

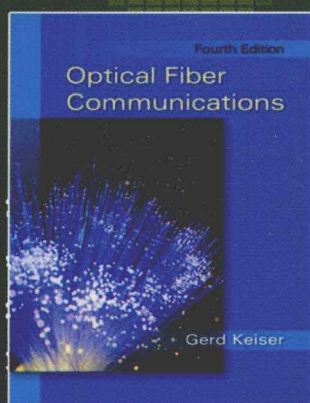
国外电子与通信教材系列



Education

光纤通信 (第四版)

Optical Fiber Communications
Fourth Edition



[美] Gerd Keiser 著

蒲涛 徐俊华 苏洋 译

李玉权 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

光纤通信

(第四版)

Optical Fiber Communications

Fourth Edition

[美] Gerd Keiser 著

蒲涛 徐俊华 苏洋 译

李玉权 审校

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书系统地介绍了光纤通信的各方面知识。全书共 14 章,内容涵盖光纤传输原理和传输特性,半导体光源和光检测器的工作原理与工作特性,数字光纤通信系统和模拟光纤通信系统,光放大器的工作原理和性能,WDM 系统原理与器件,光网络与光交换,光纤通信系统的性能测量及管理。与前一版相比,新增了光纤的非线性效应、光子晶体光纤、高速通信中的前向纠错、光载射频(ROF)及光缆铺设等新内容。

本书适合作为通信工程及相关专业高年级本科生、研究生的光纤通信课程的教学教材,对于从事光纤通信设备设计制造、系统运营管理的工程技术人员也是一本很好的参考书。

Gerd Keiser

Optical Fiber Communications, Fourth Edition

978-0-07-338071-1

Copyright©2011 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including without limitation photocopying, recording, taping, or any database, information or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

This authorized Chinese translation edition is jointly published by McGraw-Hill Education (Asia) and Publishing House of Electronics Industry. This edition is authorized for sale in China Mainland.

Copyright©2012 by McGraw-Hill Education (Asia), a division of the Singapore Branch of The McGraw-Hill Companies, Inc. and Publishing House of Electronics Industry.

版权所有。未经出版人事先书面许可,对本出版物的任何部分不得以任何方式或途径复制或传播,包括但不限于复印、录制、录音,或通过任何数据库、信息或可检索的系统。

本授权中文简体字翻译版由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司和电子工业出版社合作出版。此版本经授权仅限在中国大陆销售。

版权©2012 由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司与电子工业出版社所有。

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签,无标签者不得销售。

版权合同登记号 图字:01-2011-3075

图书在版编目(CIP)数据

光纤通信:第4版/(美)凯泽(Keiser,G.)著;蒲涛,徐俊华,苏洋译. —北京:电子工业出版社,2012.5
(国外电子与通信教材系列)

书名原文:Optical Fiber Communications, 4/e

ISBN 978-7-121-16171-1

I. ①光… II. ①凯… ②蒲… ③徐… ④苏… III. ①光纤通信-高等学校-教材 IV. ①TN929.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 037457 号

策划编辑:马 岚

责任编辑:许菊芳

印 刷:涿州市京南印刷厂

装 订:

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:32.75 字数:838 千字

印 次:2012 年 5 月第 1 次印刷

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 zltts@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

