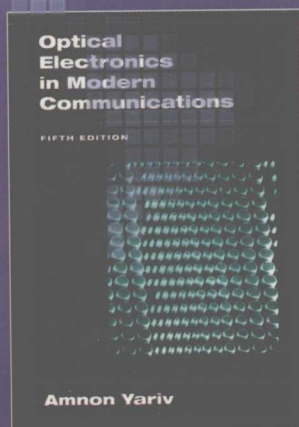


国外电子与通信教材系列

现代通信光电子学 (第五版)

Optical Electronics in Modern Communications
Fifth Edition



[美] Amnon Yariv 著

陈鹤鸣 施伟华 张力 等译

陈鹤鸣 审校



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry
<http://www.phei.com.cn>

国外电子与通信教材系列

内容简

TN99.11
40(5)

现代通信光电子学(第五版)

Optical Electronics in Modern Communications

Fifth Edition

[美] Amnon Yariv 著

陈鹤鸣 施伟华 张 力 等译

陈鹤鸣 审校

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是光电子学领域权威著作,是《光电子学》的最新版本,即第五版。本版反映光电子学领域的最新进展。本书主要介绍激光物理学领域各种现象和所有器件的最基本原理,尤其突出各种激光器在光纤通信中的应用,同时本书还附有大量习题和生动实例。该版本新增加的内容包括:光纤中脉冲的色散和压缩,半导体激光器的高速调制,垂直腔表面发射激光器,量子光学,全息数据存储,光纤光栅,DFB 激光器等。

本书既可作为高等院校光电专业核心教材,也可作为从事实际工作的工程技术人员的参考用书。

Copyright © 1997 by Oxford University Press, Inc.

This translation of *Optical Electronics in Modern Communications* (5th Edition), originally published in English in 1997, is published by arrangement with Oxford University Press, Inc.

本书简体中文版由 Oxford University Press, Inc. 授予电子工业出版社出版。未经许可,不得以任何方式复制和抄袭本书的任何部分。

版权贸易合同登记号 图字:01-2003-1828

图书在版编目(CIP)数据

现代通信光电子学:第五版/(美)亚里夫(Yariv, A.)著;陈鹤鸣等译. —北京:电子工业出版社,2004,9

书名原文:Optical Electronics in Modern Communications

ISBN 7-121-00305-8

I. … II. ①亚…②陈 III. 光纤通信—光电子学 IV. TN929.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 089837 号

责任编辑:杨丽娟 特约编辑:明足群

印 刷:北京兴华印刷厂

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

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:37.75 字数:966 千字

印 次:2004 年 9 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:58.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,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。质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

序

2001年7月间,电子工业出版社的领导同志邀请各高校十几位通信领域方面的老师,商量引进国外教材问题。与会同志对出版社提出的计划十分赞同,大家认为,这对我国通信事业、特别是对高等院校通信学科的教学工作会很有好处。

教材建设是高校教学建设的主要内容之一。编写、出版一本好的教材,意味着开设了一门好的课程,甚至可能预示着一个崭新学科的诞生。20世纪40年代MIT林肯实验室出版的一套28本雷达丛书,对近代电子学科、特别是对雷达技术的推动作用,就是一个很好的例子。

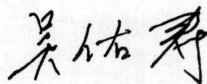
我国领导部门对教材建设一直非常重视。20世纪80年代,在原教委教材编审委员会的领导下,汇集了高等院校几百位富有教学经验的专家,编写、出版了一大批教材;很多院校还根据学校的特点和需要,陆续编写了大量的讲义和参考书。这些教材对高校的教学工作发挥了极好的作用。近年来,随着教学改革不断深入和科学技术的飞速进步,有的教材内容已比较陈旧、落后,难以适应教学的要求,特别是在电子学和通信技术发展神速、可以讲是日新月异的今天,如何适应这种情况,更是一个必须认真考虑的问题。解决这个问题,除了依靠高校的老师 and 专家撰写新的符合要求的教科书外,引进和出版一些国外优秀电子与通信教材,尤其是有选择地引进一批英文原版教材,是会有好处的。

