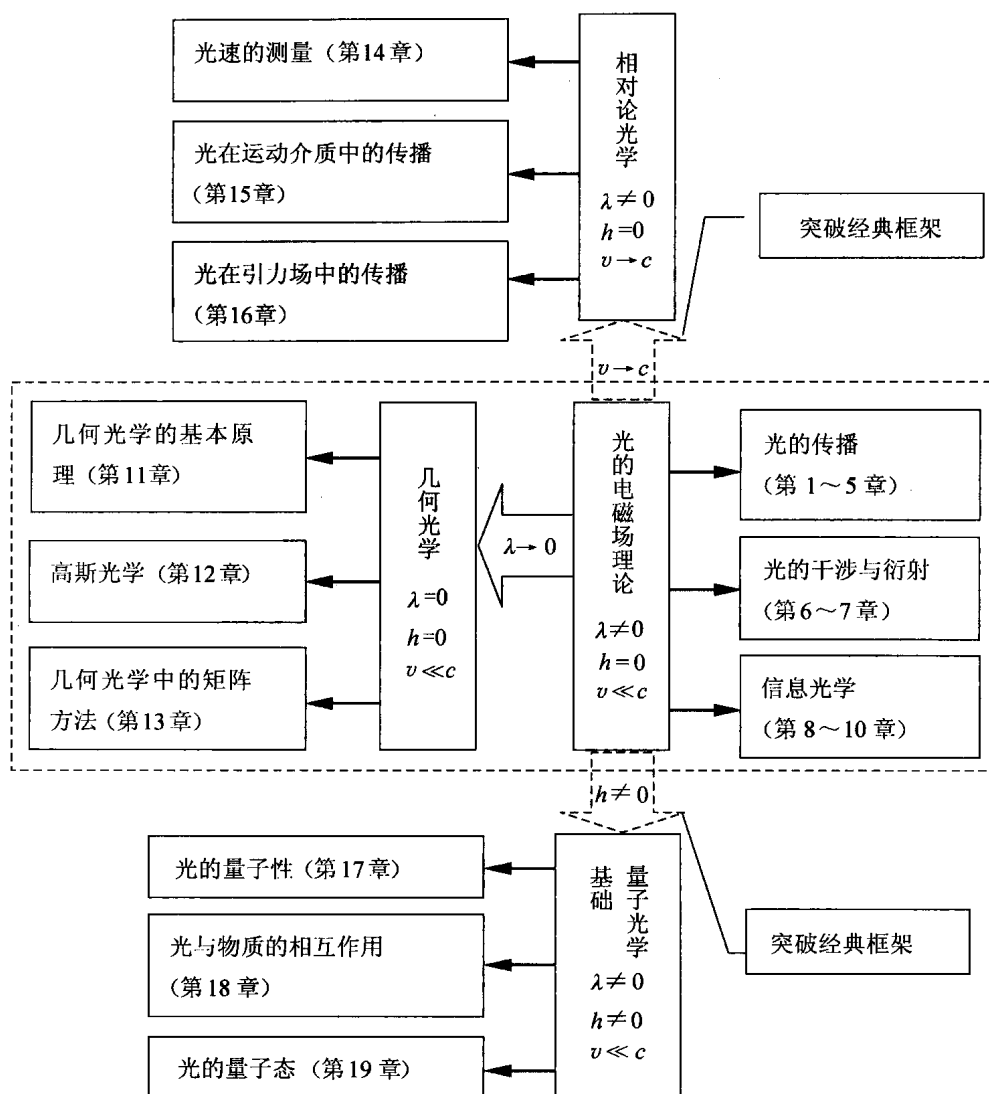


图 0-1 近代光学知识结构图

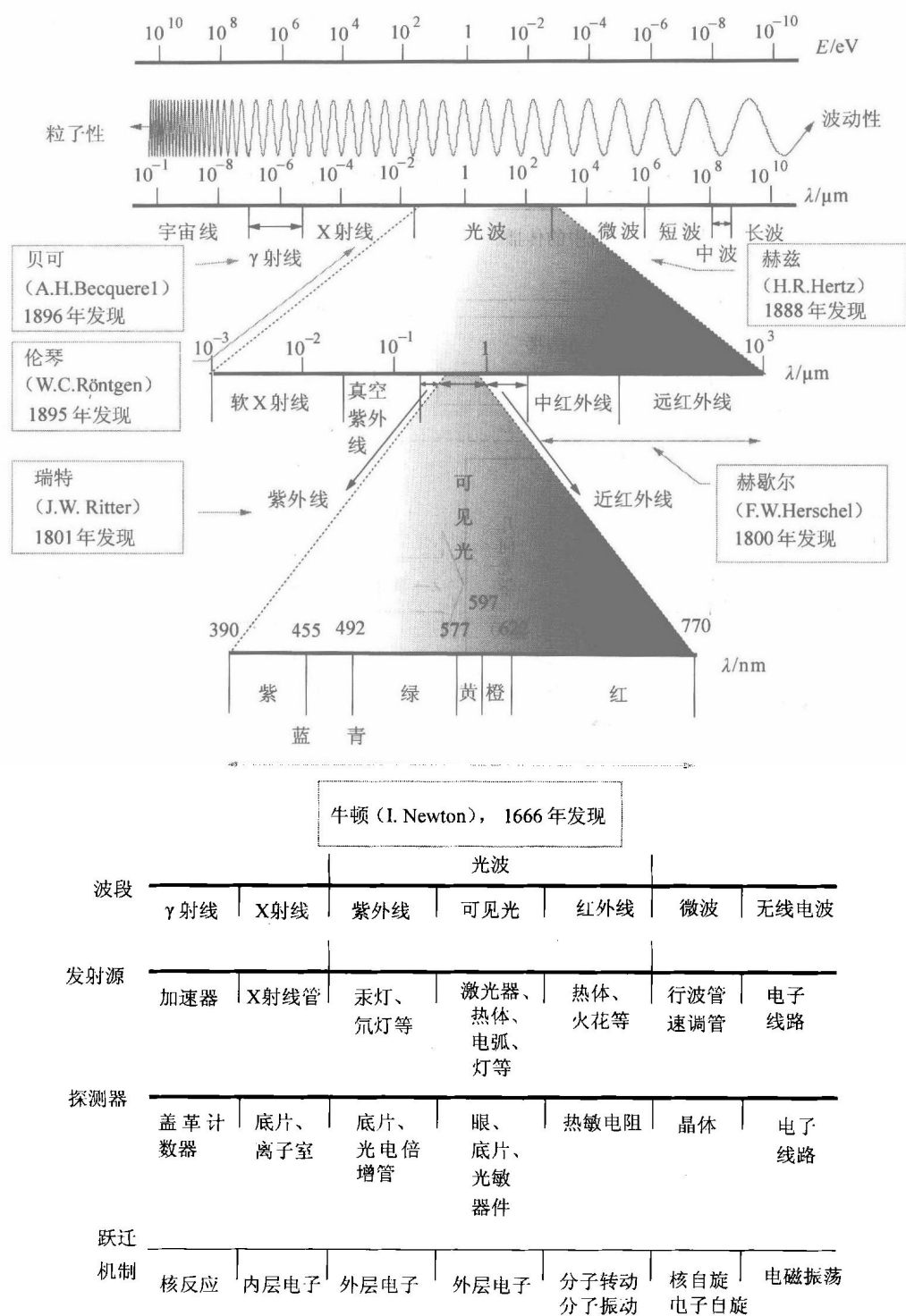


图 0-2 电磁波的波谱

主要符号表

符 号	名 称	符 号	名 称
A	矢势	f	空间频率
A	面积		焦距
	场振幅		物方焦距
	$ABCD$ 矩阵元素	f'	像方焦距
a_1, a_2, a_3	正格子基矢	G	倒格矢
$\hat{a}^\dagger$	产生算符		回转矢量
$\hat{a}$	湮灭算符	G	引力常数
B	磁感应强度矢量		增益系数
B	磁感应强度大小	g	回转张量
	光亮度		动量密度
	$ABCD$ 矩阵元素		光线矢量
b_1, b_2, b_3	倒格矢基矢		引力加速度
b	(波导)归一化折射率	g_{ij}	度规张量
C	特定定义的常数	H	磁场强度矢量
	$ABCD$ 矩阵元素	$\hat{H}$	系统的哈密顿量算符,
c	真空中的光速		即总能量算符
D	电位移矢量	H	哈密顿量
D	电位移大小		相干传递函数
	$ABCD$ 矩阵元素		高度
	距离	$\mathcal{H}$	光学传递函数
d	距离	h	普朗克常数
	穿透深度		像高
E	电场强度矢量		点扩散函数
E	电场强度大小		厚度
	光照度	h_{ijpq}	二次电光系数张量