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。

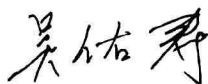
我国领导部门对教材建设一直非常重视。20世纪80年代,在原教委教材编审委员会的领导下,汇集了高等院校几百位富有教学经验的专家,编写、出版了一大批教材;很多院校还根据学校的特点和需要,陆续编写了大量的讲义和参考书。这些教材对高校的教学工作发挥了极好的作用。近年来,随着教学改革不断深入和科学技术的飞速进步,有的教材内容已比较陈旧、落后,难以适应教学的要求,特别是在电子学和通信技术发展神速、可以讲是日新月异的今天,如何适应这种情况,更是一个必须认真考虑的问题。解决这个问题,除了依靠高校的老教师和专家撰写新的符合要求的教科书外,引进和出版一些国外优秀电子与通信教材,尤其是有选择地引进一批英文原版教材,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部门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和自由组合使用。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、南京邮电大学、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、中山大学、哈尔滨工业大学、西南交通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格与准确。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、博士生导师
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分委员会委员
	徐安士	北京大学教授、博士生导师、电子学系主任
	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
	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分委员会委员
	阮秋琦	北京交通大学教授、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 国务院学位委员会学科评议组成员
	张晓林	北京航空航天大学教授、博士生导师、电子信息工程学院院长 教育部电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导分委员会副主任委员 中国电子学会常务理事
	郑宝玉	南京邮电大学副校长、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分委员会副主任委员
	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分委员会委员
	毛军发	上海交通大学教授、博士生导师、电子信息与电气工程学院副院长 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、《中国邮电高校学报（英文版）》编委会主任
	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兼秘书长，教授级高工 信息产业部通信科技委副主任
	杜振民	电子工业出版社原副社长
	王志功	东南大学教授、博士生导师、射频与光电集成电路研究所所长 教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会主任委员
	张中兆	哈尔滨工业大学教授、博士生导师、电子与信息技术研究院院长
	范平志	西南交通大学教授、博士生导师、信息科学与技术学院院长

译者序

由于 Gerd Keiser 教授的 *Optical Fiber Communications* 一书的世界性影响, 2002 年我们将本书的第三版翻译成中文, 受到了国内同仁及相关专业学生的欢迎。转瞬间, 10 个年头即将过去, 光纤通信领域在这 10 年间取得了许多新的进展, 而 Gerd Keiser 教授也将本书的第四版奉献给了读者。为方便国内读者学习, 我们又提供了新版的中译本以飨读者。

在作者所写的前言中已详细列出了第四版新增加的内容。在诸多新内容中, 我们认为读者需要关注如下热点:

1. 关于光子晶体光纤的结构及工作原理, 光子晶体光纤有可能为多种光子器件的设计带来革命性的变革, 具有重要的潜在应用价值;
2. 与超高速传输相联系的内容, 例如 QPSK 调制、相干检测、前向纠错、突发模式接收等;
3. 非线性效应及其影响, 近年来基于光纤的非线性效应实现光信号处理是极为活跃的前沿研究课题;
4. 光载射频(ROF)技术及微波光子学, 这是一个光子学与微波毫米波技术相结合的新兴交叉领域, 极具活力;
5. IP over WDM、光以太网、光纤到驻地(FTTP)无源光网络等技术与无线接入技术相结合, 将产生重大影响。

另外, 第四版新增加的有关国际标准、光缆铺设等内容, 对于读者尤其是从事系统设计和工程建设的工程技术人员也是极有帮助的。本书第四版主要由蒲涛、徐俊华、苏洋翻译, 译者所在教研室的研究生刘颖、魏志虎、孙帼丹、陈寅芳、刘双、叶振新、熊锦添、孟楠、陈大雷参与了部分章节的翻译工作, 全书由李玉权统校。前言、第 1 章至第 3 章的译文经胡先志老师审阅并修改了不少不当之处。译者对于他们所付出辛勤劳动致以衷心的感谢。

