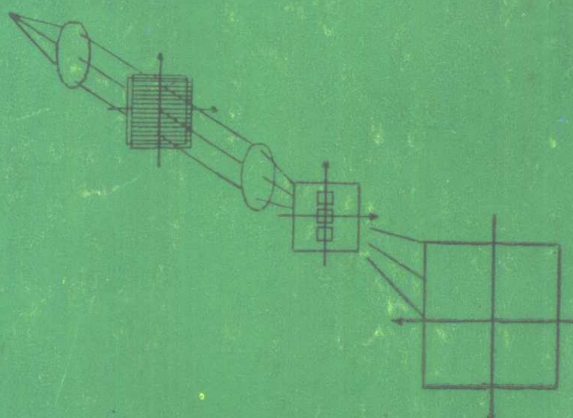


光学信息处理

[美] 杨振寰 著
母国光 羊国光 庄松林 译



南开大学出版社

光学信息处理

〔美〕杨振寰 著

母国光 羊国光 庄松林 译

南开大学出版社

1986·天津

光学信息处理

〔美〕杨振寰 著

母国光 羊国光 庄松林 译

南开大学出版社出版
(天津八里台南开大学校内)
新华书店天津发行所发行
长春新华印刷厂排版
天津牛家牌印刷厂印刷

1986年1月第1版 1986年1月第1次印刷
开本 850×1168 1/32 印张: 20.375 插页6
字数: 506千 印数: 3,000
统一书号: 13301·4 定价: 平 4.15元
精 5.10元

内 容 简 介

光学信息处理是光学中一门新兴学科，是信息科学和现代光学的重要组成部分。

本书译自美国1983年出版的系统阐述光学信息处理和全息术的著名专著，内容包括衍射、相干等方面基础理论，光学系统的傅里叶性质及相干光学处理，非相干光学处理，全息术及彩虹全息的理论和应用等，本书取材新颖，反映了当前这一学科的前沿与趋向。

本书可作为高校有关专业的教师、大学生、研究生的教学用书，也可供从事光学科学的科研人员及对光学信息科学有兴趣的各级科技人员参考。

译 者 的 话

光学信息处理与全息照相术在近十年来得到了迅速的发展。这使得过去在这个领域内出版的著作，随着时间的推移而落后于当前的发展。杨振寰教授的这本书对光学信息处理与全息照相术当代的发展作了全面综合的论述，弥补了这方面的不足。现在我们把它的译成中文，以期对我国的光学信息处理与全息照相术的发展有所帮助。

杨振寰教授出生于福建省，早年随家庭迁居菲律宾。后到美国留学，在美国密西根大学获博士学位。现为美国宾夕伐尼亚州立大学电气与计算机工程系教授。他在光学信息处理与全息术方面作了大量的研究工作，迄今已发表了一百七十多篇论文，出版了四部专著。特别对白光信息处理与彩虹全息术作出了突出的贡献。一九八三年他荣获宾州大学杰出研究教授奖，他是美国光学学会荣誉会员。

杨振寰教授热爱中国，曾多次回国讲学。他是南开大学与上海交通大学的名誉教授。这次又给我们提供了新出版的书，并为中译本写了序言，在此表示深切感谢。

本书由母国光译六、七章，羊国光译八、十、十一、十二、十三、十四章，庄松林译一、二、三、四、五、九章。母国光校阅了八、十、十一、十二、十三、十四章，羊国光校阅了一、二、三、四、五、六、七、九章。对于原文中的一些明显错误，在中译本中大都作了改正。为了使中译本更易于阅读，对某些段落作了重新组织。由于水平所限，译文中不当之处，希读者批评指正。

英文版序言

波前再现技术是盖伯 (D. Gabor) 大约在三十年前构想出来的, 这最终使他在1970年获得了诺贝尔奖金。然而, 利思 (E. N. Leith) 与乌帕特尼克斯 (J. Upatnieks) 的空间载波的概念才使得在1962年首次得到了高质量的全息象。在利思与乌帕特尼克斯重新发现全息照相术的几年之前, 卡充那 (L. J. Cutrona) 等已着手了用光作光学数据处理的研究。之后在1963年范德拉格特 (A. Vander Lugt) 的复数空间滤波的概念使光学信息处理进入了一个广泛应用的阶段。从此以后这些应用又促进了光学处理与电气工程的更深入的结合。这种蓬勃发展的趋势一直持续着, 这不仅是由于光学系统能够完成某些复数运算, 而且还由于基本的光学理论相类似于输入-输出系统的概念。因为工程应用的需要, 十年前我写了一本名为《衍射, 信息处理与全息照相术引论》的书。它取材于我上课用的讲义。由于这个领域的飞速发展, 这本书很快地就落后于当前的研究了。为了弥补这个差距, 我把它修订为新的教科书, 删去了我现在认为无关紧要的几节, 而增加了约50%的新材料。这个修订本包括了白光光学处理、彩虹全息照相术及光学信息处理的新技术与应用的最近的研究工作。

