

普通高等教育规划教材

第2版

傅里叶光学

FOURIER OPTICS

◆ 吕乃光 编著

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



0438

9

普通高等教育规划教材

傅里叶光学

第 2 版

吕乃光 编著



机械工业出版社

本书系统地阐述了傅里叶光学即信息光学的基础理论和主要应用。全书共9章。第1、2章为二维傅里叶分析和线性系统理论。第3~6章运用线性系统理论讨论光的传播、衍射、经透镜的傅里叶变换、光学系统成像的频率特性和部分相干场的传播特性。第7~9章是光学全息、光学信息处理和激光散斑技术的基本原理和应用。

本书内容丰富,不仅系统介绍了基础理论,又广泛讨论了信息光学领域学科的发展和应用。全书基本概念和物理图像清晰,尤为注重基本物理思想及分析方法的讨论。内容深入浅出,循序渐进。各章精选了习题,便于教学和自学,有益于培养学生的创新思维。本书是在第1版的基础上修订而成的。保持了原书的精华和特色,重点补充了光全息存储和光学信息处理技术发展的内容。

本书可作为高等学校“光信息科学与技术”、“光学”、“光电子技术”、“光电信息工程”、“应用物理”、“测控技术与仪器”、“光学工程”等专业高年级本科生和研究生的教材,也可供从事光信息技术领域的科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

傅里叶光学/吕乃光编著. —2版. —北京:机械工业出版社, 2006.3

普通高等教育规划教材

ISBN 7-111-18480-7

I. 傅... II. 吕... III. 傅里叶光学-高等学校-教材 IV. 0438.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第008670号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:韩雪清

责任编辑:卢若薇 版式设计:霍永明 责任校对:李秋荣

封面设计:毕月月 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷

2006年4月第2版第1次印刷

1000mm×1400mm B5·12.375印张·480千字

定价:30.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

编辑热线:(010)88379711

封面无防伪标均为盗版

第1版前言

本书是根据高等学校光学仪器专业和光学专业《傅里叶光学》教学大纲编写的。全书共九章。第一、二章是傅里叶分析和线性系统理论,为在光学中借鉴通信理论中常用的分析方法建立了必要的数学基础。第三、四、五章运用空间和频率域方法讨论了光波携带信息在自由空间或经过光学系统的传播问题,以及透镜的傅里叶变换性质。第六章为部分相干理论,目的是使读者了解光场相干性质对干涉、衍射、成像的影响。安排教学时,这一章可作为选讲内容。上述四章可看作是傅里叶光学的物理基础。第七、八、九章介绍了全息、光学信息处理、激光散斑技术,这些属于傅里叶光学的应用。

本书既注意了和经典物理光学的区别和联系,又注意引用通信理论中一些普遍的概念和思想来解释光学现象,以便突出傅里叶光学是光学和通信理论相结合的这一学科特点。尤其强调基本的物理思想以及分析方法,希望使读者能建立清晰的物理图像。在阐述方式上注意深入浅出,循序渐进,理论讨论与图解方法结合,以便于自学。各章习题与正文密切配合,解答这些习题不但有助于掌握基本理论和概念,而且能培养分析和解决问题的能力。

本书可作为高等学校光学仪器和光学专业《傅里叶光学》课程的教材;也可供从事现代光学研究的科研人员、光学仪器工作的工程技术人员参考。

本书由四川大学苏显淦副教授主审,他的热忱帮助无疑使本书增色不少。天津大学张以谟教授审阅了全书。参加审稿会的还有:武汉测绘科技大学朱光世教授、北京工业学院刘培森、清华大学严瑛白、上海机械学院顾坚保、浙江大学项秉琳等同志。他们为本书提出了富有建设性的意见,在此一并致谢。

同时还要感谢华中理工大学光学工程系教师和研究生所给予的多方面的支持和帮助;感谢雷动天同志冲洗了全书的照片。

限于编者水平,书中会有一些缺点和错误,恳请读者不吝指正。

编 者

1987年2月于华中理工大学

第2版前言

傅里叶光学是近代光学新的学科分支。它采用傅里叶分析和线性系统理论分析研究光学问题,包括光的传播、衍射、成像和变换等。光学系统本质上是传输和采集信息的系统,傅里叶光学采用通信和信息理论中的方法,在二维空间域及其空间频率域讨论光学系统特性,即空间脉冲响应和传递函数。通常认为它是信息光的理论基础。

