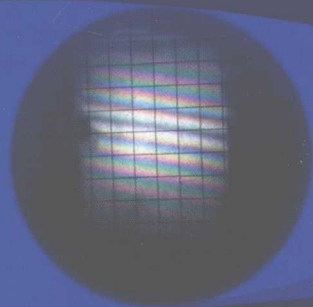


普通高等院校基础课规划教材

物理光学基础

郑少波 赵清 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

普通高等院校基础课规划教材

物 理 光 学 基 础

■ 郑少波 赵 清 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书共5章,第1章、第2章和第3章为经典的波动光学,主要阐述光传播过程表现出的光的干涉、衍射和偏振,以及应用;第4章为量子光学,主要讨论光与物质作用时表现出的量子特性;第5章为现代光学,主要介绍现代光学技术前沿及其应用。各章后均配备了思考题和习题,书末备有习题参考答案。讲授全书大约需要64学时。

本书可作为高等院校物理专业和光电子专业的教材或参考书,也是教师备课时很好的参考书和优秀学生的辅助读物。

图书在版编目(CIP)数据

物理光学基础 / 郑少波,赵清编著. —北京:国防工业出版社,2009.8

普通高等院校基础课规划教材

ISBN 978-7-118-06384-4

I. 物... II. ①郑... ②赵... III. 物理光学—高等学校—教材 IV. 0436

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 087978 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 17 字数 303 千字

2009年8月第1版第1次印刷 印数 1—4000 册 定价 32.00 元

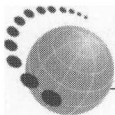
(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764



前言

物理学中任何一个分支学科的时代风格,都会受到整个科学技术发展的影响而有所变化。20 世纪中叶,半导体研究与应用曾经主导世界科技的发展,经过几十年的演变,从 20 世纪 80 年代末至今,激光技术与半导体微电子学相结合而形成的光电子学技术已经充当世界科技发展舞台上的主角。起到先导作用的教育事业,应当为此做好培育人才的准备。本书作者就是在这样的背景下,深感有责任和义务编著一本能够适应这种发展形势的《物理光学基础》教材。物理光学基础是高等院校物理专业和光电子专业学生一门重要的必修基础课,它所涉及的物理光学知识、科学思维方式和研究方法,是每位理工科大学学生必备的。该课程不仅是高等院校物理专业和光电子专业学生学习其它后续课程的重要铺垫,而且在培养学生如何认识未知世界的科学观,增强学生的创新意识和解决问题的能力等方面具有重要的作用。

本书依据《理工科类大学物理课程教学基本要求》(2008 年版),结合作者在北京理工大学多年教学研究和实践经验,并兼收并蓄国内外同类教材中的各家之长编著而成。作为一本优秀的物理光学教材,应当突出教材中展示的光学作图和借助于数学处理物理光学问题,本书作者在光学作图上都经过精心设计和绘画,尽量运用高等数学中的微积分和矢量代数解决物理光学问题。在写作风格上,本书的编著对基本概念和基本方法的引入和阐述,力求物理图像清晰,物理思想清楚,概念明确,深入浅出,通俗易懂。除此之外,在内容编排上,主要把传统的物理光学原理讲好,如光的干涉、衍射和偏振;在现代光学方面,侧重于基本概念和原理的介绍,书中尽量把物理光学前沿的信息传递给学生,以新的观点整理材料并把最新的科研成果充实到基础知识中去,注意培养学生的创新意识和科研能力。

本书共 5 章,第 1 章、第 2 章和第 3 章为经典的波动光学,主要阐述光传播过程表现出的光的干涉、衍射和偏振及应用;第 4 章为量子光学,主要讨论

光与物质作用时表现出的量子特性;第5章为现代光学,主要介绍现代光学技术前沿及其应用。在各章中,带“*”号的部分是相关知识的扩展内容可有选择地讲授,也可供学生自学。各章后面还配备了具有启发性的思考题和备有参考答案的习题。此外,在绪论中还介绍了光学的发展简史,有助于对光学的过去、现在和未来有一个粗浅的认识。

本书绪论、第1章、第2章和第3章由郑少波副教授编著,第4章和第5章由赵清副教授编著。全书由郑少波副教授负责统稿和定稿,并负责组织出版等工作。本书作者特别感谢南开大学葛墨林院士和北京大学物理学院陆果教授在百忙中审阅了全书,并提出了宝贵的修改意见和建议,在此表示感谢。