一年多来,电子工业出版社为此做了很多工作。他们成立了一个“国外电子与通信教材系列”项目组,选派了富有经验的业务骨干负责有关工作,收集了230余种通信教材和参考书的详细资料,调来了100余种原版教材样书,依靠由20余位专家组成的出版委员会,从中精选了40多种,内容丰富,覆盖了电路理论与应用、信号与系统、数字信号处理、微电子、通信系统、电磁场与微波等方面,既可作为通信专业本科生和研究生的教学用书,也可作为有关专业人员的参考材料。此外,这批教材,有的翻译为中文,还有部分教材直接影印出版,以供教师用英语直接授课。希望这些教材的引进和出版对高校通信教学和教材改革能起一定作用。

在这里,我还要感谢参加工作的各位教授、专家、老师与参加翻译、编辑和出版的同志们。各位专家认真负责、严谨细致、不辞辛劳、不怕琐碎和精益求精的态度,充分体现了中国教育工作者和出版工作者的良好美德。

随着我国经济建设的发展和科学技术的不断进步,对高校教学工作会不断提出新的要求和希望。我想,无论如何,要做好引进国外教材的工作,一定要联系我国的实际。教材和学术专著不同,既要注意科学性、学术性,也要重视可读性,要深入浅出,便于读者自学;引进的教材要适应高校教学改革的需要,针对目前一些教材内容较为陈旧的问题,有目的地引进一些先进的和正在发展中的交叉学科的参考书;要与国内出版的教材相配套,安排好出版英文原版教材和翻译教材的比例。我们努力使这套教材能尽量满足上述要求,希望它们能放在学生们的课桌上,发挥一定的作用。

最后,预祝“国外电子与通信教材系列”项目取得成功,为我国电子与通信教学和通信产业的发展培土施肥。也恳切希望读者能对这些书籍的不足之处、特别是翻译中存在的问题,提出意见和建议,以便再版时更正。



中国工程院院士、清华大学教授
“国外电子与通信教材系列”出版委员会主任

出版说明

进入21世纪以来,我国信息产业在生产和科研方面都大大加快了发展速度,并已成为国民经济发展的支柱产业之一。但是,与世界上其他信息产业发达的国家相比,我国在技术开发、教育培训等方面都还存在着较大的差距。特别是在加入WTO后的今天,我国信息产业面临着国外竞争对手的严峻挑战。

作为我国信息产业的专业科技出版社,我们始终关注着全球电子信息技术的发展方向,始终把引进国外优秀电子与通信信息技术教材和专业书籍放在我们工作的重要位置上。在2000年至2001年间,我社先后从世界著名出版公司引进出版了40余种教材,形成了一套“国外计算机科学教材系列”,在全国高校以及科研单位中受到了欢迎和好评,得到了计算机领域的广大教师与科研工作者的充分肯定。

引进和出版一些国外优秀电子与通信教材,尤其是有选择地引进一批英文原版教材,将有助于我国信息产业培养具有国际竞争能力的技术人才,也将有助于我国国内在电子与通信教学工作中掌握和跟踪国际发展水平。根据国内信息产业的现状、教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》的指示精神以及高等院校老师们反映的各种意见,我们决定引进“国外电子与通信教材系列”,并随后开展了大量准备工作。此次引进的国外电子与通信教材均来自国际著名出版商,其中影印教材约占一半。教材内容涉及的学科方向包括电路理论与应用、信号与系统、数字信号处理、微电子、通信系统、电磁场与微波等,其中既有本科专业课程教材,也有研究生课程教材,以适应不同院系、不同专业、不同层次的师生对教材的需求,广大师生可自由选择 and 自由组合使用。我们还将与国外出版商一起,陆续推出一些教材的教学支持资料,为授课教师提供帮助。