本书是在第1版的基础上修订而成的。自本书第1版出版以来,已历经16年,期间多次重印,被许多高等学校相关学科专业选作教材或参考书,历久不衰。该书曾获得第二届全国高等学校优秀教材二等奖。多年的教学实践表明,本书确有如下特色:理论体系严谨,物理图像清晰;深入浅出,循序渐进;理论讨论和图解方法结合,便于教学,也便于学生自学;注重物理思想和分析方法的讨论,有助于培养学生创造性思维。书中多处注入了作者科研和教学研究的成果。

全书共9章。第1、2章是傅里叶分析和线性系统理论,为在光学中借鉴通信理论中常用的分析方法建立了必要的数学基础。第3~5章运用空间域和频率域方法讨论了光波携带信息在自由空间或经过光学系统的传播问题,以及透镜的傅里叶变换性质。第6章为部分相干理论,目的是使读者了解光场相干性质对干涉、衍射、成像的影响。上述四章可看作是傅里叶光学的物理基础。第7~9章介绍了全息、光学信息处理、激光散斑技术,这些属于傅里叶光学的应用。各章编选了较多习题,解答这些问题不但有助于掌握基本理论和概念,而且能培养分析和解决问题的能力。

为适应学科的发展,本书第2版增补的内容主要包括:分数傅里叶变换和菲涅耳衍射,几种不同类型的全息图(彩虹全息图、模压全息图、合成全息图、彩色全息图)和二元光学,扩充了计算全息图和记录介质两节的内容,以及联合变换相关器,实现空间不变的图像识别方法,维纳滤波器,光学小波变换,光学矩阵运算和散斑剪切干涉等。补充内容主要集中在介绍傅里叶光学应用的后面三章。

本书可作为光信息科学与技术、光电信息工程、光学、光电子技术、测控技术与仪器、光学工程等专业高年级本科生和研究生的教材。对于本科教学,第1~5章是基础内容(其中第1章对于熟悉傅里叶分析的学生可以从简),第6~9章各章节可根据情况选讲。

IV

从《傅里叶光学（基本概念和习题）》一书（吕乃光，陈家璧，毛信强编著。科学出版社，1985）出版算起，笔者从事信息光学领域教学和研究工作已有20多年经历。在本书即将完稿时，我不禁衷心感激母校清华大学金国藩院士、夏学江教授。当年正是聆听他们精彩的讲课，从中汲取了丰富的知识，使我加深了对傅里叶光学和现代光学信息处理的理解和认识。我也要表达对上海理工大学顾去吾教授的缅怀之情，他的勉励曾使我坚定了修订本书的想法。感谢我曾工作过二十年的华中科技大学对本书给予的支持；感谢本书第2版得到北京信息科技大学北京市重点建设学科基金的资助。感谢郎晓萍同志打印部分手稿。

吕乃光

2005年12月

目 录

绪论	1
第 1 章 傅里叶分析	4
1.1 一些常用函数	4
1.2 脉冲函数	7
1.2.1 δ 函数的定义与性质	7
1.2.2 梳状函数	10
1.3 卷积	11
1.3.1 卷积的定义	11
1.3.2 卷积运算定律	14
1.3.3 包含脉冲函数的卷积	14
1.4 相关	16
1.4.1 互相关	16
1.4.2 自相关	17
1.4.3 有限功率函数的相关	19
1.5 正交矢量空间和正交函数系	20
1.5.1 正交矢量空间	20
1.5.2 正交函数系	21
1.6 傅里叶级数	23
1.6.1 三角傅里叶级数	23
1.6.2 指数傅里叶级数	27
1.7 傅里叶变换	29
1.7.1 傅里叶变换定义及存在条件	29
1.7.2 广义傅里叶变换	31
1.7.3 虚、实、奇、偶函数傅里叶变换的性质	31
1.7.4 傅里叶变换定理	32
1.7.5 可分离变量函数的变换	33
1.7.6 傅里叶-贝塞尔变换	34
1.7.7 周期函数的变换	35
1.7.8 一些常用函数的傅里叶变换式	36
习题	39
第 2 章 二维线性系统	44

