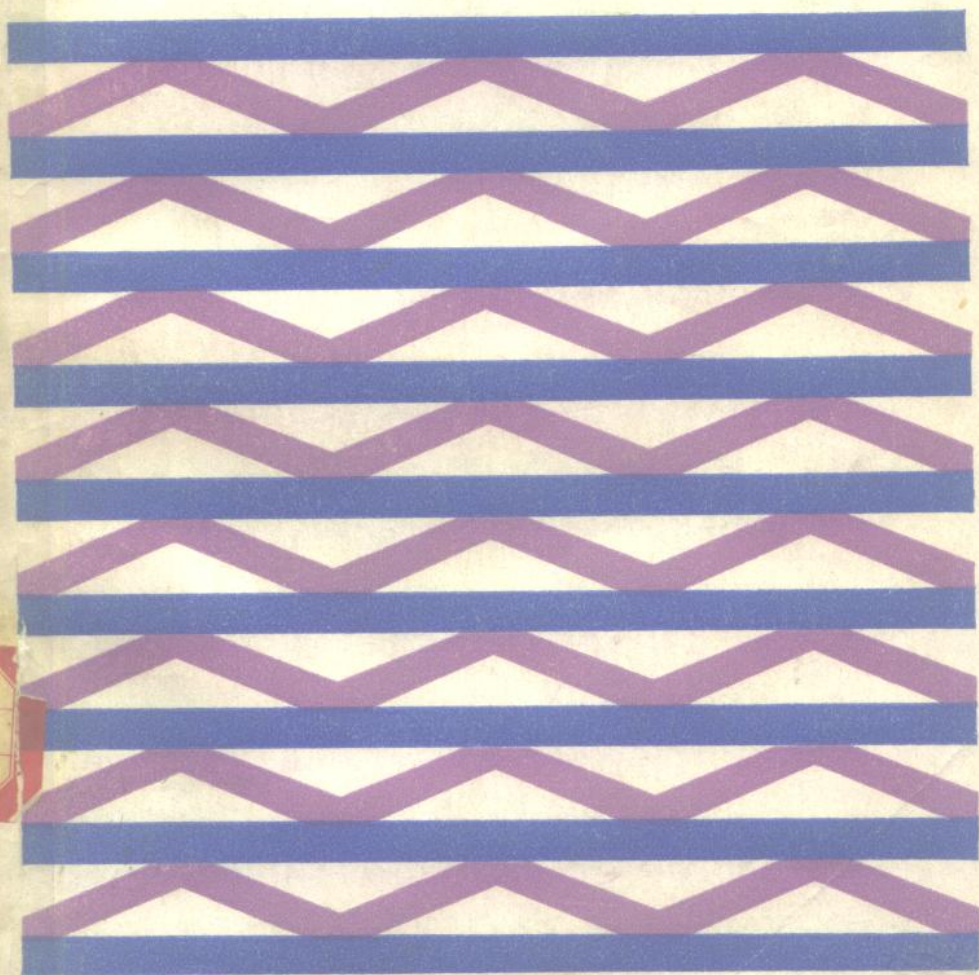


光通信系统



光 通 信 系 统

[日] 机械振兴协会 编

刘时衡 梁民基 译

孟慧姪 岑超南

杨 震 中 校

人 民 邮 电 出 版 社

光コミュニケーションシステム

(財) 機械振興協会 編

1977

日刊工業新聞社

内 容 提 要

本书全面地论述了以光学纤维作为传输介质的光通信系统，同时探讨了未来的发展方向。

全书分两部分：第一部分专门论述光通信系统的技术问题，其中涉及发信装置、传输线路、中继器、调制器、解调器与光路等各个方面；第二部分广泛地探讨了光通信在各种领域的应用问题。