此外,“国外电子与通信教材系列”的引进和出版工作得到了教育部高等教育司的大力支持和帮助,其中的部分引进教材已通过“教育部高等学校电子信息科学与工程类专业教学指导委员会”的审核,并得到教育部高等教育司的批准,纳入了“教育部高等教育司推荐——国外优秀信息科学与技术系列教学用书”。

为做好该系列教材的翻译工作,我们聘请了清华大学、北京大学、北京邮电大学、东南大学、西安交通大学、天津大学、西安电子科技大学、电子科技大学等著名高校的教授和骨干教师参与教材的翻译和审校工作。许多教授在国内电子与通信专业领域享有较高的声望,具有丰富的教学经验,他们的渊博学识从根本上保证了教材的翻译质量和专业学术方面的严谨与准确。我们在此对他们的辛勤工作与贡献表示衷心的感谢。此外,对于编辑的选择,我们达到了专业对口;对于从英文原书中发现的错误,我们通过与作者联络、从网上下载勘误表等方式,逐一进行了修订;同时,我们对审校、排版、印制质量进行了严格把关。

今后,我们将进一步加强同各高校教师的密切关系,努力引进更多的国外优秀教材和教学参考书,为我国电子与通信教材达到世界先进水平而努力。由于我们对国内外电子与通信教育的发展仍存在一些认识上的不足,在选题、翻译、出版等方面的工作中还有许多需要改进的地方,恳请广大师生和读者提出批评及建议。

电子工业出版社

教材出版委员会

- 主 任** 吴佑寿 中国工程院院士、清华大学教授
- 副主任** 林金桐 北京邮电大学校长、教授、博士生导师
杨千里 总参通信部副部长、中国电子学会会士、副理事长
中国通信学会常务理事
- 委 员** 林孝康 清华大学教授、博士生导师、电子工程系副主任、通信与微波研究所所长
教育部电子信息科学与工程类专业教学指导委员会委员
徐安士 北京大学教授、博士生导师、电子学系副主任
教育部电子信息与电气学科教学指导委员会委员
樊昌信 西安电子科技大学教授、博士生导师
中国通信学会理事、IEEE 会士
程时昕 东南大学教授、博士生导师
移动通信国家重点实验室主任
郁道银 天津大学副校长、教授、博士生导师
教育部电子信息科学与工程类专业教学指导委员会委员
阮秋琦 北方交通大学教授、博士生导师
计算机与信息技术学院院长、信息科学研究所所长
张晓林 北京航空航天大学教授、博士生导师、电子工程系主任
教育部电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导委员会委员
郑宝玉 南京邮电学院副院长、教授、博士生导师
教育部电子信息与电气学科教学指导委员会委员
朱世华 西安交通大学教授、博士生导师、电子与信息工程学院院长
教育部电子信息科学与工程类专业教学指导委员会委员
彭启琮 电子科技大学教授、博士生导师、通信与信息工程学院院长
教育部电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导委员会委员
徐重阳 华中科技大学教授、博士生导师、电子科学与技术系主任
教育部电子信息科学与工程类专业教学指导委员会委员
毛军发 上海交通大学教授、博士生导师、电子信息学院副院长
教育部电子信息与电气学科教学指导委员会委员
赵尔沅 北京邮电大学教授、教材建设委员会主任
钟允若 原邮电科学研究院副院长、总工程师
刘 彩 中国通信学会副理事长、秘书长
杜振民 电子工业出版社副社长

译者序

现代通信光电子学是当前高科技发展的重要领域,以它为基础的光通信技术发展十分迅速,对人类社会和生活的各个方面产生了广泛和深远的影响。现代通信光电子学也是处于发展中的光信号处理和光计算技术的基础。