限于时间仓促和编著者的水平,书中难免存在遗漏或不妥之处,恳请同行和读者不吝赐教。

编著者

2009年春于北京理工大学理学院物理系



目 录

绪论	1
第1章 光的干涉	4
1.1 光源的发光机制 光的相干性	5
1.1.1 光源的发光机制	5
1.1.2 光的相干性	6
1.2 光程与光程差	9
1.2.1 基本概念	9
1.2.2 透镜的等光程性	10
1.2.3 额外光程差	11
1.3 分波阵面干涉	12
1.3.1 杨氏双缝干涉	12
1.3.2 劳埃德镜与半波损失的验证	17
1.3.3 干涉条纹的变动	18
1.4 条纹可见度	20
1.4.1 干涉图样的可见度	21
1.4.2 两相干光波强度不等的影响	21
1.4.3 光源大小的影响	22
1.4.4 光源非单色性的影响	25
1.5 分振幅干涉	27
1.5.1 等倾干涉	27
1.5.2 等厚干涉	32
1.5.3 牛顿环	36
1.6 迈克尔逊干涉仪	39
1.6.1 迈克尔逊干涉仪的构造	39

1.6.2 干涉图样	40
1.6.3 干涉条纹的位置和类型	43
1.7 多光束干涉	44
1.7.1 多光束干涉的光强分布公式	45
1.7.2 干涉图样的特点	47
1.7.3 法布里—珀罗干涉仪	49
本章提要	53
思考题	57
习题	59
第2章 光的衍射	64
2.1 光的衍射现象 惠更斯—菲涅耳原理	64
2.1.1 光的衍射现象	64
2.1.2 惠更斯—菲涅耳原理	65
2.1.3 菲涅耳衍射和夫琅和费衍射	67
2.2 菲涅耳半波带法	67
2.2.1 菲涅耳半波带	67
2.2.2 合振幅的计算	68
2.3 菲涅耳衍射	70
2.3.1 菲涅耳圆孔衍射	71
2.3.2 菲涅耳圆盘衍射	75
2.3.3 菲涅耳波带片	76
2.4 夫琅和费单缝衍射	79
2.4.1 夫琅和费单缝衍射的实验装置	79
2.4.2 用菲涅耳半波带分析夫琅和费单缝衍射图样	80
2.4.3 单缝衍射条纹的光强计算	82
2.4.4 单缝衍射图样的特点	86
2.5 夫琅和费圆孔衍射 光学仪器的分辨本领	89
2.5.1 夫琅和费圆孔衍射	89
2.5.2 光学仪器的分辨本领	90
2.6 光栅衍射	93
2.6.1 光栅	93

2.6.2	光栅衍射图样分析	95
2.6.3	光栅衍射的强度分布	97
2.6.4	光栅光谱与色散	102
2.6.5	光栅的分辨本领	105
2.6.6	闪耀光栅	108
2.6.7	干涉和衍射的区别与联系	110
*2.7	晶体对 X 射线的衍射	111
2.7.1	X 射线的衍射实验	111
2.7.2	布拉格公式	112
	本章提要	115
	思考题	118
	习题	119
第 3 章	光的偏振	124
3.1	光的偏振态	124
3.1.1	光的偏振性	124
3.1.2	自然光	125
3.1.3	线偏振光	126
3.1.4	部分偏振光	127
3.1.5	椭圆偏振光 圆偏振光	128
3.2	获得偏振光的方法	130
3.2.1	偏振片起偏	130
3.2.2	马吕斯定律	132
3.2.3	反射和折射起偏 布儒斯特定律	134
3.3	晶体中的双折射	137
3.3.1	双折射现象	137
3.3.2	光轴 主截面	138
3.3.3	o 光和 e 光的强度	139
3.3.4	光在晶体中的传播规律	141
3.4	偏振棱镜 波片	145
3.4.1	偏振棱镜	145
3.4.2	波片	147