本教科书的目的在于给学生提供现代光学信息处理的基本的与广泛的背景材料, 以作为适于当前潮流的最新教科书。本书也可为有兴趣的物理学家与技术人员所用。本书包含三个主要专题——衍射、信息处理与全息照相术。第一部分是作为基础而编写的, 特别是为不熟悉衍射的基本概念的读者而写的。这一部分的

内容与在这些章节后面给出的著名教科书包含了相同的材料。第二与第三部分是本书的主体，其中大部分材料取自新近发表的文章。

在本书的大部分我采用基元点的概念（脉冲响应）与线性系统理论进行分析。用这个方法有两个主要理由：

1. 它简化了分析方法，使得能够实际计算问题的解。
2. 电气工程师对脉冲响应与线性系统理论较为熟悉。

本书和另外的几个专题报告合在一起是在宾州州立大学讲授五个月课(two-quarter courses)的光学信息处理课程的教材。听课的是高年级学生及第一年的研究生。我觉得有可能在五个月内教完整本书。如增加一些材料，也可用作两个学期课(two-semester course)的教科书。应强调指出，本书并不企图包括光学信息处理的广阔的范围，而只局限于我认为具有实际重要性的那些领域。

考虑到这个领域有大量的论文作者，在本书的各部分有可能疏忽一些参考文献，对此表示歉意。在这方面要特别提到M. 玻恩与E. 沃尔夫的卓越著作《光学原理》。

我要对已故的顿(Dr. H. K. Dunn)博士在我准备第一部原稿时给予的鼓励、批评和巨大的帮助表示感谢。我还要感谢这个领域的许多杰出的研究与论文的作者，特别要提到卡充那教授与利思教授。我还要对下列人员表示谢意：赵天欣，丹麦克(M. S. Dymek)，路德布许(P. H. Ruterbusch)与庄松林的卓越的研究工作和大部分原稿的校阅；陈信祥花费了许多宝贵时间绘制图表；威廉斯(Kim Williams)与贝蓝特(Karen Penland)小姐为手稿打字。我感谢我的学生的持之以恒的兴趣、热情和主动精神，没有他们的鼓励，这本书是不能完成的。最后感谢我的夫人露西

(Lucy) 与孩子彼得(Peter)、安(Ann)、爱德华 (Edward) 的深厚的情爱、耐心与理解。

杨振寰

1982年10月

于大学园，宾夕伐尼亚

为中译本写的序

我十分高兴地获悉我著的《光学信息处理》一书将译成中文并由我任客座教授的南开大学的出版社出版。我希望本书能对中国在光学信息处理方面的教学和研究工作起到一定的推动作用。

光学信息处理是光学中一门新兴的前沿科学，是信息科学的一个重要组成部分，也是现代光学的核心，它的迅速发展和广泛应用已引起普遍的重视并产生了深远的影响。我编写本书旨在将这一领域内的一些最新材料加以系统的阐述，并力图反映出光学信息处理方面的最新进展，因此本书不仅可为有关科、系的高年级大学生和一、二年级的研究生所用，同时也希望能为在这一领域或相近领域工作的科学工作者提供一本较新、较全面的参考书。

本书的十四章内容可概括分成四个部分：第一到第五章主要是关于衍射、相干理论和记录介质等属于这个领域内的基础理论；第六和第七章是关于光学系统的傅里叶性质及相干光学处理；第八和第九章是非相干光学处理及白光图象处理；第十到第十四章是关于全息术及彩虹全息的理论和应用。全书采用线性系统理论来进行阐述，这比较容易为读者理解且计算方便。

我曾四次访问中国，在南开大学、上海交大和北京工业学院曾作过一些演讲，这些演讲的内容都可以在本书中找到。

本书的译者母国光、羊国光、庄松林三位先生，在1980年到1983年期间先后都曾与我在美合作，并共同发表过论文，现在又承蒙他们三位将我著的《光学信息处理》一书翻译成中文出版，