2.1 线性系统	44
2.1.1 用数学算符表示系统	44
2.1.2 线性系统的定义	45
2.1.3 脉冲响应	45
2.2 线性不变系统	47
2.2.1 线性不变系统的定义	47
2.2.2 线性不变系统的传递函数	48
2.2.3 线性不变系统的本征函数	50
2.2.4 线性不变系统作为滤波器	52
2.2.5 级联系统	54
2.2.6 线响应和直边响应	56
2.3 抽样定理	57
2.3.1 函数的抽样	59
2.3.2 函数的还原	60
2.3.3 空间带宽积	61
习题	62
第3章 标量衍射理论	65
3.1 光波的数学描述	65
3.1.1 单色光波场的复振幅表示	66
3.1.2 球面波	66
3.1.3 平面波	69
3.1.4 平面波的空间频率	70
3.1.5 局部空间频率	73
3.1.6 复振幅分布的空间频谱(角谱)	74
3.2 基尔霍夫衍射理论	75
3.2.1 惠更斯-菲涅耳原理	75
3.2.2 亥姆霍兹方程	75
3.2.3 亥姆霍兹和基尔霍夫积分定理	76
3.2.4 基尔霍夫衍射公式	77
3.2.5 光波传播的线性性质	80
3.3 衍射的角谱理论	82
3.3.1 角谱的传播	82
3.3.2 孔径对角谱的影响	85
3.4 菲涅耳衍射	87
3.4.1 菲涅耳衍射公式	87
3.4.2 菲涅耳衍射的例子——泰伯效应	90
3.5 夫琅和费衍射	93
3.5.1 夫琅和费衍射公式	93

3.5.2 一些简单孔径的夫琅和费衍射	94
3.6 衍射的巴比涅原理	101
3.7 衍射光栅	102
3.7.1 列阵定理	102
3.7.2 线光栅	103
3.7.3 余弦型振幅光栅	107
3.7.4 正弦型位相光栅	109
3.7.5 矩形位相光栅	111
3.8 菲涅耳衍射和分数傅里叶变换	113
3.8.1 分数傅里叶变换的定义和性质	113
3.8.2 菲涅耳衍射和分数傅里叶变换	114
习题	117
第4章 透镜的位相调制和傅里叶变换性质	120
4.1 透镜的位相调制作用	120
4.1.1 透镜对于入射波前的作用	120
4.1.2 透镜的厚度函数	121
4.1.3 透镜的复振幅透过率	123
4.2 透镜的傅里叶变换性质	125
4.2.1 物体紧靠透镜放置	126
4.2.2 物体放置在透镜前方	127
4.2.3 物体放置在透镜后方	129
4.2.4 透镜孔径的影响	131
4.3 光学频谱分析系统	135
4.3.1 系统	135
4.3.2 应用	136
习题	137
第5章 光学成像系统的频率特性	139
5.1 透镜的成像性质	140
5.2 成像系统的一般分析	144
5.2.1 成像系统的普遍模型	144
5.2.2 阿贝成像理论	145
5.2.3 单色光照明的衍射受限系统	146
5.2.4 非单色光照明	147
5.3 衍射受限的相干成像系统的频率响应	148
5.3.1 相干传递函数	148
5.3.2 相干传递函数计算和运用实例	150
5.3.3 相干传递函数的角谱解释	153
5.3.4 相干线响应函数和直边响应函数	154

5.4 衍射受限的非相干成像系统的频率响应	155
5.4.1 非相干照明时的物像关系式	155
5.4.2 光强的空间频谱	156
5.4.3 光学传递函数的定义及物理意义	157
5.4.4 OTF 与 CTF 的联系	159
5.4.5 衍射受限系统的 OTF	160
5.4.6 衍射受限系统的 OTF 计算和运用实例	161
5.4.7 非相干线响应和直边响应函数	163
5.5 像差对成像系统传递函数的影响	165
5.5.1 广义光瞳函数	165
5.5.2 像差对 CTF 的影响	166
5.5.3 像差对 OTF 的影响	166
5.5.4 离焦系统的 OTF 分析	168
5.6 相干与非相干成像系统的比较	171
5.6.1 截止频率	171
5.6.2 两点的分辨率	172
5.6.3 相干噪声	173
5.6.4 空间带宽积和自由度	173
5.7 光学链	175
5.7.1 光学链及其频率响应	175
5.7.2 一些典型环节和器件的传递函数	177
习题	178
第 6 章 部分相干理论	182
6.1 实多色场的复值表示	183
6.2 光场相干性的一般概念	184
6.2.1 时间相干性	184
6.2.2 空间相干性	186
6.3 互相干函数	187
6.3.1 互相干函数和复相干度	187
6.3.2 互相干函数的谱表示	190
6.4 相干度的测量	191
6.4.1 干涉条纹对比度与复相干度的关系	191
6.4.2 时间相干性测量	192
6.4.3 空间相干性测量	193
6.5 傅里叶变换光谱学	193
6.5.1 傅里叶变换光谱学原理	193
6.5.2 相干时间与有效谱宽	195
6.6 准单色光的干涉	196

