

先进



电子技术丛书

3

〔日〕伊贺健一 池上彻彦 荒川泰彦 主编

光开关与光互连

〔日〕行松健一 著

科学出版社

共立出版

先进  电子技术丛书

〔日〕伊贺健一 池上彻彦 荒川泰彦 主编

光开关与光互连

〔日〕行松健一 著
崔敦杰 译

科学出版社 共立出版

2002 北京

图字:01-2001-3718 号

Original Japanese language edition

Sentan Hikari Electronics Series ③ Hikari Switching to Hikari Interconnection
by Ken-ichi Yukimatsu

Copyright © 1998

Published by Kyoritsu Shuppan Co., Ltd.

This Chinese language edition is co-published by
Kyoritsu Shuppan Co., Ltd. and Science Press

Copyright © 2002

All rights reserved

本书中文版版权为科学出版社和共立出版(株)所共有

先端光エレクトロニクス シリーズ 3

光スイッチングと光インターコネクション

行松健一著 共立出版(株) 1998

图书在版编目(CIP)数据

光开关与光互连/(日)行松健一著;崔敦杰译. —北京:科学出版社,2002
(先进光电子技术丛书3)

ISBN 7-03-010331-9

I. 光… II. ①行… ②崔… III. 光电子技术 IV. TN2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 020387 号

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科学出版社 共立出版 出版

北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2002 年 8 月第 一 版 开本: A5(890×1240)

2002 年 8 月第一次印刷 印张: 6 1/2

印数: 1—5 000 字数: 172 000

定 价: 19.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

《先进光电子技术丛书》序

1970年,半导体激光器室温连续振荡的成功和低损耗光纤的实现拉开了光电子时代的序幕。现在主干信息通信网几乎全部都实现了光通信,今后光纤也将进入每个家庭。另外,在存储和显示领域对新的光技术的期望也越来越高,而且期望光技术对计算机技术的发展也有所贡献。在21世纪这个高度信息化的社会中,光技术将起十分重要的作用,对它的发展,人们寄予厚望。

为使希望变成现实,光技术必须要不断地创新和发展。因而,从事光技术的人必须具备两种素质:一是具有在任何时候都能从物理学的角度对光的本质有深入理解的能力;二是具有敢于开辟新领域的开拓精神。为此,就要不断地提高基础知识和基本能力水平,而这种水平要建立在从学术性的基础研究到开发研究,直至应用实践的较宽领域的知识积累之上。

策划编撰本丛书的目的是使那些立志承担21世纪光电子技术发展重任的大学生、企业中的研究人员以及技术工作者,充分掌握要实现光电子最新技术的基础知识及应用知识,并把所掌握的知识有效利用到实际工作中。光电子技术人员往往需要较扎实的基础理论知识与器件技术及系统技术有机结合的广泛知识。本丛书系统地归纳了这些知识,因此通过本丛书的学习可以掌握光电子最前沿的技术。本丛书的另一特点是力求叙述简明,以使非光电子专业的学生或科技工作者也能容易理解;编者在编写本丛书时尽量做到使本丛书系统、完整,自成体系,使之达到不依赖其他参考书也能理解的水平;本丛书中各册的执笔者都是其相应领域中的知名学者。

如果能对飞速发展的光电子的最前沿技术有深刻的了解,那

1-1A46/08

么就能担负起下一次技术创新的使命。本丛书若能对作为 21 世纪信息通信技术支柱的光电子技术的发展有所贡献,编者将不胜荣幸。

编 委

前 言

在当今世界中，被称为“信息”的无形之物广泛地传播着。这种“信息”在独自存在时并无多大价值，但当它在传播中被接收者认识并利用时(按香农(Shannon)等人的说法，熵减少时)，就产生了价值。本书所述的光开关与光互连就与这种“信息”的存储、传输及表示有很大的关系。没有开关和互连的信息社会是不可想像的。“互连”的意思是相互连接，但强调“从何处连往何处”。本书将着重介绍多端点相互连接的最佳方法。“开关”的意思是根据需要切换这种连接。所谓的“切换”含有两层意思：一是变换原先的连接；二是切断原先的连接或切断后再接通。为了将信息正确地传输给需要它的接收者，既需要有信息传输路径，还需要能用开关随意进行切换。