受译者学识水平所限, 加之本书篇幅浩大, 多人参与翻译工作, 译文中出现不妥乃至错误之处在所难免, 热望读者不吝赐教。

译者

2012 年 2 月于南京

前言

本书的目标

自 1983 年本书第一版问世以来,光纤通信历经了令人神往的发展历程。特别值得一提的是,高锟(Charles K. C. Kao)以其超越时代的洞察力,发现可以使用玻璃纤维作为数据传输媒介,其执着的后继工作带来了低损耗光纤的进一步发展,这使得他荣获 2009 年诺贝尔物理学奖。第一根超纯光纤在高锟预言之后的第四年,即 1970 年制作成功。这一突破导致与光纤相关的系列技术的发展。最初人们仅关心传输链路技术,随后很快转移到越来越复杂的网络技术。许多新器件和通信技术加入到光纤通信中。其中有的技术获得极大成功,也有的技术因为实现复杂而被淘汰,还有的技术由于过于超前在经历一段时间的休眠期之后再次出现。基于光纤技术的现代大容量电信网络已成为社会不可分割的一部分。这些先进网络的应用领域从简单的网页浏览到电子邮件交互,再到健康诊断、网格和云计算及复杂的商业交换。由于网络对于日常生活如此重要,我们越来越期望通信服务能够永远在线并功能合理。要到达这一近乎苛刻的需求,需要对从器件发展到系统设计安装和网络运行维护的所有技术方面进行仔细的工程化考量。

为了突出上述技术的成就与现状,本书第四版力求展现基本原理,以利于理解光纤技术并更广泛地将其应用于现代通信网。本书的系列论述将带领读者系统地领略光纤链路中器件及其相互间影响的基本原理,讲述复杂光链路和网络的架构与性能特征,了解网络安装与维护中需要的基本测量技术。通过理解、掌握这些基本问题,读者不仅可以从事器件、通信链路或者设备的设计,还能够预见未来网络技术的发展方向。

本书的内容

为达到上述目标,第 1 章给出了光纤通信系统的概述,其内容包括采用光纤的动因和好处,所使用的频带,波分复用如何提高光纤的传输容量,采用的标准及仿真工具。

第 2 章至第 11 章描述了光链路中主要元器件的性能特征。这些元器件包括光纤、光源、光检测器、无源光器件、光放大器以及用于多波长网络中的有源光电器件。光纤是光链路中最为重要的器件。第 2 章和第 3 章给出了各类现有光纤的物理结构、所用材料、损耗特性、光传输机理以及信号畸变特性。第 3 章还介绍了光纤制造方法和几种常用光缆。这两章的新增内容包括有关光子晶体光纤的讨论,及其对模式影响和脉冲展宽的改善。

第 4 章论述了光纤通信中所用光源的结构、发光原理和工作特性。此外还论述了直接调制和外调制技术、温度效应、器件寿命和线路编码方法。第 5 章描述了如何有效地将光源发射光束耦合进光纤,以及如何将两段光纤以功率损耗最小的方式连接起来。

光接收机的任务是检测到达光信号并将其转换为可被后继电接收机处理的电信号。第 6 章内容包括光检测器的结构与响应特性。第 7 章描述了光接收机的原理和功能。这一章中的新内容包括光接收机工作特征的简化数学描述、信号检测的统计概念、眼图测量方法,以及用于无源光网络的突发模式接收机简介。

第 8 章和第 9 章分别介绍了数字和模拟链路的设计方法。第 8 章包括链路功率预算和带

宽限制的讨论。新内容包括功率代价、基本相干检测方案和数字信号差错控制方法。第9章增加了在光纤中传输微波射频模拟信号的概念。射频光传输技术的一个扩展应用是室外和大楼内移动终端的宽带光载射频(ROF)网络。

第10章论述了波分复用(WDM)的原理,介绍了普通WDM链路的功能,讨论了不同WDM方案的国际标准。本章的新内容包括有源和无源WDM器件的描述与应用举例,例如光纤布拉格光栅、薄膜滤波器、阵列波导光栅、衍射光栅和可调光衰减器等。

第11章描述了实现光放大的不同方法。包括半导体光放大器、掺杂光纤放大器和新型的拉曼放大器。除了传统掺铒光纤放大器(EDFA)的论述,还有用于S波段的掺铥光纤放大器(TDFA)和用于L波段的增益移位EDFA的新结构。

第12章至第14章展示了如何将各个元器件组合构成链路和网络,给出了评估光器件和链路性能的测量方法。第12章的新内容包括光纤中的非线性过程的来源与影响。许多非线性效应会导致系统性能劣化,必须予以控制,另外一些(如受激拉曼散射效应)则可以加以利用。