6.7 准单色光的传播和衍射	199
6.7.1 互强度的传播	199
6.7.2 薄透明物体对互强度的影响	203
6.7.3 部分相干光的衍射	204
6.7.4 传播现象的空间频率域分析	207
6.8 范西特-泽尼克定理	209
6.8.1 范西特-泽尼克 (Van Cittert-Zernike) 定理的推导	209
6.8.2 均匀圆形光源的例子	212
6.8.3 迈克尔逊测星干涉仪	215
6.9 部分相干场中透镜的傅里叶变换性质	216
6.10 部分相干光成像	219
6.10.1 物像平面互强度的关系	219
6.10.2 相干成像与非相干成像的极端情况	220
6.10.3 系统的频率响应	222
习题	224
第7章 光学全息	226
7.1 引言	226
7.2 波前记录与再现	227
7.2.1 波前记录	227
7.2.2 波前再现	228
7.3 同轴全息图和离轴全息图	230
7.3.1 同轴全息图	230
7.3.2 离轴全息图	231
7.4 基元全息图分析	235
7.4.1 基元光栅	235
7.4.2 基元波带片 (点源全息图)	236
7.5 几种不同类型的全息图	241
7.5.1 菲涅耳全息图和夫琅和费全息图 像全息图	241
7.5.2 傅里叶变换全息图	243
7.5.3 彩虹全息图	246
7.5.4 位相全息图	248
7.5.5 模压全息图	250
7.5.6 合成全息图	251
7.5.7 彩色全息图	252
7.6 平面全息图的衍射效率	252
7.6.1 振幅全息图的衍射效率	253
7.6.2 位相全息图的衍射效率	253
7.7 体积全息图	254

7.7.1 基元全息图	255
7.7.2 透射体积全息图	256
7.7.3 反射体积全息图	257
7.8 计算全息图	258
7.8.1 计算全息图的制作过程	258
7.8.2 迂回位相全息图	260
7.8.3 计算全息干涉图	262
7.8.4 相息图	264
7.9 二元光学	265
7.9.1 衍射光学元件	265
7.9.2 二元光学元件	266
7.9.3 二元光学元件的制作	268
7.10 记录介质	270
7.10.1 卤化银乳胶	270
7.10.2 重铬酸盐明胶 (DCG)	273
7.10.3 光致抗蚀剂	274
7.10.4 光致聚合物	274
7.10.5 光折变材料	274
7.10.6 光导热塑料	276
7.11 全息术的应用	277
7.11.1 全息干涉计量	277
7.11.2 全息光学元件	284
7.11.3 全息显微术	288
7.11.4 全息信息存储	288
习题	290
第8章 光学信息处理	294
8.1 引言	294
8.1.1 什么是光学信息处理	294
8.1.2 简要历史	295
8.1.3 光学处理与数字处理的比较	295
8.2 相干滤波的基本原理	297
8.2.1 阿贝-波特实验	297
8.2.2 空间滤波的傅里叶分析	299
8.2.3 相干滤波的基本原理和运算	304
8.2.4 系统和滤波器	306
8.3 简单振幅和位相滤波的例子	308
8.3.1 低通滤波——消除图像上周期性网格	308
8.3.2 高通滤波——用于边缘增强	309