	能量	I	单位张量
e	振动方向的单位矢量	I	光强
e	电子电量		电流
	数学常数	i	虚数单位
F	力	J	相干矩阵
f	空间频率矢量	J	互强度
	力密度	j	电流密度

续表

符 号	名 称	符 号	名 称
K	电流面密度	P	功
K	特定定义的常数系数		偏振度
	二次电光系数		辐射通量
K_M	最大光视效能		光瞳函数
k	波矢		压力
k	波数,或空间圆频率	P_λ	辐射能随波长的分布函数
L	角动量	p	动量
L_m	机械角动量		电偶极矩
$\hat{L}$	角动量算符	p	动量大小
L	拉格朗日函数		振幅衰减系数
L_c	相干长度	Q	焦耳热
l	有向线段		阿贝(折射)不变量
	电磁场的角动量密度	q	声子波矢
l	方向余弦	q	电荷
	长度		振幅衰减系数
M	磁化强度	R	半径
	力矩		反射率
	跃迁矩阵	$\mathcal{R}$	折射矩阵
	穆勒矩阵	$\mathcal{R}$	功率反射率
	膜系特征矩阵	r	位矢
	转移矩阵	r	半径
M	成像系统放大率		距离
	质量		振幅反射系数
m	粒子质量	r'	距离
	方向余弦	S	有向面积
$\tilde{N}$	复折射率		坡印廷矢量
N	(波导)有效折射率		膜系传递矩阵
	粒子数	S	光程函数
n	单位法向矢量		面积
n	折射率		约化距离
	方向余弦	s_0	光线方向的单位矢量