3.4.3 光偏振态的检验	150
3.5 偏振光的干涉	151
3.5.1 偏振光的干涉	151
3.5.2 色偏振	154
3.5.3 偏振光的干涉图样	154
3.6 人造双折射	156
3.6.1 光弹性效应及其应用	156
3.6.2 电光效应及其应用	158
*3.7 光的偏振态的矩阵表示——琼斯法	162
3.7.1 各种偏振光的琼斯矢量	162
3.7.2 用琼斯矢量处理偏振光的叠加与分解	165
3.7.3 偏振器件的琼斯矩阵	166
3.8 晶体中的旋光	169
3.8.1 旋光现象的规律	170
3.8.2 旋光现象的解释	172
本章提要	176
思考题	178
习题	181
第4章 光的量子性	185
4.1 黑体辐射 普朗克的量子假说	185
4.1.1 热辐射	185
4.1.2 黑体和黑体辐射的基本规律	186
4.1.3 经典物理学遇到的困难	190
4.1.4 普朗克的量子假说 黑体辐射公式	191
4.2 光电效应	192
4.2.1 光电效应的实验规律	192
4.2.2 光的经典波动理论的困难	194
4.3 光子与爱因斯坦方程	195
4.3.1 爱因斯坦光子理论	195
4.3.2 爱因斯坦方程	195
4.3.3 光电效应的应用	198

4.4 康普顿效应	199
4.4.1 康普顿效应的实验定律	199
4.4.2 康普顿效应的理论解释	201
4.5 波粒二象性	203
4.5.1 光具有波粒二象性	203
4.5.2 实物粒子的波动性	204
4.5.3 对波粒二象性的解释	207
本章提要	208
思考题	209
习题	210
第5章 现代光学及发展前沿	212
5.1 激光	212
5.1.1 爱因斯坦的光辐射量子理论	213
5.1.2 激光的产生	215
5.1.3 光学谐振腔	219
5.1.4 激光的特点	220
5.1.5 激光的应用	221
5.2 全息照相	223
5.2.1 全息照相的基本概念	223
5.2.2 全息照相的记录和再现	224
5.2.3 全息照相的特点	227
5.2.4 全息照相的应用	228
*5.3 量子成像	230
5.3.1 量子成像的基本概念	230
5.3.2 量子成像的实验	231
5.3.3 量子成像的应用	234
*5.4 量子保密通信	235
5.4.1 量子密码的发展历程	235
5.4.2 量子密码通信的安全性	236
5.4.3 量子密码通信的特性	237
本章提要	239

思考题	240
习题	241
附录 A 习题参考答案	243
附录 B 物理常数表	249
附录 C 电磁波谱	250
附录 D 汉英词汇索引	251
参考文献	262

绪 论

光学既是物理学中最古老的一门基础学科,又是当前科学领域中最活跃的前沿阵地之一,具有强大的生命力和不可估量的发展前景。它是研究光的产生、传播,以及光与物质相互作用的学科。

光学的起源可追溯到古代,在我国《墨经》(前 468—前 376)中记载了物体成像、光的反射、小孔成像、平面镜、凹面镜、凸面镜成像的实验结果,内容相当丰富。墨家认为影是由物体遮住了光而出现的,其大小与物体、光源、影屏三者之间的位置有关。并且指出,影是不会随着物体运动而移动的(“景不徙”,景,即影)。当物体移动时,前影消失,后影产生。人们通常所看到的影的移动,其实只是前影不断消失,后影不断产生的连续过程。这是很科学的见解。《庄子·天下篇》也有“飞鸟之景未尝动也”的见解。在西方很早就有光学知识的记载,欧几里得(Euclid,前 330—前 260)的《反射光学》(Catoptrica)研究了光的反射。阿拉伯学者阿尔哈增(Alhazen,965—1038)写过一部《光学全书》,讨论了球面镜和抛物面镜,并详细描述了人眼的构造。阿玛蒂(Armati)发明了眼镜;波特(G. B. D. Porta,1535—1615)研究了暗箱成像,并在 1589 年的论文《自然的魔法》中讨论了复合面镜以及凸透镜的组合。

光学真正作为一门科学加以研究则始于 17 世纪,斯涅耳(W. Snell,1581—1626)于 1621 年从实验上发现折射定律,接着费马(P. Fermat,1601—1665)在 1657 年首先指出光在介质中所走的光程取极值的原理,并根据这个原理推出光的反射定律和折射定律,这两个定律奠定了几何光学。它以光的直线传播性质和折射、反射定律为基础,研究光在各种介质中传播的途径和成像的规律。它得出的结果通常总是波动光学在某些条件下的近似或极限。17 世纪,望远镜和显微镜的应用又大大促进了几何光学的发展。