第13章扩展了有关长途、城域、局域和接入光网络的内容。新内容包括运行于160 Gbps以上的高速光链路,光分插复用器和光交叉连接的概念,波长路由,光分组交换,光突发交换,无源光网络,IP over WDM,光以太网,以及减小高速网络传输损伤的技术等。

最后一章讨论了性能监测。论题包括国际认可的测量标准,光纤链路的基本测试仪表,光纤的建模方法,通过眼图测量评估链路性能。特别要强调的是对WDM链路的评估。第14章的新内容包括眼图模板、压缩眼图测试、误码率眼图轮廓等概念。其他新内容包括光性能监测,这已成为光网络的基本功能,特别是与误码监测、网络运行维护和故障管理等相关的内容。

本版新增内容

本书第四版新增加的内容如下。

- 光纤通信的频谱划分。
- 描述了光子晶体光纤,一种通过内部微结构增加控制纤维中光的又一个维度的光纤。
- 回顾了光纤光缆在包括室内管线到海底链路等各种环境中的铺设方法。
- 描述了用于与光波相互作用,以便控制、管理光信号的特种光纤。
- 讨论各种国际标准,规范不同类别的光纤的参数,从而保证工业领域的兼容性。
- 举例说明了商用收发器组件的特性与封装。
- 举例说明了商用光纤连接器的特性与封装。
- 讨论了用于无源光网络的突发模式光接收机的特性。
- 扩充了传输链路的功率代价。
- 扩充了用于10 Gbps或更高速率的单模光纤链路。
- 新增加了相干检测,相对于直接检测方式,相干检测可以提高谱纯度、提高抗色散性能。
- 新增加了用于超过10 Gbps速率传输链路的数字四相移键控(DQPSK)方法。
- 新增加了数字差错检测和纠错方法,包括多项式编码与前向纠错(FEC)技术。
- 新增加了用于无线接入网、室内环境无线服务、家庭个域网连接的光载射频技术。
- 扩充了用于波分复用的光子器件内容。
- 新增加了拉曼光放大器技术,扩展了掺铒光纤放大器技术。
- 新增加了一章,讲述光纤中的非线性效应及其影响。

- 大量扩展了光网络的内容,包括高速光链路,光分插复用器,光交换,WDM 网络举例,IP over WDM,光以太网,用于光纤到驻地(FTTP)的无源光网络应用。
- 修改了性能测试与监测的相关内容,包括眼图测试,光性能监测(OPM)功能,性能测试功能,例如包括误码率(BER)、光信噪比(OSNR)、Q 值、光调制幅度(OMA)和定时抖动在内的性能测试。

本书的使用

第四版提供了有关光纤通信技术的理论和应用的基本材料,可用于高年级或研究生课程。本书还可用作工作参考书,为从事光纤通信系统相关器件、传输设备、测试仪表设计开发和光缆工厂的应用工程师服务。学习本书,应具有高年级工科学生的理论基础,包括电磁场理论、微分方程、光学基础。本书的正文部分也对光学概念、电磁理论和基本半导体物理等几方面的主要基础知识进行了简要回顾。许多涉及进一步知识的章节(如麦克斯韦方程组在圆柱介质波导中的应用)用星号标注,可以跳过而不失连续性。为了帮助读者学习和设计实践,本书提供了 143 个例题,并收集了 277 道习题,帮助检验读者对本书所覆盖和延伸内容的理解。授课教师可通过出版商获得这些习题的答案^①。

每章的末尾都提供了大量的参考资料作为深入学习所涉及专题的起点。由于光纤通信将多个科学和工程学科领域的研究与开发力量汇聚在一起,各章所涉内容的相关文献有数百篇。参考文献虽然无法列出全部文章,但是选择了对纤维光学领域具有重要贡献的文章,以作为所涉领域的良好导引。有关最新发展的参考材料,可以在专业教材和许多会议论文集中找到。