本书根据 A. 亚里夫先生《现代通信光电子学》即以前出版的《光电子学》的最新版本(第五版)译出。该书反映了光电子领域的最新进展,全书共有 20 章和 4 个附录。其中第 1~3 章是学习光电子学必需具备的基础知识。第 4~7 章及第 15~16 章是关于激光器的基本理论、结构、常用激光器,以及光通信中应用的新型激光器。第 8 章和第 17~19 章着重讨论各种非线性光学问题。第 9 章和第 12 章讨论光束的调制问题。第 10~11 章是关于光探测及其噪声的理论。本书对光电子学诸领域进行了较全面而系统的论述,全书结构严谨,基本概念清晰。在每个理论单元后面均有数值例子,可使读者加深对理论的理解,为解决理论问题提供帮助。每章后都列出了参考文献,并附有习题。本书已被视为光电子学领域具有权威性的奠基性著作,既可作为高等院校电子科学与技术、电子信息科学与技术、电子信息工程、微电子学及应用物理学等本科专业和光学工程、物理电子学、固体电子与微电子学、电磁场与微波技术及通信与信息系统等研究生专业的教材或参考书,也可供从事实际工作的工程师作为一本有价值的参考书。

本书的翻译是一项艰巨的任务,感谢电子工业出版社和南京邮电学院光信息技术系的支持和帮助。本书对常用名词的翻译,按照 1996 年全国自然科学名词审定委员会公布的《物理学名词》进行校核。在翻译中我们参考了下列书目:

1. A. 亚里夫著,刘颂豪、吴存恺、王明常译. 量子电子学. 上海科技出版社,1983. 10
2. A. 亚里夫著,李宗琦译,高鼎三校. 光电子学导论. 科学出版社,1983. 1
3. 朱祖华编著. 信息光电子学基础. 浙江大学出版社,1990. 7
4. 董孝义编著. 光波电子学. 南开大学出版社,1987. 11
5. 周文、陈秀峰、杨冬晓编著. 光子学基础. 浙江大学出版社,2000. 1

对上述作者表示衷心的感谢。

本书翻译中,施伟华翻译了第 4~7 章及第 15~16 章;容经雄翻译了第 8~10 章;张力翻译了第 11~13 章;陈鹤鸣翻译了第 1~3 章、第 14 章、第 17~20 章及附录并校阅了全书;巩玉洁和张亚玲做了大量的辅助工作。

由于译者水平有限,译文中仍有不妥之处,恳请广大读者批评指正。

译者
2004 年 5 月
于南京

第五版前言

“众多事物中,重视那些美好的,保留那些有用的,摒弃那些两者皆不具备的。”

在选择新一版内容的过程中,我试着遵循上文所引用的我在以色列军队时军士长(他的名字我已经忘了)在我们准备奔赴战场之前的忠告。于是我将材料限于我认为完美的或是重要的或是两者兼备的内容范围内。读者们对于每个范畴的内容都有自己的取舍,希望能够与我的相同。第五版保留了第四版中的大部分内容,并加入了大量新的内容。这些变化反映了光通信作为最重要的通信技术的持续优势。在新一版中,书的重心明显转向了低能量、与通信相关的选题,所以我们将书名改为《现代通信光电子学》更为合适。

这一版的主要新特点为:

1. 将传递函数傅里叶变换形式用于处理光纤中的脉冲传播;
2. 包含时间透镜的脉冲和光束传播的时空等价性;
3. 光纤中脉冲展宽的色散补偿;
4. 利用克拉默斯-克勒尼希(Kramers-Kroning)关系式对极化率($\chi'(\nu)$ 和 $\chi''(\nu)$)的新的处理方法。克拉默斯-克勒尼希(Kramers-Kroning)关系式的推导;
5. 大幅改动了对于分布式反馈激光器的讨论,包括对增益耦合激光器的处理;
6. 半导体激光器的动态啁啾;
7. 垂直腔半导体激光器;
8. 新的一章关于孤子的内容,包括非线性光纤传播方程的基本原理推导;
9. 增加一章新内容包括:对量子光学和量子噪声的经典处理,光学测量法推理,散粒噪声,以及在传统界限以下由参变量放大实现振幅涨落的“压缩”。