n_o	寻常光折射率	s	距离
n_e	非寻常光折射率	T	麦克斯韦应力张量
s'	距离	$\hat{T}$	非相对论动能算符
P	极化强度	$\mathcal{T}$	平移矩阵

续表

符 号	名 称	符 号	名 称
T	功率透射率		电磁场的能量密度
T	角特征函数	w_e	电场的能量密度
	约化厚度	w_m	磁场的能量密度
	透射率	X	光线状态矢量
t	时间	Z_c	空间特征阻抗
	距离	Z_0	瑞利尺寸或共焦参数
	振幅透射系数	α	吸收系数
U	电动势		空间方位角
	标量场		纵向放大率
u	角度	β	横向放大率
	标量场		空间方位角
	能量密度		传播常数
$\hat{V}$	势能算符	β	逆介电张量
V	导纳矩阵	γ	空间方位角
V	标量场		角放大率
	体积		时间相干度
	视见函数		复相干度
	点特征函数	γ	线性电光系数矩阵
	(波导)归一化频率	δ	相位差
	韦尔代常数	ϵ	介电张量
	电压	ϵ	介电常数
v	速度	ϵ_0	真空介电常数
v_p	相速	ϵ_r	相对介电常数
v_g	群速	ϵ_{ijk}	三阶反对称单位张量
v_r	光线速度	η	角度
W	折射矩阵		有效光学导纳
W	能量	θ	角度
	混合特征函数		相位角
	概率	θ_B	布儒斯特角
κ	衰减系数	θ_C	全反射临界角
w	黄昆方程中的晶格运	λ	波长
	动参量	μ	磁导率
w	高斯光束束宽		空间相干度