为帮助读者理解和使用本书,书中给出了相关的物理常数及其单位。附录 A ~ D 给出了国际单位制、完成习题所需的数学公式等。附录 E ~ G 提供了本书所用的缩写术语、拉丁文符号和希腊文符号。

计算机建模与仿真工具为制造原型机之前帮助分析设计光器件、电路和网络提供了有效的途径。本书网址(www.mhhe.com/keiserOFC)提供了关于仿真模块的简单可交互演示版的介绍。这些仿真模块可以从三个仿真工具的公司网址下载。简化版含有超过 100 个预先定义的模块和链路配置,用于交互式的概念演示。尽管配置是固定的,用户仍然可以通过参数设置或开关来看到不同效应的系统性能。

书中涉及的物理常量及其单位,请参见 502 页。

COSMOS(仅提供给授课教师)

McGraw-Hill 的 COSMOS(完全在线解决方案组织系统)允许授课教师从教材所属问题与解答以及自己的材料中生成课后任务、课题讨论与测试。COSMOS 系统现在可以从下列网站获得:

<http://cosmos.mhhe.com/>

^① 中国教师获取习题答案和教学资源的方法,请参见本书末尾的“教学支持说明”页。——编者注

致 谢

在这本书及其早期版本的准备过程中,我要特别感谢那些经常与我讨论并以不同方式帮助过我的人,以及那些为书稿准备材料的人。特别要感谢海军研究生院的 Tri T. Ha, 他给予我灵感并鼓励我撰写了本书的第一版。我与学术界的很多同仁进行过有益的交流,他们的研究报告给了我很大帮助,包括美国东北大学和加州圣迭戈大学 John Proakis; 波士顿大学 Selim Ünlü, Michael Ruane 和 Malvin Teich; 国立台湾科技大学 (NTUST) Shi-Shuenn Chen、San-Liang Lee、Cheng-Kuang Liu 和 Shih-Hsiang Hsu; 圣约翰大学 (台湾) Jean-Lien Chen Wu; 南洋科技大学 Perry Ping Shum; 国立台湾大学 Hung-Chun Chang、Hen-Wei Tsao、Jingshown Wu 和 Chih-Chung Yang; 台湾中山大学 Wood-Hi Cheng; 莫那什大学 Arthur Lowery; 南加州大学 Alan E. Willner; 加州大学圣芭芭拉分校 Daniel Blumenthal; 新南威尔士大学 François Ladouceur; 悉尼大学 Robert Minasian 和 Benjamin Eggleton; 马萨诸塞大学卢维尔分校 Craig Armiento; 台湾辅仁大学 Hui-Chi Chen; 香港中文大学 Lian-Kuan Chen 和 Hon Tsang; 台湾阳明大学 Arthur Chiou 和 Fu-Jen Kao; 中佛罗里达大学 Bahaa Saleh 和 Guifang Li; 韩国仁荷大学 El-Hang Lee; 韩国科学技术学院 Yun Chung; 北京交通大学吴重庆; 北京邮电大学林金桐和徐坤; 新加坡资讯通信研究院 Emily Jianzhong Hao; 约翰内斯堡大学 Heidi Abrahamse; 英国剑桥大学 Richard Penty 和 Ian White、皇家墨尔本理工大学 (RMIT) Sarah Dods; 英国斯特拉斯克莱德大学 Brian Culshaw。另外,很高兴在 NTUST 与 Chu-Lin Chang、Daniel Liang-Tang Chen、Olivia Devi Haobijam、Hsin-Yi Hsu、Shu-Min Hsu、Kuo-Ming Huang、Ming-Je Huang、Yung-Jr Hung、Yu-Jhu Jhang、Chen-Yu Lee、Shu-Chuan Lin、Zih-Rong Lin、Hua-Liang Lo 和 Joni W. Simatupang 合作。