再次申明,使用本书的学术要求与第四版前言中提及的相同。

我很感激 Jana Mercado 女士和 Mary Eleanor Johnson 女士帮助录入和编辑。John Kitching, William Marshall, John O'Brien 和 Matt McAdams 在专业技术上给予我很大帮助。我深深感谢 Ali Adibi 先生在重新推导主要计算结果上花费的不计其数的时间。他所改正的错误和矛盾之处对于本书内容的严谨和相对零错误起了很大帮助。

Amnon Yariv

帕萨迪纳,加利福尼亚

1996年6月

第四版前言

第三版《光电子学》面世后的五年中,该领域在技术上发生了重大发展,出现一些主要趋势。这些重要发展有:

1. 光纤通信确立了在通信技术中的重要地位;
2. 半导体激光器,特别是长波长 GaInAsP/InP 半导体激光器成为高速数字光纤通信系统的主要光源;
3. 量子阱半导体激光器开始取代传统激光器用于高速长距离数字通信,其他大部分复杂应用包括超低阈值激光器和锁模激光器;
4. 由于对远程传输和大范围光分布系统的影响,光纤放大器引起了光纤通信的小型革命。

新的发展不断积累,以至于我在 Caltech 进行我 1989 年的最后一次授课时,发现自己使用的一部分课程材料并不包括在本书的内容之内。第四版包含了这一部分内容。在第三版基础上增加的内容包括一些主要的修正和新的章节,其内容为:

1. 琼斯计算及其在法拉第效应中的扩展;
2. 辐射测量和红外检测;
3. 光纤放大器及其对光纤通信线路的影响;
4. 激光阵列;
5. 分布反馈激光器,包括具有相移面的多元素激光器;
6. 量子阱和超低阈值半导体激光器;
7. 光折变晶体和动态全息术及图像处理中的双光束耦合;
8. 受激布里渊散射中的双光束耦合和相位共轭;
9. 半导体激光器的强度涨落和相干性及其对光纤通信系统的影响。

本书依然是针对那些对光辐射的产生与控制及其怎样用于信息传输感兴趣的学生。在 Caltech,差不多相同比例的电子工程专业、物理专业和应用物理专业的学生都选择了这门课程。其中一半是毕业班学生,其余均为研究生。

在 Caltech 学习这门课程的先决条件是:充分掌握电磁学基础,一般先修过一年该领域的课程,并具有原子物理的基本入门知识。

本书之所以能够传递下去并极具研究风味,很大程度上归功于那些来访者、能干的学生和博士后们,他们不断向我提供他们的最新发现和思考。

这一版内容涵括了以下各位被公认的及未被公认的来稿:Chris Harder, Kerry Vahala, Eli Kapon, Kam Lau, Pamela Derry, Israel Ury, Nadav Bar-Chaim, Hank Blauvelt, Michael Mittelstein, Lars Eng, Norman Kwong, Shu Wu Wu, Bin Zhao 和 Rudy Hoffmeister。Caltech 1987 年至 1989 年应用物理 130 班和 131 班协助校对并保证了排版的清晰。