本书可供光通信领域的科技人员和高等院校有关专业的师生阅读，并可作为城市规划、工交系统的工程技术人员参考。

光 通 信 系 统

[日] 机械振兴协会 编

刘时衡 梁民基 译

孟慧娅 岑超南

杨 震 中 校

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

北京印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本：850×1168 1/32

1982年12月第一版

印张：11 24/32 页数：188

1982年12月北京第一次印刷

字数：307 千字

印数：1—4,500 册

统一书号：15045·总2622-有5261

定价：1.75元

原 序

光通信的研究动向

用光作为传输手段来传输各种信息的光通信，是一种前所未有的新技术，具有很多的特征。这种技术，世界各国近年来都在积极进行研究与开拓，并已取得突出的成果。日本由通商产业省、电子技术综合研究所、邮政省、日本电报电话公司及其所属的电气通信研究所、国际电报电话公司、各高等院校的研究机关、电力公司以及大型的电机厂家和电线厂家等通力合作，互相配合，对光通信系统的主要组件——光学纤维和光源以及利用这些组件构成的各种系统进行研制。像日本所特有的以 SELFOC、ETLOF 等*为代表的新型光学纤维及光缆的制造技术，光源用长寿命半导体激光器的制造技术，在世界上都处于领先的地位。由此可见，日本的光通信技术确实属于世界最高水平，即使从工业生产的观点来看，光通信的技术潜力也是难以估量的。

光通信技术今后的发展和光通信工业的奠定

光通信这种具有潜在发展远景的技术，不能只停留在基础性的研究与发展上，还必须尽快纳入社会的实用领域。日本在光通信技术的实用化上尚需克服不少的困难，其中之一是技术本身所存在的问题。无论是在半导体激光器、光学纤维、光检测器所用组件的研制阶段，或者是在光通信系统的组成阶段，未知的因素都是非常多的，不能全按传统的方式来处理。

第二个问题是，历来日本的技术发展，多是利用欧美各国已达

* 日本研制的两种光学纤维的商品名称。——译注

到某种水平的研究成果来完成的，而光通信技术的情况恰恰与此相反，日本在世界上占有领先地位，无处借鉴。一般地说，在技术实用化阶段，最重要的一点，同时，也是最困难的一点是要努力把在基础阶段发展起来的技术知识与社会需要互相结合起来。在日本，重视这种努力的只是个别例外情况，对大部分的技术往往是被忽视的。在这种知识与需要相互结合的问题上，日本也应利用各个先进国家的成果。不过，要在认识开始萌芽之际，使日本已经领先的光通信技术进一步发展，开花结果，就必须对这种知识与需要的相互结合上亲自进行探索。

从发展自主技术和加强国际竞争能力的观点来看，光通信技术的知识与需要相互结合的探讨工作必须尽早着手进行。在采用新技术进行新产品工业生产的商品竞争中，先行者所享受到的“先行者利益”非常大，这样的例子不胜枚举（为了巩固日本在低速发展时期的知识密集型工业体制，进一步增强出口能力，必须尽早发现或积极创造出适用光通信技术的应用领域）。

第三个问题是光通信技术对社会影响的大小程度。也就是说，由于光通信技术的实际应用，已经奠定与传统通信截然不同的全新的通信概念。其结果甚至会使所谓的人类社会组织发生新的变化，对将来的生活方式、工业结构、社会体制等都有可能产生不小的影响。

本书的背景——调查研究与出版的经过

1975年12月，日本机械振兴协会在通商产业省的指导下和在日本自行车振兴协会的帮助下，邀请各界知名人士共十一人组成“光通信系统调研专门委员会”（以下简称“调研专门委员会”）。该调研专门委员会下设两个调研小组（技术动向调研小组和应用动向调研小组），对有关光通信的技术知识与应用需要进行调查研究。这种有关光通信的正式调查研究，是初次的尝试。即使从上述的日本光通信技术的现状来考虑，这种调研确实也是非常合乎时宜的。

历时七个月的认真探讨和工作的部分成果，即使尚未公开发

表，但已得到学术界和产业界的好评，人们强烈希望能把这次大规模的调研成果刊行出版。为满足这一要求，在协会内部设置“光通信研究会”，重新整理“调查专门委员会”的全部成果，并在此基础上，编辑出这本适合一般读者阅读的书籍。为了缩小飞速发展的光通信技术与现状的差距，应努力使本书尽快出版。因此，本书与同类书籍相比，编辑时间显得更加仓促，不妥之处想必不少，请读者了解原因予以谅解。

结 束 语

如上所述，本书的目的在于将光通信作为一门科学技术和工业技术加以总结和普及，进而使其能完成新的社会组织的中心职能。其内容是否完全合乎要求，目前尚难评价，不过，可以深信本书确实具有一定的意义。光通信的下一步，首先是要以某种规模对本书所提到的系统进行实际试制，从各方面探讨其在实际使用中的优缺点，然后再把所探讨的结果反映到下一个系统的设计中去。本书如能对这种试验起到一定的参考作用，将不胜欣慰之至。