人们对光的认识始终贯穿着“光的本性是什么?”这一根本性问题。从 17 世纪开始关于光的本性就出现微粒学说和波动学说。牛顿(I. Newton,1642—1727)在《光学》一书中认为光是一股微粒流,从光源飞出来,在真空或均匀介质内由于惯性而沿直线传播,光的反射、折射就是光粒子与物质作用所呈现的结果。微粒学说的反对者惠更斯(C. Huygens,1629—1695)在《论光》一书中把光看成是在“以太”(ether)这种特殊介质中传播的波动,并提出了惠更斯原理也解

释了光的反射和折射。这一时期,还发现了一些与光的波动性有关的光学现象,例如,格里马尔迪(F. M. Grimaldi, 1618—1663)首先发现光遇障碍物时将偏离直线传播,他把此现象起名为“衍射”。胡克(R. Hooke, 1635—1703)和玻意耳(R. Boyle, 1627—1691)各自独立观察到薄膜产生的彩色干涉现象。这些发现成为波动光学发展史的起点。然而,17世纪以后的一百多年间,由于牛顿的威信和当时对光认识的局限性,光的微粒学说一直占统治地位,而波动学说几乎销声匿迹。

直到进入19世纪后,光的波动学说才开始了它的英雄时期。1801年,英国的托马斯·杨(Thomas Young, 1773—1829)首次用双缝演示了光的干涉现象,同时提出了干涉理论,完满地解释了光的干涉现象。1818年,法国的菲涅耳(A. J. Fresnel, 1788—1827)向巴黎科学院竞赛委员会提交了一篇阐述光衍射现象的论文,并用事实证明了光射到一个不透明的圆板上,在这个圆板的中心应当有一个亮斑,即泊松斑。1873年,英国的麦克斯韦(J. C. Maxwell, 1831—1879)终于完成了他的鸿篇巨制《电磁学通论》,他把法拉第那种表面上似乎很神秘的见解化成人们所能接受的两组微分方程,即麦克斯韦方程组。方程简洁、对称、完美,不仅解决了当时已知的所有电磁学问题,概括了所有的电磁现象,而且他根据这两组微分方程预言了电磁波的存在,这种波应当按光速传播,而且具有光的一切物理性质。这就是说,光是电磁波的一种,波动说的所有高超的理论毫无例外地都包含在麦克斯韦方程组中。这些事实都对“光的波动学说”提供了重要的实验和理论依据。在这样的背景下,建立了波动光学,它是从光的波动性出发,研究光的干涉、衍射和偏振,以及光在各向异性的介质中传播时所表现出的现象。至此,光波动的所有细节经过几代人的努力被揭露的详细无遗,并完美地用庄严的数学形式表示出来。

科学没有永恒的理论。任何一个理论都有它的逐渐发展和成功的时期,经过这个时期以后,往往会受到新的实验事实的挑战,波动光学理论也不例外。从19世纪末到20世纪初,随着光学研究的触角向微观领域里的渗透,一个个使波动光学理论陷入困境的惊人发现接踵而来。例如,黑体辐射和光电效应等实验,用经典的波动光学理论已无法解释光与物质的相互作用,迫使人们跳出传统的物理学框架去寻找新的解决途径。1900年,普朗克(M. Planck, 1858—1947)提出了物质辐射或吸收的能量只能是某一最小能量单位(称为量子)的整数倍的量子假说。在量子假说的启发下,1905年,爱因斯坦(A. Einstein, 1879—1955)在德国《物理学杂志》第17期上同时发表了三篇惊世骇俗的文章,其中的一篇为《关于光的产生和转化的一个启发性的观点》中提出了光的量子理论。人们对黑体辐射和光电效应等实验规律的研究,又证明了光的量子性。在量子

理论上,深入到微观领域研究光与物质相互作用规律的分支学科称为量子光学。

这样,在 20 世纪初,一方面从光的干涉、衍射、偏振现象确证了光的波动性;另一方面又从黑体辐射、光电效应、光压以及光的化学作用等无可怀疑地证明了光的量子性,即微粒性。至今,对光的本性得到的认识:光是一种物质,既表现出波动性又具有微粒性,称为光的波粒二象性。人们对光的本性认识还缺乏一目了然的图像,在一些新发现面前还没有从惊奇中苏醒,例如,光子(γ 射线)在强电场作用下可转变成两个带相反电荷的粒子(正电子和负电子)。这一现象揭示了光子与实物粒子之间的深刻联系,同时也说明对光的本性认识还远远没有结束。