其他以各种方式帮助过我的人包括 William (Bill) Beck、Troy Bergstrom、Bertand Destieux、Emmanuel Desurvire、Paul Fitzgerald、Doug Forster、Paul Fowler、Enrico Ghillino、André Girard、Jim Hayes、Frank Jaffer、Jan Jakubczyk、Joy Changhong Jiang、Jack Kretovics、Hui-Ru Lin、André Richter、Bruce Robertson、Rosmin Robertson、Dirk Seewald、Douglas Walsh 以及 Winston I. Way。尤其要感谢以下为本书提供图片的人: Simone Baldassarri、Evie Bennett、Michael Kwok、Courtney McDaniel、Victoria McDonald、Robert E. Orr、Erika Peterssen、Jeff Sitlinger、Randa Van Dyk、Brad Wackerlin 及 Stephanie H. Webb。

还要感谢众多的评论者,他们给了我很多有益的帮助,提高了文稿的质量,并使之清晰易懂。他们是科罗拉多大学 Frank Barnes; 加州大学北岭分校 Nagwa Bekir; 佐治亚理工学院 John A. Buck; 新墨西哥州立大学 Sang-Yeon Cho; 弗吉尼亚理工大学 Ira Jacobs; 亚利桑那大学 Raymond K. Kostuk; 塔尔萨大学 Peter LoPresti; 拉费特维尔的路易斯安那大学 Zhongqi Pan; 俄勒冈大学 Thomas K. Plant; 内华达大学里诺校区 Banmali Rawat; 杨伯翰大学 Stephen Schultz; 佛罗里达大学 Huikai Xie。世界范围内众多学术机构的用户对前面几个版本给予了积极的评价,鼓励我出版本书的第四版。

这个版本尤其受益于 McGraw-Hill 的 Lisa Bruflodt、Lorraine Buczek、Carrie Burger、Peter Massar 和 Raghu Srinivasan, 以及 Glyph International 的 Deepti Narwat Agarwal 和 Kay Mikel 等人的专业指导。最后,要感谢妻子 Ching-yun 及女儿 Nishla, 在我撰写和修订本书的过程中给予的耐心和鼓励。

Gerd Keiser

教学支持说明

McGraw-Hill Education, 麦格劳-希尔教育出版公司, 美国著名图书出版与教育服务机构, 以出版经典、高质量的理工科、经济管理、计算机、生命科学以及人文社科类高校教材享誉全球, 更以丰富的网络化、数字化教学辅助资源深受高校教师的欢迎。

为了更好地服务于中国教育发展, 提升教学质量, 2003年麦格劳-希尔教师服务中心在北京成立。在您确认将本书作为指定教材后, 请您填好以下表格并经系主任签字盖章后寄回, 麦格劳-希尔教师服务中心将免费向您提供相应教学课件或网络化课程管理资源。如果您需要订购或参阅本书的英文原版, 我们也会竭诚为您服务。

证 明

兹证明_____大学_____系 / 院_____专业_____学年 (学期)
开设的_____课程, 共_____学时, 现采用电子工业出版社出版的英文原版 / 简体
中文版_____ (书名/作者) 作为主要教材。
任课教师为_____, 学生_____个班共_____人。

任课教师需要与本书配套的教师指导手册和习题解答。

电 话: _____

传 真: _____

E-mail: _____

联系地址: _____

邮 编: _____

建议和要求:

系 / 院主任: _____ (签字)

(系 / 院办公室章)

_____年_____月_____日

请与我们联系

Publishing House of Electronics Industry
电子工业出版社: www.phei.com.cn
www.hxedu.com.cn
北京市万寿路173信箱高等教育分社
联系电话: 010-88254555
传 真: 010-88254560
E-mail: Te_service@phei.com.cn