本书由日本机械振兴协会下属的“光通信研究会”负责编辑。
“光通信研究会”的组成人员名单如下：

委员长	神山雅英	东京大学名誉教授
委 员	田中昭二	东京大学工学院教授
委 员	櫻井健二郎	电子技术综合研究所 电子电波部部长
委 员	石原 聰	电子技术综合研究所 光电子学研究室
委 员	铃本 健	通商产业省机械情报产业局 电子机器电机科科长 (1977年5月1日以前)
委 员	小林久雄	同 上 (1977年5月1日以后)

委 员 阿部新七 机械振兴协会常务理事

神山雅英

1977 年 7 月 1 日

* 原书附有个人及公司名称，译文从略。——译者注

目 录

绪论	1
1. 引言	1
2. 光通信的分类	2
3. 光通信的信息传输容量	2
4. 光通信系统的结构	3
5. 光通信系统的需要性	3
6. 光通信概念的扩展	4
7. 光通信技术的发展动向	5
8. 本书的结构	7
9. 结束语	8

第一部分 光通信技术

第一章 光与通信	12
1.1 引言	12
1.2 光传输方式的特点和其他有关问题	13
1.2.1 光传输方式的特点和适用对象	13
1.2.2 光传输方式的有关问题	14
1.3 通信系统	16
1.3.1 通信系统的组成条件及其分类	16
1.3.2 通信系统的组成要素	20
1.3.3 终端装置	22
1.3.4 通信系统的网络结构	27
1.4 小结	29
第二章 发信装置	30

2.1	引言	30
2.2	发信装置概要	30
2.2.1	发信装置的结构	30
2.2.2	光通信用光源及其应有的特性	31
2.3	光通信用光源的原理	35
2.3.1	半导体的发光与发光二极管	35
2.3.2	半导体激光器	37
2.3.3	半导体光源的直接调制	39
2.4	光通信用光源的现状	42
2.4.1	0.85微米波段的光源	43
2.4.2	发光二极管与激光二极管的直接调制特性	52
2.4.3	1.05微米、1.3微米波段的半导体光源	53
2.4.4	长波段用的固体激光器和气体激光器	56
2.4.5	发信装置的现状	56
2.5	发信装置的发展动向	59
2.5.1	通信光源的激光二极管的研制	59
2.5.2	集成光路	62
2.6	小结	65
第三章	光传输线路	71
3.1	引言	71
3.2	光纤传输线路的原理	73
3.3	光纤传输线路的制备方法	78
3.3.1	石英玻璃系光纤的制备方法	79
3.3.2	多组份玻璃系光纤的制备方法	80
3.3.3	复合材料系光纤的制备方法	82
3.4	各种光纤的发展现状	82
3.4.1	石英玻璃系折射率间断分布型多模光纤	82
3.4.2	多组份玻璃系折射率间断分布型多模光纤	84
3.4.3	复合材料系折射率间断分布型多模光纤	84
3.4.4	石英玻璃系折射率连续分布型多模光纤	85

3.4.5	多组份玻璃系折射率连续分布型多模光纤	85
3.4.6	单模光纤	86
3.4.7	其他的光纤	86
3.4.8	各种光纤的技术现状总结	88
3.4.9	光纤传输特性的测量方法及其数据的评价	89
3.5	外围技术的现状	92
3.5.1	光纤的接续技术	92
3.5.2	成缆技术	94
3.6	小结	98
第四章	中继装置	101
4.1	引言	101
4.1.1	中继器的必要性及其用途	101
4.1.2	中继器的分类	101
4.2	电子中继器的原理	103
4.2.1	数字式电子中继器的原理	103
4.2.2	模拟式电子中继器的原理	104
4.2.3	适用界限(中继间隔)	105
4.3	电子中继器的现状	108
4.3.1	6.3兆比/秒中继器	108
4.3.2	32兆比/秒中继器(发光二极管)	109
4.3.3	50兆比/秒中继器	112
4.3.4	50兆比/秒脉码调制速度适应型中继器	113
4.3.5	100兆比/秒双值AMI码脉码调制中继器	114
4.3.6	100兆比/秒脉码调制中继器	116
4.3.7	273兆比/秒中继器	117
4.3.8	400兆比/秒中继器	117
4.3.9	另一种400兆比/秒中继器	120
4.3.10	1000兆比/秒中继器	120
4.3.11	彩色电视调频中继器	122
4.4	各种中继器的比较	123
4.5	小结	128