这可以说是我们的再度合作，在此我对他们三位在翻译本书过程中所作的努力深表感谢。同时，愿意借此机会对我历次访问中国时热情接待我的王大珩教授等中国科学界的同事表示感谢。

本书中的内容难免有疏漏或不妥之处，望海内外专家、同行予以指正。

楊振寰
J. Z. S. Jr.
Sept. 1, 1984

目 录

第 一 章 线性系统理论和傅里叶变换	(1)
1.1 从物理观点研究线性系统	(1)
1.2 傅里叶变换及空间频谱	(3)
1.3 傅里叶变换的性质	(7)
1.4 线性空间不变系统的响应	(14)
1.5 用匹配滤波方法检测信号	(15)
习 题	(18)
参考文献	(22)
第 二 章 衍射导论	(23)
2.1 概况	(23)
2.2 夫琅和费及菲涅耳衍射	(24)
2.3 多孔径的夫琅和费衍射	(26)
2.4 双孔径的特殊情形	(32)
2.5 互易定理	(35)
2.6 惠更斯原理	(36)
2.7 光的标量场处理	(37)
2.8 基尔霍夫积分	(39)
2.9 巴比涅定理	(47)
习 题	(48)
参考文献	(50)
第 三 章 夫琅和费及菲涅耳衍射	(52)
3.1 夫琅和费衍射	(52)

3.2	夫琅和费衍射中的傅里叶变换	(55)
3.3	夫琅和费衍射的例子	(56)
3.4	菲涅耳衍射	(64)
3.5	菲涅耳波带片	(80)
3.6	瑞利极限及阿贝正弦条件	(83)
3.7	菲涅耳-基尔霍夫理论	(88)
	习 题	(90)
	参考文献	(96)
第 四 章	部分相干理论	(97)
4.1	互相干的一般概念	(97)
4.2	互相干函数	(102)
4.3	互相干函数的传播	(104)
4.4	对互相干性的某些物理限制	(109)
	习 题	(111)
	参考文献	(114)
第 五 章	记录材料的基本特性	(115)
5.1	用作记录介质的照相胶片	(115)
5.2	马尔可夫照相噪声	(121)
5.3	T-E 曲线的分类	(127)
5.4	胶片颗粒噪声模型及测量技术	(137)
5.5	重铬酸明胶片	(146)
5.6	实时记录介质	(151)
	习 题	(161)
	参考文献	(164)
第 六 章	透镜的傅里叶变换性质和光学信息处理	(168)
6.1	透镜的位相变换	(169)
6.2	透镜的傅里叶变换性质	(174)
6.3	光学图象的形成	(180)

6.4	基本的非相干光学信息处理系统·····	(185)
6.5	相干光学信息处理系统·····	(187)
6.6	相干光学复空间滤波·····	(196)
6.7	用面积调制作相干光学频谱分析·····	(207)
6.8	用梅林变换作光学相关·····	(212)
习 题	·····	(215)
参考文献	·····	(225)
第 七 章	相干光学处理的技术和应用·····	(228)
7.1	模糊的照相图象的恢复·····	(229)
7.2	综合孔径雷达·····	(235)
7.3	宽带信号的光学处理·····	(243)
7.4	同步双通道光学频谱分析器·····	(251)
7.5	用面积调制作宽带频谱分析·····	(253)
7.6	通过半色调屏的非线性处理·····	(260)
7.7	利用胶片的非线性作对数滤波·····	(267)
7.8	借助预白化的最佳信号检测·····	(277)
7.9	空间可变处理·····	(284)
7.10	超声血流的频谱分析·····	(290)
习 题	·····	(296)
参考文献	·····	(304)
第 八 章	用非相干光源的光学处理·····	(308)
8.1	白光光学信息处理技术·····	(309)
8.2	用白光源的图象滤波·····	(315)
8.3	多重象的产生·····	(316)
8.4	模糊图象的消模糊·····	(320)
8.5	图象相减·····	(330)
8.6	部分相干光处理的光源编码·····	(341)
8.7	光学信息平行处理·····	(350)