我的妻子 Fran 和我的行政助手 Jana Mercado 负责录入和编辑。感谢她们和上面提及的所有人。

Amnon Yariv
帕萨迪纳,加利福尼亚
1991 年 1 月

目 录

第 1 章 电磁理论	(1)
1.0 引言	(1)
1.1 复函数体系	(1)
1.2 电磁场能量和功率的考虑	(2)
1.3 各向同性介质中波的传播	(5)
1.4 晶体中波的传播——折射率椭球	(9)
1.5 琼斯计算及其在双折射晶体光学系统中的应用	(13)
1.6 电磁波的衍射	(23)
习题	(25)
参考文献	(29)
第 2 章 光线和光束的传播	(30)
2.0 引言	(30)
2.1 透镜波导	(30)
2.2 光线在反射镜面间的传播	(34)
2.3 在类透镜介质中的光线	(35)
2.4 平方律折射率介质中的波动方程	(37)
2.5 均匀介质中的高斯光束	(38)
2.6 在类透镜介质中的基模高斯光束——ABCD 定律	(40)
2.7 在透镜波导中的高斯光束	(43)
2.8 在均匀介质中的高斯光束高阶模	(44)
2.9 在平方律折射率变化的介质中的高斯光束的高阶模	(47)
2.10 光波在二次型增益分布介质中的传播	(50)
2.11 椭圆高斯光束	(51)
2.12 傍轴 A,B,C,D 系统的衍射积分	(54)
习题	(56)
参考文献	(58)
第 3 章 光束在光纤中的传输	(59)
3.0 引言	(59)
3.1 圆柱坐标系中的波动方程	(59)
3.2 阶跃折射率圆波导	(61)
3.3 线偏振模	(68)
3.4 光纤中的光脉冲传输与脉冲展宽	(75)
3.5 群速度色散的补偿	(82)
3.6 空间衍射与时间色散的类比	(85)
3.7 硅光纤中的损耗	(88)

习题	(89)
参考文献	(91)
第4章 光学共振腔	(93)
4.0 引言	(93)
4.1 法布里-珀罗标准具	(95)
4.2 用作光谱分析仪的法布里-珀罗标准具	(98)
4.3 球面镜光学共振腔	(101)
4.4 模的稳定性判据	(103)
4.5 广义共振腔中的模式——自洽法	(105)
4.6 光共振腔中的共振频率	(107)
4.7 光学共振腔中的损耗	(109)
4.8 光学共振腔——衍射理论方法	(111)
4.9 模耦合	(117)
习题	(119)
参考文献	(120)
第5章 辐射和原子系统的相互作用	(121)
5.0 引言	(121)
5.1 原子能级之间的自发跃迁——均匀增宽和非均匀增宽	(121)
5.2 受激跃迁	(125)
5.3 吸收和放大	(127)
5.4 $\chi'(\nu)$ 的推导	(129)
5.5 $\chi(\nu)$ 的物理意义	(132)
5.6 均匀激光介质中的增益饱和	(133)
5.7 非均匀激光介质中的增益饱和	(135)
习题	(137)
参考文献	(138)
第6章 激光振荡理论及其在连续区和脉冲区的控制	(139)
6.0 引言	(139)
6.1 法布里-珀罗激光器	(139)
6.2 振荡频率	(142)
6.3 三能级和四能级激光器	(144)
6.4 激光振荡器的功率	(146)
6.5 激光振荡器的最佳输出耦合	(148)
6.6 多模激光振荡器和锁模	(151)
6.7 在均匀增宽激光系统中的锁模	(159)
6.8 脉冲宽度的测量和啁啾脉冲的收缩	(164)
6.9 巨脉冲(调 Q)激光器	(171)
6.10 多普勒增宽气体激光器中的烧孔效应和兰姆凹陷	(177)
习题	(178)