第五章 调制装置	131
5.1 引言	131
5.2 调制器概要	132
5.3 体电光调制器	133
5.3.1 电光效应	133
5.3.2 电光材料	134
5.3.3 电光调制器的原理	136
5.3.4 调制器设计需要考虑的一般事项	140
5.3.5 各种电光调制器的结构	142
5.4 体磁光调制器	146
5.4.1 磁光效应	146
5.4.2 磁光材料	146
5.4.3 磁光调制器	146
5.5 体声光调制器	147
5.5.1 声光效应	147
5.5.2 声光材料	147
5.5.3 声光调制器	148
5.6 波导型调制器	149
5.6.1 采用强电介质晶体的波导型光调制器	150
5.6.2 采用半导体的波导型调制器	152
5.6.3 其他的波导型调制器	154
5.7 小结	154
第六章 解调装置	156
6.1 引言	156
6.2 解调器概要	156
6.2.1 直接检波方式	157
6.2.2 光外差式检波方式	158
6.3 光电倍增管	158
6.4 光电二极管	161
6.5 雪崩光电二极管	166

6.6	光电导型光检测器	170
6.7	波导型光检测器	172
6.8	小结	172
第七章	光路	175
7.1	引言	175
7.2	光波导	175
7.2.1	平面型光波导	175
7.2.2	条型光波导	178
7.2.3	光波导的制法	179
7.2.4	光波导的超精度加工	182
7.3	定向耦合器和光开关	184
7.4	分支光路	185
7.5	滤波器	186
7.6	元件间耦合器	188
7.7	其他的光路元件	189
7.8	小结	190
第八章	今后技术发展的研究课题	192
8.1	引言	192
8.2	发信装置	192
8.3	传输线路	194
8.4	调制器	196
8.5	解调器	196
8.6	中继装置	197
8.7	光路	197
8.8	小结	198

第二部分 光通信的应用

第九章	光通信系统的适用领域	200
9.1	引言	200

9.2 考察的着眼点	200
9.3 适用领域(Ⅰ)	201
9.3.1 对通信网的需要及其技术动向	201
9.3.2 通信网的现状及其对光纤传输的潜在需要	205
9.4 适用领域(Ⅱ)	221
9.4.1 电力部门	223
9.4.2 钢铁部门	234
9.4.3 化学工厂	241
9.4.4 其他制造工厂	245
9.4.5 矿业	246
9.4.6 农、林、渔业	247
9.4.7 城市、地区、大厦和住宅	247
9.4.8 医疗部门	258
9.4.9 科研、教育、文化、娱乐	264
9.4.10 移动体与交通系统	268
9.4.11 商业部门	274
9.4.12 公众通信	275
9.4.13 国防部门	279
9.4.14 宇宙通信	281
9.4.15 电子计算机	282
9.5 考察结果的归纳	291
9.6 小结	291
第十章 光通信系统的概念设计	297
10.1 引言	297
10.1.1 概念设计的定义	297
10.1.2 概念设计的步骤	297
10.2 工业用计量控制系统	299
10.2.1 概念	299
10.2.2 功能	299
10.2.3 概念设计	301
10.2.4 综合评价和需要估计	304

10.3 高可靠性远距离通信系统	306
10.3.1 概念	306
10.3.2 功能	309
10.3.3 概念设计	310
10.3.4 综合评价和需要估计	317
10.4 多功能大厦信息系统	320
10.4.1 概念	320
10.4.2 功能	320
10.4.3 概念设计	322
10.4.4 综合评价和需要估计	329
10.5 研究发展计划	330
10.5.1 研究发展项目	331
10.5.2 研究发展计划	334
10.6 小结	335
第十一章 光通信系统影响的预测与评价	336
11.1 引言	336
11.2 影响的预测与评价	341
11.3 安全性	342
11.3.1 激光的危害	342
11.3.2 对生物的影响	342
11.3.3 安全标准	345
11.4 经济性	348
11.5 与法律的关系	353
11.6 小结	354
终论	354
1. 为发展光通信技术所做的努力	354
2. 光通信技术的革命意义	355
3. 光通信与信息技术	356
4. 光通信与社会	357