迄今为止，开关和互连问题都被认为是工程学中的重要课题。其中开关问题是交换工程学中的研究热点，并已开发出大规模开关网。随着大规模集成电路技术的发展，以很小的电路和低廉的价格实现了非常复杂的开关功能。关于互连技术，已进行了物理连接技术、布线方法和连接算法理论方面的研究。在计算机科学中，连接算法被当作是与分类网构成法有关的问题进行研究。

本书叙述了利用光技术实现开关和互连功能的方法。利用电子学技术实现开关和互连的方法已显现出局限性，而利用光学方法则有可能开发出高性能、大容量的开关和互连系统。这就促使人们开展对光开关和光互连的研究。然而，就光开关而言，要

达到实际应用还有许多有待解决的课题,世界各国正在积极开展这方面的研究。因此,对于不熟悉光开关和光互连的研究人员和学生来说,重要的是先了解光开关和光互连的重要性,掌握其本质,再在此基础上学习光开关和光互连的基本技术。基于这种考虑,笔者汇集目前这一领域众多学者的工作写成本书,希望能成为这一领域的一本入门工具书起到它应起的作用。

本书主要内容如下:

第1章:在介绍信息网络中开关的作用的同时,介绍各类信息系统的基础知识。希望读者在这一章中能体会开关和互连的重要性,并了解怎样实现和利用它们。

第2章:从概念着手介绍开关功能及基本的开关元件(单个开关),并在此基础上进一步介绍如何构成复杂的开关线路网或系统等问题。一般地说,对信息系统开关的要求是规模大且具有很高的处理能力。在准备用物理方法实现这种开关系统之前,重要的是掌握开关网理论,寻找用最简单的结构实现具有所期望功能的开关系统的方法。作为大规模开关网的例子,本章详细介绍了重选路由型榕树网。

第3章:介绍开关技术。光开关技术有多种,这一章中介绍了各种技术的基础知识与实现方法,重点放在如何实现光开关,尽可能以浅显易懂的方式叙述,并详细介绍了评价各类开关的方法。

第4章:从光互连主要以信息通信系统中的应用为目的这一思路出发,介绍了目前在研究中的各种互连方式。但详细论述光互连的物理实现技术不是本书的任务,对此有兴趣的读者可阅读相关的参考文献。

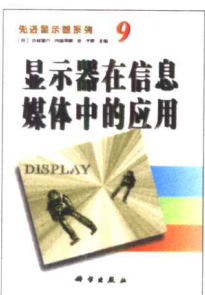
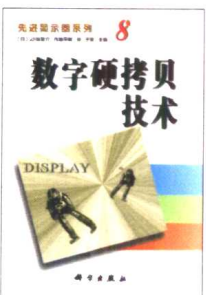
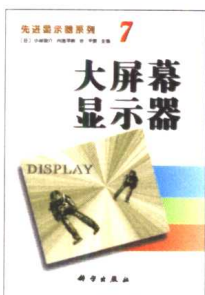
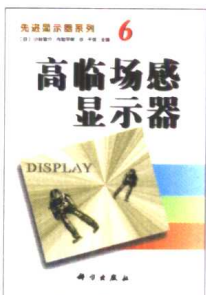
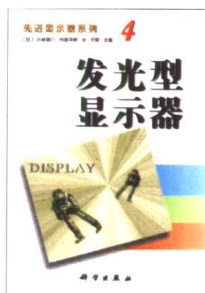
第5章:介绍了实现光开关和光互连时不可缺少的光功能器件的基础知识。在光开关和光互连中,所使用器件的性能决定了全系统的性能。所以即使是系统研究人员,如果没有完全掌握所用器件的性能,也不能开发出有用的系统。详细论述有关器件的书籍很多,为了使本书成为入门工具书,本章列举了大量光器件,讲述了其特性与工作原理。