(202)	参考文献	(180)
第 7 章	一些特殊的激光器系统	(182)
(07)	7.0 引言	(182)
(87)	7.1 抽运与激光器效率	(182)
(87)	7.2 红宝石激光器	(183)
(08)	7.3 掺钕钇铝石榴石($\text{Nd}^{3+}:\text{YAG}$)激光器	(187)
(81)	7.4 掺钕玻璃激光器	(189)
(18)	7.5 氦-氖(He-Ne)激光器	(191)
(18)	7.6 二氧化碳激光器	(193)
(48)	7.7 氩离子(Ar^{+})激光器	(195)
(88)	7.8 激基分子激光器	(195)
(78)	7.9 有机染料激光器	(197)
(98)	7.10 气体激光器的高压操作	(201)
(53)	7.11 掺铟-硅基激光器	(203)
(95)	习题	(203)
(05)	参考文献	(204)
第 8 章	二次谐波产生与参变振荡	(206)
(99)	8.0 引言	(206)
(10)	8.1 非线性极化的物理起源	(206)
(15)	8.2 非线性介质中波传播的公式	(213)
(15)	8.3 光的二次谐波产生	(215)
(15)	8.4 激光共振腔内的二次谐波产生	(223)
(13)	8.5 二次谐波产生的光子模型	(226)
(15)	8.6 参变放大	(227)
(18)	8.7 参变放大的相位匹配	(232)
(50)	8.8 参变振荡	(233)
(55)	8.9 参变振荡的频率调谐	(236)
(59)	8.10 光参变振荡器中的输出功率和抽运饱和	(237)
(37)	8.11 频率上转换	(238)
(39)	8.12 准相位匹配	(241)
(45)	习题	(244)
(48)	参考文献	(245)
第 9 章	激光光束的电光调制	(248)
(77)	9.0 引言	(248)
(29)	9.1 电光效应	(248)
(29)	9.2 电光相位延迟	(259)
(29)	9.3 电光振幅调制	(261)
(61)	9.4 光的相位调制	(263)
(65)	9.5 横向电光调制器	(265)

9.6	高频调制的考虑	(265)
9.7	光束的电光偏转	(268)
9.8	电光调制——耦合波分析	(270)
9.9	相位调制	(273)
	习题	(278)
	参考文献	(280)
第 10 章	光产生和光探测中的噪声	(281)
10.0	引言	(281)
10.1	噪声功率引起的限制	(281)
10.2	噪声——基本定义和定理	(284)
10.3	一系列随机发生的事件的谱密度函数	(286)
10.4	散粒噪声	(287)
10.5	热噪声(约翰逊噪声)	(289)
10.6	激光振荡器中的自发辐射噪声	(293)
10.7	激光线宽的相矢量推导	(296)
10.8	相干与干涉	(302)
10.9	二进制脉码调制系统中的误码率	(307)
	习题	(309)
	参考文献	(310)
第 11 章	光辐射的探测	(312)
11.0	引言	(312)
11.1	光激励跃迁速率	(312)
11.2	光电倍增管	(313)
11.3	光电倍增管中的噪声机制	(315)
11.4	光电倍增管的外差探测	(318)
11.5	光电导探测器	(320)
11.6	p-n 结	(326)
11.7	半导体光电二极管	(329)
11.8	雪崩光电二极管	(337)
11.9	激光器的功率涨落噪声	(339)
11.10	红外成像和本底受限探测	(343)
11.11	光纤线路中的光放大	(348)
	习题	(355)
	参考文献	(357)
第 12 章	光和声的相互作用	(359)
12.0	引言	(359)
12.1	声波对光的散射	(359)
12.2	声波对光产生的布拉格衍射的粒子图像	(361)
12.3	声波对光产生的布拉格衍射的分析	(362)