续表

符 号	名 称	符 号	名 称
μ_0	真空磁导率	ψ	波函数
μ_r	相对磁导率		磁通量
ρ	电荷密度	ω	圆频率
	电阻率		角速度
	距离	Γ	相干函数
	极坐标	Λ	角动量流密度张量
ρ'	距离	Λ	空间周期
ρ_s	面电荷密度	Δ	光学间隔
σ	电导率	Σ	有向面积
	散射截面	Σ	面积
τ	切向单位矢量	Φ	光通量
τ	体积		角度
	时间间隔		光焦度
	原时		波函数
τ_c	相干时间	Ψ	波函数
φ	角度	Ω	立体角
	相位角	$^{\circ}$	度
	标势	$'$	角分
χ	极化率	$"$	角秒
χ_M	磁化率		

目 录

第 1 篇 光的传播

第 1 章 光的电磁波理论	(2)
1.1 麦克斯韦方程组	(2)
1.1.1 实验基础	(2)
1.1.2 基本假设	(3)
1.1.3 麦克斯韦方程组	(5)
1.1.4 本构关系	(7)
1.1.5 边界条件	(10)
1.2 波动方程	(11)
1.2.1 波动方程	(11)
1.2.2 标量波	(12)
1.2.3 亥姆霍兹方程	(15)
1.2.4 波前与波前函数	(16)
1.2.5 共轭波	(16)
1.3 高斯光束	(17)
1.3.1 高斯光束的束宽与远场发散角	(18)
1.3.2 高斯光束的等相面曲率半径	(18)
1.3.3 高斯光束的纵向相位因子	(18)
1.4 电磁波的偏振	(18)
1.4.1 电磁波的横波性	(18)
1.4.2 洛伦兹力公式	(19)
1.4.3 光的偏振	(19)
1.4.4 偏振态的表征	(21)
1.5 电磁场的能量与坡印廷矢量	(32)
1.6 电磁场的动量和光压	(34)
1.6.1 电磁场的动量	(34)
1.6.2 光压的实验验证	(36)
1.6.3 带电粒子在磁场中的总动量	(37)
1.7 电磁场的角动量与光子的自旋	(37)
1.7.1 费曼佯谬	(37)
1.7.2 电磁场的角动量	(38)
1.7.3 光子的自旋	(38)
1.8 光度学介绍	(40)
1.8.1 辐射通量	(40)

1.8.2 视觉函数	(40)
1.8.3 光通量	(41)
1.8.4 发光强度、亮度和照度	(42)
本章小结	(43)
第2章 光波在分层介质中的传播	(46)
2.1 光波在各向同性介质边界上的反射和折射	(46)
2.1.1 光在介质界面反射与折射时的频率不变性	(46)
2.1.2 折射光和反射光的共面性	(47)
2.1.3 反射定律和斯内尔折射定律	(47)
2.2 菲涅耳公式	(48)
2.2.1 菲涅耳公式的推导	(48)
2.2.2 光强反射率与光强透射率	(51)
2.2.3 能流反射率与能流透射率	(51)
2.2.4 布儒斯特定律	(53)
2.2.5 斯托克斯倒逆关系	(53)
2.2.6 相位关系	(54)
2.2.7 偏振关系	(55)
2.3 全反射与隐失波	(56)
2.3.1 全反射	(56)
2.3.2 隐失波	(57)
2.3.3 古斯-汉欣位移	(58)
2.3.4 菲涅耳菱体	(59)
2.4 光在金属表面的反射和折射	(59)
2.4.1 金属中的透射光	(59)
2.4.2 金属界面的反射光	(62)
2.5 光在分层介质中的传播	(63)
2.5.1 多层膜的特征矩阵	(63)
2.5.2 反射率和透射率	(67)
2.5.3 周期性多层介质	(69)
本章小结	(70)
第3章 光在光子晶体中的传播	(72)
3.1 倒格矢、布洛赫定理与布里渊区	(72)
3.1.1 倒格矢	(72)
3.1.2 布洛赫定理	(73)
3.1.3 布里渊区	(74)
3.2 光子晶体的结构与性质	(75)
3.2.1 光子晶体的分类和结构	(75)
3.2.2 光子晶体的特性	(76)
3.3 光子晶体的光子频带结构	(77)
3.3.1 光子晶体的理论分析方法	(77)