习 题.....	(359)
参考文献.....	(365)
第 九 章 非相干多色光学处理.....	(366)
9.1 彩色胶片资料存贮.....	(366)
9.2 褪色片的彩色增强.....	(372)
9.3 用半色调屏的密度假彩色编码.....	(376)
9.4 用对比度反转进行密度假彩色编码.....	(380)
9.5 实时假彩色编码.....	(385)
9.6 纯位相物的彩色编码.....	(391)
9.7 彩色象的消模糊.....	(398)
9.8 彩色象相减.....	(402)
习 题	(406)
参考文献	(410)
第 十 章 全息照相术引论.....	(412)
10.1 波前的建立和再现.....	(413)
10.2 全息照相的放大率.....	(426)
10.3 分辨率极限.....	(436)
10.4 带宽的要求.....	(441)
10.5 全息象差.....	(448)
10.6 空间非相干光全息照相.....	(452)
10.7 反射全息照相术.....	(456)
10.8 用白光处理方法产生彩色全息象.....	(463)
10.9 用白光处理技术从相干散斑中恢复彩色象.....	(468)
习 题.....	(471)
参考文献.....	(477)
第十一章 非线性全息图的分析.....	(481)
11.1 有限点的分析.....	(481)
11.2 离轴非线性全息图.....	(487)

11.3	伪畸变.....	(493)
11.4	乳胶厚度的变化对波前再现的影响.....	(495)
11.5	全息照相术中的线性最佳化.....	(504)
11.6	用最佳非线性空间滤波的信号检测分析.....	(515)
11.7	用随机空间抽样减弱散斑.....	(519)
	习 题.....	(524)
	参考文献.....	(529)
第十二章	彩虹全息照相术.....	(531)
12.1	彩虹全息过程.....	(532)
12.2	一步彩虹全息图.....	(534)
12.3	彩色全息象的产生.....	(538)
12.4	高分辨率彩虹全息照相术.....	(540)
12.5	彩虹全息图的分辨率与色模糊.....	(546)
12.6	深度象彩虹全息图的产生.....	(557)
12.7	多重彩虹全息图.....	(561)
	习 题.....	(565)
	参考文献.....	(571)
第十三章	全息照相术的应用.....	(573)
13.1	显微波前再现.....	(573)
13.2	多次曝光全息干涉计量术.....	(575)
13.3	时间平均全息干涉术.....	(578)
13.4	等值线的产生.....	(580)
13.5	通过随机扰动介质成象.....	(583)
13.6	通过随机扰动介质的相干光学目标识别.....	(588)
13.7	用白光处理技术对全息条纹图样的彩色编码.....	(592)
13.8	对实全息象作等高线.....	(600)
	参考文献.....	(606)
第十四章	彩虹全息的应用.....	(608)

14.1	彩虹全息干涉术.....	(609)
14.2	多波长彩虹全息干涉术.....	(612)
14.3	多缝彩虹全息术.....	(617)
14.4	用一步彩虹全息技术产生等高线.....	(619)
14.5	用彩虹全息术过程作彩色胶片的档案存贮.....	(621)
14.6	经空间滤波的假彩色全息成象.....	(626)
14.7	多缝假彩色编码彩虹全息图.....	(631)
14.8	结论.....	(634)
	参考文献.....	(636)

第一章 线性系统理论和傅里叶变换

众所周知，光学系统与四端网络系统有着相似之处。例如，任何光学透镜都可以很简单地用一个四端网络模型来表示，因此线性系统理论在现代相干光系统的分析中占有很重要的地位。原因至少有两个：其一，现代光学中大量的实际问题可认为是线性的，至少在某些特定的范围内是如此；其次，已经有标准的方法可以求得线性光学问题的精确解。

尽管已有一些切实可行的方法，包括图解法和实验法可解决非线性光学问题，但除了极少数特例外尚未有常规的方法。在解决非线性问题时一般需用近似法，同时每个具体问题需要用特定的方法进行分析研究。幸好，大量的光学问题是线性的，并且一般说来是可解的。必须强调指出，没有一个光学系统是严格线性的，总是在一定的限制下系统才能线性化。

由于线性系统的数学处理比较简单，所以本章的目的是将线性分析所采用的一些数学工具作一大致的回顾。应当指出，本章所给出的数学推导远非是严谨的而只是介绍性的。同时，由于光学信息处理问题一般是二维的，因而本章给出的数学推导仅限于二维的情况。

1.1 从物理观点研究线性系统

通常可用输入信号和输出响应之间的关系来描述一个物理系统的特性（图1.1），其中输入和响应均为可测物理量。设系统的