第6章:介绍实际应用的光开关和光互连的系统,主要以光ATM交换系统的研究工作为例进行说明。该研究的目的是开发无法用电子技术实现的大容量交换系统。但其目的不止于此,而是探索利用数字控制技术充分发挥光特性的前景。这是一种向大课题挑战的研究,希望这种研究方法对读者有所启迪。

在本书的写作过程中,得到了日本电报电话公司(NTT)光互连研究所光网络光开关研究组成员笹山浩二、塚田雅人、平林克彦、叶原敬士、山田义朗、山口正泰、三泽明等诸位先生的协助。至于本书的文责则在于著者本人,望广大读者提出宝贵意见,指出错误,以便今后再版时充实本书的内容。

行松健一

先进显示器系列



预计 2002 年 11 月出版

内 容 简 介

本书是先进光电子技术丛书之3。书中主要阐述了利用光技术实现开关和互连功能的方法。与利用电子技术实现开关和互连的方法相比,利用光学方法可能开发出高性能、大容量的开关和互连系统。

本书汇集了目前开关与互连领域众多学者的工作成果,从开关/互连与光技术、开关的功能,到光开关、光互连、光开关/光互连的基本元件,再到光开关/光互连在信息通信中的应用,由浅入深地阐述了光开关与光互连的理论和技術,并介绍了世界各国正在进行的相关研究与试验,分析了其中存在的问题及光开关与光互连的发展前景。

本书可作为光电子相关专业大学高年级师生、研究生的参考教材,亦可供相关专业研究人员、技术人员参考。

目 录

第 1 章 开关/互连与光技术	1
1.1 信息网络中的开关与互连	1
1.1.1 通信的定义	1
1.1.2 通信网络中开关功能的必要性	1
1.1.3 实现开关功能的方法	3
1.1.4 互 连	5
1.2 电话与互连	5
1.2.1 互成对照的两种通信服务	5
1.2.2 电话网	5
1.2.3 互联网是网络的网络	6
1.2.4 因特网服务的种类	7
1.2.5 因特网的基本思想	8
1.2.6 局域网中的开关技术和 TCP/IP 协议	8
1.2.7 构成局域网的功能部件	9
1.2.8 因特网和电话网的比较	10
1.2.9 从电话网到综合服务数字网	11
1.3 开关方式的现状和存在的问题	12
1.3.1 各种开关方式	12

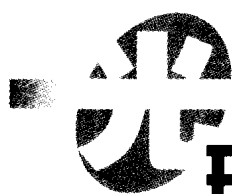
1.3.2	线路交换方式	12
1.3.3	包交换方式	13
1.3.4	ATM 交换方式	14
1.3.5	ATM 开关	16
1.4	对光技术的期望	17
1.4.1	光技术的可能性	17
1.4.2	光技术的作用	19
第 2 章	开关的功能	21
2.1	开关的功能	21
2.2	基本的开关元件	22
2.2.1	门(开/闭)开关	22
2.2.2	纵横开关	23
2.2.3	多值开关(旋转开关)	24
2.3	利用基本开关元件的多端子开关的组成法	25
2.3.1	矩阵开关	25
2.3.2	榕树型开关	29
2.3.3	多级开关线路网	32
2.3.4	广播选择型开关网	33
2.4	开关/开关网的特性评价	35
2.4.1	内部闭塞率	35
2.4.2	吞吐量	36
2.4.3	开关速度	38
2.5	重选路由型榕树网	39

2.5.1	重选路由型榕树网的基本结构	39
2.5.2	网环的布线与路由选择算法	40
2.5.3	路由控制的例子	42
2.5.4	吞吐量特性	44
2.5.5	开关网的扩充	48
第 3 章	光开关技术	51
3.1	前 言	51
3.2	空分型光开关	52
3.2.1	空分型光开关的基本结构	52
3.2.2	单元光开关的具体方式	52
3.2.3	可用来实现单元光开关的物理现象	60
3.2.4	开关特性	67
3.2.5	空分型光开关中的问题	74
3.3	波分多路型光开关	75
3.3.1	波分多路型光开关的意义	75
3.3.2	波长多路开关	76
3.3.3	波分信息高速通道开关	81
3.3.4	波分多路型光开关的特性	83
3.4	时分多路型光开关	84
3.4.1	时分多路型光开关的意义	84
3.4.2	时间多路开关	85
3.4.3	光 ATM 开关	86
3.4.4	用于光 ATM 开关的光器件	91