麦格劳-希尔教育出版公司教师服务中心
北京市海淀区 清华科技园 创业大厦 907 室
北京 100084
传真: 010-62790292
教师服务热线: 800-810-1936
教师服务信箱: instructor_cn@mcgraw-hill.com
网址: <http://www.mcgraw-hill.com.cn>

目 录

第1章 光纤通信概述	1
1.1 光通信的发展动力	2
1.1.1 光网络的发展历程	2
1.1.2 光纤的优点	3
1.2 光频谱带	4
1.2.1 电磁能量	4
1.2.2 工作窗口和光频带	5
1.3 分贝单位	6
1.4 网络信息速率	8
1.4.1 电信信号复用	8
1.4.2 SONET/SDH 复用体系	10
1.5 波分复用概念	10
1.6 光纤通信系统的关键组件	10
1.7 光纤通信标准	13
1.8 仿真与建模工具	14
1.8.1 仿真工具的特征	14
1.8.2 图形编程语言	14
1.8.3 学生使用的程序举例	15
第2章 光纤:结构、导波原理和制造	19
2.1 光的性质	19
2.1.1 线偏振	20
2.1.2 椭圆偏振和圆偏振	22
2.1.3 光的量子特性	23
2.2 基本的光学定律和定义	24
2.2.1 折射率	24
2.2.2 反射和折射	24
2.2.3 光的偏振分量	26
2.2.4 偏振敏感材料	27
2.3 光纤模式和结构	28
2.3.1 光纤分类	28
2.3.2 光射线和模式	30
2.3.3 阶跃折射率光纤结构	31
2.3.4 射线光学描述	31
2.3.5 介质平板波导中的波动描述	33

2.4	圆波导的模式理论	34
2.4.1	模式概述	35
2.4.2	关键的模式概念的归纳	36
2.4.3	麦克斯韦方程组	38
2.4.4	波导方程式	39
2.4.5	阶跃折射率光纤中的波动方程	40
2.4.6	模式方程	41
2.4.7	阶跃折射率光纤中的模式	42
2.4.8	线偏振模	45
2.4.9	阶跃折射率光纤中的光功率流	48
2.5	单模光纤	49
2.5.1	结构	49
2.5.2	模场直径	49
2.5.3	单模光纤中的传播模	50
2.6	梯度折射率光纤的结构	51
2.7	光纤材料	53
2.7.1	玻璃光纤	53
2.7.2	有源玻璃光纤	54
2.7.3	塑料光纤	54
2.8	光子晶体光纤	54
2.8.1	折射率导引 PCF	55
2.8.2	光子带隙 PCF	56
2.9	光纤制造	56
2.9.1	外部汽相氧化法	57
2.9.2	汽相轴向沉积法	58
2.9.3	改进的化学汽相沉积法	58
2.9.4	等离子体激活化学汽相沉积法	59
2.9.5	光子晶体光纤制造	59
2.10	光纤的机械性能	59
2.11	光缆	63
2.11.1	光缆结构	63
2.11.2	室内光缆	65
2.11.3	室外光缆	65
2.12	光缆铺设方法	66
2.12.1	直埋式铺设	66
2.12.2	光缆牵入管道	68
2.12.3	光缆气吹铺设	68
2.12.4	架空铺设	69
2.12.5	海底铺设	69
2.12.6	行业铺设标准	70