尽管对光的本性的认识还没有得到令人满意的结果,但是光学本身的发展并没有停止。自 20 世纪 60 年代以来,特别是激光的问世,使得一度沉寂的古老的 optics 又焕发了青春, optics 又开始了一个新的发展时期,派生出了与 optics 密切相关的成像 optics、非线性 optics、全息 optics 和 optics 信息处理等分支学科,称为现代 optics。

目前, optics 已成为现代物理学和现代科学技术前沿阵地的重要组成部分,无论在发展的速度上还是在发展的规模上都是史无前例的。可以预测,不久的将来,对光的本性的认识一定会有一个完美无缺的答案。

按照 optics 的发展顺序,通常把 optics 分成几何 optics、波动 optics、量子 optics 和现代 optics。本书主要介绍波动 optics、量子 optics 和现代 optics,把它们统称为物理 optics 基础。期望通过对物理 optics 基础的学习,对 optics 的过去、现在和未来有一个粗浅的认识,并为以后 optics 专业的学习打下良好的基础。

第1章 光的干涉

干涉是波的一种特殊叠加效应。所谓干涉,是指两个或两个以上的波相遇时,在一定情况下会相互影响,这种现象叫干涉现象。光波是一种电磁波,人眼所能感受的光的波长约在 $390\text{nm} \sim 760\text{nm}$ 范围内,所以又称为可见光。满足一定条件的两列或几列光波在空间相遇时相互叠加,在某些区域始终加强,而在另一些区域则始终削弱,形成稳定的强弱分布现象,称为光的干涉。在干涉区域中所形成的明、暗条纹的分布,称为干涉图样。

光的干涉现象是光的波动性的最直接、最有力的实验证据。光的干涉现象是牛顿微粒模型根本无法解释的,只有用波动模型才能圆满地加以解释。由牛顿微粒模型可知,两束光的微粒数应等于每束光的微粒之和,而光的干涉现象要说明的却是微粒数有所改变,干涉相长处微粒数分布多;干涉相消处,微粒数比单独一列光的还要少,甚至为零。这些问题都是微粒模型难以说明的。再从另一角度来看光的干涉现象,它也是对光的微粒模型有力的否定。因为光总是以 $3 \times 10^8 \text{m/s}$ 的速度在真空中传播,干涉相消之点根本无光通过,那么按照牛顿微粒模型,微粒应该总是以 $3 \times 10^8 \text{m/s}$ 的速度做直线运动,在干涉相消处,这些光微粒到哪里去了呢?如果说两束微粒流在这些点相遇时,由于碰撞而停止了,那么停止了的(速度不再是 $3 \times 10^8 \text{m/s}$ 而是变为零)光微粒究竟是什么东西呢?如果说是移到干涉相长之处去了,那么又是什么力量使它恰恰移到那里去的呢?所有这些问题都是牛顿微粒模型根本无法回答的。然而用波动模型却能令人信服地解释它,并可由波在空间按一定的相位关系叠加来定量地导出干涉相长和相消的位置,以及干涉图样的光强分布的函数解析式。因此,干涉现象是波的相干叠加的必然结果,它无可置疑地肯定了光的波动性。此外,还可进一步把它推广到其它现象中去,凡有强弱按一定分布的干涉图样出现的现象,都可作为该现象具有波动本性的最可靠、最有力的实验证据。

在光学的发展史上,1690年,惠更斯首先提出光是一种波动。但是,由于对光的认识和实验条件不充分,所以,当时人们没能从实验中观察到清晰的光的干涉现象。直到1801年,英国物理学家托马斯·杨(Thomas Young, 1773—1829)首次利用实验成功地观察到了光的干涉现象,同时提出了干涉理论,完满地解释了光的干涉,并用他自己设计的干涉系统测定了光波的波长,托马斯·杨的工作

对确定光的波动性在历史上起过非常重要的作用。

本章主要内容是:①介绍光源的发光特点以及光的相干性;②借助分波阵面和分振幅的干涉实验来揭示光的波动性,同时进一步阐述如何使干涉图样清晰明显;③讨论多光束干涉;④在生产和生活中,光的干涉所展示的魅力。