5. 光通信的正确发展途径	358
6. 光通信的发展趋向	358
7. 为光通信实用化所做的努力	360

绪 论

1. 引 言

梅曼在 1960 年发明的激光器,直到今天对当代的科学技术 仍有着巨大影响。看来,激光在未来所产生的实际技术成果,会超出我们的设想。激光的应用范围非常广泛,涉及到信息、能量和材料性质等许多方面,要想弄清它的本质是颇为困难的。

在应用范围如此广泛的激光技术中,“光通信”很早就是引人入胜的一个技术领域,推动人们去探索,当前正在非常稳妥地逐步接近实用,已展示出广阔的前景。这种说法,大家一定会异口同声地表示赞同。如图 1 和图 2 所示,用于信息载波的振荡器和作为信息传输介质的线路,这些为通信所必需的基本部件近年来正在迅速地发展。这就是说,作为振荡源的长寿命半导体激光器已临近实用化(图 1);作为传输线路的超低损耗的光学纤维(简称光纤,下文同)已经制成(图 2)。以此为契机,再加上这两者具有最佳性能的波段又碰巧符合一致,于是光通信的研制工作就迅速而蓬勃地开展起来。

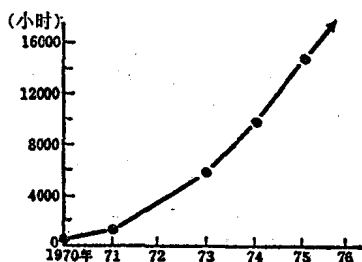


图 1 半导体激光器寿命的改进
(皆指当时的最佳结果)

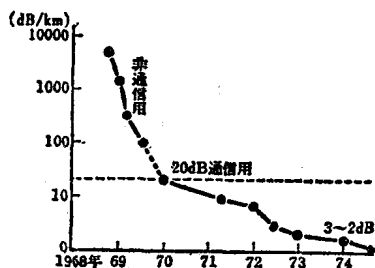


图 2 光学纤维低损耗化的进展
(皆指当时的最佳结果)

2. 光通信的分类

光也是一种电磁波。用这种电磁波作为传输信息的载体进行的通信称为光通信。所以，光通信也和传统的电气通信一样，可以分为无线通信和有线通信两种方式。如前所述，由于研制出传光性能极其优良的光纤，光纤通信方式现时已成为光通信的主流。应当指出，无线通信的应用今后会日益扩大。因此，根据通信的目的和利用方式，作为未来无线通信频率不足的备用手段，自由空间传输方式的光通信也不失为一项重要的技术。不过，要事先加以说明的是，本书内容只限于专门论述光纤通信。此外，作为载波的光波不仅可用激光一类的相干电磁波，也可用象普通光那样的非相干光波。如果符合使用的目的，后者当然存在着更加有效和更加现实的一面。因此，在本书论述的光通信中，载波振荡源自然要着重考虑激光二极管(LD)，同时也不忽视发光二极管(LED)。

3. 光通信的信息传输容量

最近数年在技术上的巨大变化，就在于力图解决能源和空间的受限问题。在光通信中，由于激光的出现，克服了历来在通信技术中经常碰到的频率有限的障碍。频率基本上不受限制，对于通信技术来说，无疑地是带有革命意义的。显然，在以相干光即激光为载波，以单模光纤为传输线路的情况下，最能说明这种原理的可行性。这就是说，激光频率为现有的超多路通信微波载波频率的1000多倍，从频率的角度来看，所能携带的信息量也会高出微波的1000倍。其次，作为传输线路的回路，其横截面积的径度基本上与波长属于同一数量级，不到微波的 $1/1000^2$ 。除此以外，如果考虑到载波的多路复用和由偏振面取得的多路复用，则通信容量还可增大100倍左右。在缆截面相等的条件下，光通信的容量会达到微波通信的一千万倍乃至十亿倍。光通信有可能成为超超宽频带的“神话式的通信技术”的原理就在于此。当然，在当前的光学技术条件下，象