第3章 衰减和色散	79
3.1 衰减	79
3.1.1 衰减单位	79
3.1.2 吸收损耗	80
3.1.3 散射损耗	84
3.1.4 弯曲损耗	85
3.1.5 芯包损耗	87
3.2 光纤中的信号畸变	88
3.2.1 色散概述	88
3.2.2 模式时延	90
3.2.3 色散起因	91
3.2.4 群时延	92
3.2.5 材料色散	93
3.2.6 波导色散	95
3.2.7 单模光纤中的色散	95
3.2.8 偏振模式色散	97
3.3 单模光纤性能	98
3.3.1 折射率分布	98
3.3.2 截止波长	100
3.3.3 色散计算	101
3.3.4 模场直径	103
3.3.5 弯曲损耗	104
3.4 国际标准	105
3.4.1 G.651.1 建议	106
3.4.2 G.652 建议	106
3.4.3 G.653 建议	107
3.4.4 G.654 建议	108
3.4.5 G.655 建议	108
3.4.6 G.656 建议	108
3.4.7 G.657 建议	108
3.5 特种光纤	108
第4章 光源	116
4.1 半导体物理学基础	116
4.1.1 能带	117
4.1.2 本征材料和非本征材料	119
4.1.3 pn 结	120
4.1.4 直接带隙和间接带隙	121
4.1.5 半导体器件的制造	121
4.2 发光二极管(LED)	122
4.2.1 LED 的结构	122

4.2.2	光源材料	124
4.2.3	量子效率和 LED 的功率	127
4.2.4	LED 的调制	130
4.3	半导体激光器	131
4.3.1	半导体激光器的模式和阈值条件	132
4.3.2	半导体激光器的速率方程	137
4.3.3	外量子效率	138
4.3.4	谐振频率	139
4.3.5	半导体激光器结构和辐射场型分布	140
4.3.6	单模激光器	144
4.3.7	半导体激光器的调制	146
4.3.8	激光器线宽	147
4.3.9	外调制	148
4.3.10	温度特性	149
4.4	线路编码	151
4.4.1	NRZ 和 RZ 码	151
4.4.2	分组码	152
4.5	光源的线性特性	152
4.6	可靠性考虑	154
4.7	发射机封装	157
第 5 章	光功率发射和耦合	165
5.1	光源至光纤的功率发射	165
5.1.1	光源的输出分布	165
5.1.2	功率耦合计算	166
5.1.3	发射功率与波长的关系	169
5.1.4	稳态数值孔径	170
5.2	改善耦合的透镜结构	170
5.2.1	非成像微球	171
5.2.2	半导体激光器与光纤的耦合	173
5.3	光纤与光纤的连接	173
5.3.1	机械对准误差	175
5.3.2	光纤相关损耗	179
5.3.3	光纤端面制备	180
5.4	LED 与单模光纤的耦合	181
5.5	光纤接头	182
5.5.1	连接方法	183
5.5.2	单模光纤的连接	184
5.6	光纤连接器	184
5.6.1	连接器的类型	185
5.6.2	单模光纤连接器	188
5.6.3	连接器回波衰减	188

第6章	光检测器	196
6.1	光电二极管的物理原理	196
6.1.1	<i>pin</i> 光电二极管	196
6.1.2	雪崩光电二极管	200
6.2	光检测器噪声	202
6.2.1	噪声源	203
6.2.2	信噪比	205
6.2.3	噪声等效功率	206
6.3	检测器响应时间	207
6.3.1	耗尽层光电流	207
6.3.2	响应时间	208
6.3.3	双异质结光电二极管	210
6.4	雪崩倍增噪声	210
6.5	InGaAs APD 结构	212
6.6	温度对雪崩增益的影响	213
6.7	光检测器比较	214
第7章	光接收机	219
7.1	接收机工作的基本原理	219
7.1.1	数字信号传输	220
7.1.2	误码源	221
7.1.3	前置放大器	223
7.2	数字接收机性能	224
7.2.1	误码率	224
7.2.2	接收机灵敏度	228
7.2.3	量子极限	229
7.3	眼图	230
7.3.1	眼图的特征	230
7.3.2	BER 和 Q 因子测量	232
7.4	突发模式接收机	233
7.5	模拟接收机	235
第8章	数字链路	241
8.1	点到点链路	241
8.1.1	系统考虑	242
8.1.2	链路功率预算	243
8.1.3	展宽时间预算	246
8.1.4	短波长带	249
8.1.5	单模光纤链路的衰减限制距离	250
8.2	功率代价	251
8.2.1	色度色散代价	251
8.2.2	偏振模色散代价	253