12.4 声光偏转	(368)
习题	(369)
参考文献	(370)
第 13 章 光学电介质波导——周期性波导中的模传播和模耦合	(372)
13.0 引言	(372)
13.1 波导模——一般性的讨论	(372)
13.2 非对称平板波导中的 TE 模和 TM 模	(378)
13.3 耦合模的微扰理论	(380)
13.4 周期性波导	(382)
13.5 耦合模的解	(386)
13.6 用作光滤波器与反射器的周期性波导——周期性光纤	(388)
13.7 电介质波导中的电光调制和模式耦合	(390)
13.8 定向耦合	(395)
13.9 耦合波导系统的本征模(超模)	(398)
13.10 激光器阵列	(402)
习题	(408)
参考文献	(409)
第 14 章 全息术和光学数据存储	(411)
14.0 引言	(411)
14.1 全息术的数学基础	(411)
14.2 体积全息图的耦合波分析	(414)
习题	(422)
参考文献	(423)
第 15 章 半导体激光器——理论及应用	(424)
15.0 引言	(424)
15.1 半导体物理基础知识	(424)
15.2 半导体(激光器)介质内的增益和吸收	(429)
15.3 GaAs/Ga _{1-x} Al _x As 激光器	(433)
15.4 一些实际的激光器结构	(438)
15.5 半导体激光器的直流调制	(442)
15.6 电流调制半导体激光器中的增益抑制和频率啁啾	(446)
15.7 集成光电子学	(453)
习题	(456)
参考文献	(457)
第 16 章 先进半导体激光器——量子阱激光器、分布反馈激光器 和垂直腔表面发射激光器	(460)
16.0 引言	(460)
16.1 量子阱内的载流子(高级选题)	(460)
16.2 量子阱激光器的增益	(464)

16.3	分布反馈激光器	(469)
16.4	垂直腔表面发射半导体激光器	(479)
	习题	(485)
	参考文献	(485)
第 17 章	相位共轭光学的理论与应用	(487)
17.0	背景知识介绍	(487)
17.1	畸变校正定理	(487)
17.2	相位共轭波的产生	(488)
17.3	相位共轭光学的耦合模公式	(490)
17.4	一些相位共轭的实验	(495)
17.5	具有相位共轭反射镜的光学共振腔	(495)
17.6	相位共轭光共振腔的 ABCD 定律	(497)
17.7	激光共振腔内的动态畸变校正	(499)
17.8	相位共轭光学的全息模拟	(501)
17.9	畸变介质的成像	(502)
17.10	应用四波混频的图像处理	(504)
17.11	光纤色散补偿	(507)
	习题	(507)
	参考文献	(507)
第 18 章	光折变介质中的双光束耦合和相位共轭	(510)
18.0	引言	(510)
18.1	固定光栅中的双光束耦合	(510)
18.2	光折变效应——双光束耦合	(512)
18.3	光折变自抽运相位共轭	(522)
18.4	光折变振荡器的应用	(523)
	习题	(527)
	参考文献	(528)
第 19 章	光孤子	(530)
19.0	引言	(530)
19.1	孤子的数学描绘	(530)
	习题	(535)
	参考文献	(536)
第 20 章	量子光学、量子噪声和压缩态的经典处理	(538)
20.0	引言	(538)
20.1	量子不确定度趋于经典形式	(538)
20.2	光场的压缩态	(544)
	参考文献	(551)
附录 A	克拉默斯-克勒尼希 (Kramers-Kronig) 关系	(552)
附录 B	立方 $43m$ 晶体中的电光效应	(554)

附录 C 行波激光放大器中的噪声	(557)
附录 D 利用薄透镜实现相干电磁场的变换	(560)
索引	(562)

$$a(t)b(t) = AB e^{i(\phi_a + \phi_b)} = |A||B| e^{i(\phi_a + \phi_b)}$$

$$A = |A|e^{i\varphi_a} \quad (1.1-2)$$

$$A = |A|e^{i\phi_a} \quad (1)$$

$$A_0 = B_0 [A_0 e^{i\omega t}]$$

我们经常用

由式(1.1-1)及(1.1-2)可得膜周电压 $a(t) = Ae^{i\omega t}$ 中 $(0.1-1.1)$ 为自由膜周电压, (1.1-4)

由式(1.1-1)及(1.1-2)可得膜周电压 $a(t) = Ae^{i\omega t}$ 中 $(0.1-1.1)$ 为自由膜周电压, (1.1-4)

如果从复数形式(1.1-4)出发可得

由药社给量味市家内美动 2