3.5	自由空间光开关	93
3.5.1	自由空间光学	93
3.5.2	SEED 开关	97
3.5.3	EARS 开关	101
3.5.4	智能像素	102
3.5.5	多级光束位移器型光开关	103
3.5.6	全息型光开关	103
3.5.7	液晶开关	105
第 4 章	光互连	109
4.1	前 言	109
4.2	光互连适用的领域	110
4.3	光互连的基本结构	112
4.4	光互连适用的范围	113
4.4.1	ATM 交换机与计算机	113
4.4.2	光互连的市场预测	114
4.5	光纤型光互连	115
4.6	光底板	118
4.7	自由空间光互连	121
第 5 章	用于光开关/光互连的基本器件	129
5.1	半导体激光器	129
5.1.1	光波导型激光器	129
5.1.2	面发射激光器	130
5.2	光波导	131

5.2.1	石英系列光波导(平面光波导)	131
5.2.2	高分子光波导	133
5.3	数字再现半导体面型光开关	134
5.4	液晶元件	135
5.4.1	向列液晶	135
5.4.2	表面稳定化铁电性液晶	137
5.5	光连接器	138
5.6	波长可调谐激光器	139
5.6.1	分布布拉格反射激光器	139
5.6.2	分布反馈激光器	140
5.6.3	超周期结构衍射光栅(SSG)激光器	141
5.6.4	外部谐振腔型激光器	141
5.7	可调谐滤光器	141
5.7.1	法布里-珀罗干涉型滤光器	141
5.7.2	光栅型滤光器	143
5.7.3	声光(AO)滤光器	145
5.7.4	介质多层膜滤光片	145
5.8	波长稳定器件	145
5.9	波长变换器件	147
5.10	光放大器	149
5.11	光纤阵列	150
5.12	塑料光纤	152
5.13	微光学器件	153
5.13.1	平面微透镜	153

5.13.2	偏振光分束器	154
5.13.3	波长片	154
5.13.4	双折射板	155
5.14	自由空间光束布线用器件	156
5.14.1	全息照相	156
5.14.2	液晶微棱镜阵列	157
5.15	光学器件的比较	158
第 6 章	信息通信系统中的应用	163
6.1	FRONTIER 系统	164
6.1.1	光信元选路由的大容量 ATM 开系统	164
6.1.2	频率路由选择型光 ATM 开关网	165
6.1.3	试制系统的评价	168
6.1.4	走向实用化进程中的课题	170
6.2	对光强起伏适应性强的光信元送收信方式	171
6.3	光与数字控制技术	173
6.3.1	光-电双层结构	173
6.3.2	光高速通道层	174
6.3.3	异步传输方式	174
6.4	利用广播选择型光开关的局域网	175
6.4.1	一对多通信的必要性	175
6.4.2	具有一对多通信功能的局域网	175
6.4.3	SECURECAST 系统	176
索 引		181



第 1 章

开关/互连与光技术

1.1 信息网络中的开关与互连

这一节将介绍信息网络中开关和互连的功能，并简述其结构与实现方法。

1.1.1 通信的定义

通信(telecommunication)，按原意可解释为：“在空间和(and)/或(or)时间上互有距离(tele)的两点或多点间传递信息的行为”。实际应用中有表 1.1 所列的各种通信方式。按其形态分类，有一对一、一对多(多点传送)、多对多(远程会议)等各种形态的通信方式。广义上讲，广播也可以认为是一种通信方式。

表 1.1 按定义对通信进行分类

		空间上的距离	
		近距离	远距离
时间上的间隔	同时	直接(面对面)	电话
	不同时	留言板	电子函件

1.1.2 通信网络中开关功能的必要性

先考虑进行一对一通信的情况。最简单的通信方式是直接连接(如打