3.3.2 光子晶体的频带计算	(78)
3.4 耦合模理论	(80)
3.4.1 耦合模方程	(82)
3.4.2 同向耦合	(83)
3.4.3 反向耦合	(83)
3.5 光子晶体的应用	(84)
本章小结	(87)
第4章 光在各向异性介质中的传播	(89)
4.1 各向异性介质中的电磁场方程	(89)
4.1.1 各向异性介质的介电张量	(89)
4.1.2 晶体的主折射率	(91)
4.1.3 光波在晶体中的能量传播	(91)
4.1.4 菲涅耳法线方程	(93)
4.1.5 菲涅耳光线方程	(94)
4.1.6 对偶法则	(95)
4.1.7 菲涅耳法线方程的应用	(95)
4.2 光学曲面	(98)
4.2.1 折射率椭球与菲涅耳椭球	(98)
4.2.2 折射率面与波矢面	(102)
4.2.3 法线面与光线面	(103)
4.3 晶体的折射	(108)
4.3.1 双折射	(108)
4.3.2 圆锥折射	(108)
4.4 晶体的非线性光学性质	(109)
4.4.1 非线性极化率	(110)
4.4.2 光波在非线性介质中的传播	(112)
4.4.3 光倍频过程	(114)
4.5 晶体的电光效应	(117)
4.5.1 电光效应的基本概念	(117)
4.5.2 晶体的线性电光系数	(118)
4.5.3 晶体对称性对电光系数矩阵的影响	(119)
4.5.4 示例:KDP 型晶体的线性电光效应	(119)
4.5.5 晶体的二次电光效应	(122)
4.6 物质的旋光性	(124)
4.6.1 旋光现象	(124)
4.6.2 对旋光现象的解释	(125)
4.6.3 旋光性的电磁理论	(126)
4.7 磁光效应	(128)
4.7.1 几类主要的磁光效应	(128)
4.7.2 圆偏振光与磁光效应	(130)

4.7.3 磁光效应的经典理论	(130)
4.8 弹光效应	(139)
4.8.1 弹光效应	(139)
4.8.2 示例:锗中的声光效应	(140)
本章小结	(141)
第5章 光在波导中的传播	(144)
5.1 光在平板波导中的传播	(144)
5.1.1 三层平板波导	(144)
5.1.2 波导模式分析	(145)
5.1.3 TE 导模	(145)
5.1.4 TM 导模	(147)
5.1.5 波导的归一化参数	(148)
5.1.6 截止频率和模式数量	(149)
5.1.7 导模携带的功率和波导的有效厚度	(150)
5.1.8 模式的正交性和完备性	(151)
5.2 矩形介质波导	(153)
5.2.1 马卡提里近似解法	(153)
5.2.2 有效折射率法	(157)
5.3 光纤	(158)
5.3.1 导模与本征方程	(158)
5.3.2 导模的分类	(162)
5.3.3 导模的截止条件和截止波长	(163)
5.3.4 色散曲线	(165)
本章小结	(166)
第1篇 参考文献	(168)
第1篇 思考题	(171)
第1篇 习题	(172)

第2篇 光的干涉与衍射理论

第6章 标量衍射理论基础	(176)
6.1 惠更斯-菲涅耳原理	(176)
6.2 巴比涅原理	(179)
6.3 亥姆霍兹和基尔霍夫积分定理	(180)
6.3.1 亥姆霍兹方程	(180)
6.3.2 格林定理	(181)
6.3.3 亥姆霍兹和基尔霍夫积分定理	(181)
6.4 平面屏幕衍射的基尔霍夫理论	(182)
6.5 平面屏幕衍射的瑞利-索末菲理论	(184)
6.5.1 瑞利-索末菲衍射公式	(184)
6.5.2 非单色光照明条件下的瑞利-索末菲衍射公式	(185)
6.6 菲涅耳衍射与夫琅禾费衍射	(187)