1.1 光源的发光机制 光的相干性

由波的叠加原理可知,若两波在相遇点所产生的振动不在同一方向,则该点的合成振动将不是简谐振动,因而不能产生干涉现象。若两波在相遇点的相位差不固定,随时间作无规则且迅速的变化,由于这种变化,在相遇点处引起的波强,只能获得在观察或测量所需要的时间间隔内的平均波强。这与两波在该点单独产生的波强度之和无区别,因而无干涉现象。要产生干涉现象必须满足相干条件,即两列波的频率相同、振动方向相同和相位差恒定。对机械波而言,这一相干条件容易实现。但对光波而言,实现相干条件颇为不易。实验证明:两个独立的普通光源发出的光不能产生干涉现象,甚至同一光源的不同部分发出的光也不能形成干涉。这个问题可以从光源的发光机制和光的相干性看出端倪。

1.1.1 光源的发光机制

任何发射光波的物体称为光源,如太阳、白炽灯和激光器等。发光过程是光源中的大量的原子或分子发生的一种微观过程。在普通光源中,单个原子或分子的能量只能具有离散的值,这些值称为能级。例如,氢原子的能级如图 1-1 所示。能量的最低状态叫基态,其它的能量较高的状态叫激发态。由于外界的激励(如碰撞或热扰动),原子就可以处在激发态中,处于激发态的原子是不稳定的,通常它会通过自发辐射或受激辐射方式回到低激发态或基态,这一过程称为从高能级向低能级的跃迁。通过这种跃迁,原子或分子向外发射一个能量等于相应能级差的光波。

自发辐射是原子或分子自发地发射光波的过程,它与外界无关,完全是一种随机过程。凡是以自发辐射过程发光的光源称为普通光源,如太阳、白炽灯等。由于辐射原子或分子的能量损失,加上和周围原子或分子的相互作用,个别原子或分子的辐射过程是杂乱无章而且常常中断,每个原子或分子每次发光的时间很短,约为 10^{-8}s 。当某个原子或分子辐射中断后,受到激发又会重新辐射,称为原子或分子发光的间歇性。这就是说,原子或分子辐射的光波并不是一列连续不断、振幅和频率都不随时间变化的简谐波,即不是理想的单色光,而是如图

1-2 所示,在一段短暂时间内(如 10^{-8}s)保持振幅和频率近似不变,在空间表现为一段有限长度的简谐波列,简称为光波列。

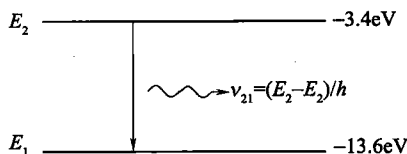
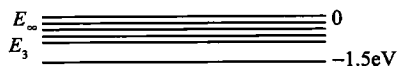


图 1-1 氢原子的能级与发光跃迁

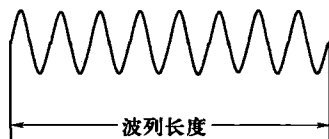


图 1-2 一个光波列示意图

此外,在普通光源中,有大量的原子或分子在发光。不同原子或分子在同一时刻发出的光波列的频率、振动方向和初相位一般是不同的,即便同一原子或分子先后发出的两个光波列的振动方向和初相位一般也是不同的,这一特征称为原子或分子发光的独立性。

由此可见,普通光源中,各个原子或分子发出的光波具有随机性和间歇性,而且彼此的相位没有关系。这些断续、或长或短、初相位不规则的波列的组合,构成了宏观的光波。当考察两列光波在空间相遇叠加时,尽管某一瞬时光波的叠加可能产生干涉图样,但是在不同瞬时光波叠加所得到的干涉图样相互替换得如此之快和不规则性,以致使通常的探测仪器(如眼、感光胶片等)无法探测这短暂的干涉现象,而只能得到不同瞬时的干涉图样的平均效果,从而观察不到干涉现象。如何才能观察到光的干涉现象? 还需要讨论有关光的相干性问题。

1.1.2 光的相干性

电磁场理论指出,光波是电磁波,光波的传播就是交变的电磁场的传播,也就是电磁场矢量 E 和 H 的传播。实践证明:对人眼的视网膜或光学仪器(感光板、光电管等)起作用的主要是电场矢量 E 。因此,本书提到光波中的振动矢量用电矢量 E 表示,称为光矢量。

光波的相干性是和两列光波在空间相遇产生的叠加密切相关的。因此,光波的相干性问题可以归结为讨论两列光波在空间任一点振动的叠加。

设空间有两个同频率单色光源 s_1 和 s_2 发出的光波在空间任一点 P 上的光矢量 E_1 和 E_2 的振动分别为

$$E_1 = A_1 \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} r_1 + \varphi_{10}\right)$$