8.3.3 带通或方向滤波——用于信号或缺陷检测	309
8.3.4 位相滤波——泽尼克相衬法	310
8.4 光栅滤波器的应用——图像加减和微分	313
8.4.1 光栅滤波器——用于图像加减	313
8.4.2 复合光栅滤波器——用于图像微分	314
8.5 光学图像识别	317
8.5.1 全息滤波器的制作和工作原理	317
8.5.2 匹配滤波器 (Matched Filter)	319
8.5.3 联合变换相关器 (Joint Transform Correlator)	321
8.5.4 实现空间不变的图像识别的方法	323
8.6 图像复原	326
8.6.1 补偿滤波器	326
8.6.2 逆滤波器 (Inverse Filter)	326
8.6.3 维纳滤波器 (Wiener Filter)	328
8.7 非相干光处理	329
8.7.1 相干与非相干光处理的比较	329
8.7.2 基于衍射的非相干空间滤波——OTF 或 PSF 综合	331
8.7.3 基于几何光学的非相干处理	334
8.8 白光信息处理	336
8.8.1 白光处理系统及其工作原理	336
8.8.2 假彩色编码	338
8.8.3 θ 调制	342
8.9 光学小波变换	344
8.9.1 小波变换的定义	344
8.9.2 几种常用的小波函数	347
8.9.3 光学小波变换的实现	348
8.9.4 小波变换在光学图像识别中的应用	350
8.10 光学矩阵运算	350
8.10.1 非相干矩阵-矢量乘法器	351
8.10.2 矩阵-矩阵乘法器	352
8.10.3 处理双极性信号和复数数据	353
习题	354
第 9 章 激光散斑及其应用	357
9.1 散斑现象及其分类	357
9.2 散斑照相术	359
9.2.1 底片或物体横向移动时记录的散斑图	359
9.2.2 底片或物体纵向移动时记录的散斑图	363
9.2.3 散斑照相术用于测定漫射物体的面内位移或形变	364

9.2.4 散斑照相术用于图像的光学处理	366
9.3 散斑干涉计量	367
9.3.1 散斑和参考波干涉	368
9.3.2 两个散斑场的干涉	369
9.3.3 散斑剪切干涉	372
9.3.4 电子散斑干涉术 (Electronic Speckle Pattern Interferometry, ESPI)	374
习题	375
附录 贝塞尔函数	376
参考文献	379

绪 论

一、光学和通信理论的结合

光为我们带来热和光明，是人类赖以生存的重要条件。它不仅是一种重要的能源，也是携带和传递信息的重要载体。正是由于光波携带物体的信息，传播入人的眼睛，人才能对周围事物产生视觉印象。这是人类认识外部世界的最主要的方式。人类生存，创造财富，用书刊、照片、电影、电视交流信息，在人类的各项活动中，光起着极为重要的作用。可以说，没有光也就没有现代的物质和精神文明。

光波在传递信息过程中，同时伴随着能量的传递。但从应用角度来看，光作为能源利用时，关心的是如何有效利用光辐射的能量；光用于信息传递时，则考虑的是包含光信息的光场分布在传递过程中所发生的变化。正因如此，可以把现代光学工程从能量和信息利用的角度分为两大类：属光能量技术的如照明工程、激光武器、激光加工、太阳能利用等；属光信息技术的有光信息的记录、显示和测量，光信息的处理，光纤通信等。

自发光物体或间接发光的物体（物体受光照射产生透射光或漫反射光）依据其本身的形状、明暗、色彩来改变光波的位相、光强、波长等参数，对光波产生空间调制。这种调制和照明光波的性质有关。例如，相干光照明物体，通常产生空间振幅和位相调制；非相干光照明，则产生空间强度调制；部分相干场中，物体将改变光波场的互相干函数；白光照明彩色图像或物体，会使某些波长的光吸收、其他波长的光透射或漫反射，因而产生空间的波长调制或者说不同时间频率的光的空间分布。物体本身的信息正是转化为这样一些形式的光信息由光波携带而传递出去的。

把光学系统看作收集和传递信息的系统，它的作用和通信系统在本质上是相同的。只不过在通信系统中，信息是时间性的，如随时间变化的电流和电压信号。而在光学系统中，信息是空间性的，如复振幅或强度的空间分布。正是这种本质上的共同点，导致了光学和通信理论之间的联系。从 20 世纪 30 年代后期开始，两者的关系愈来愈紧密。

此外，光学系统和通信系统还具有相同的基本性质。例如，在一定条件下，可认为光学系统和通信系统一样，也具有线性和不变性。因而可用线性系统理论描述、分析各自的系统；用时间脉冲响应和时间频率响应描述通信系统；用

空间脉冲响应和空间频率响应描述光学系统。从频率域考察系统的效应，即频谱分析方法正是线性系统理论和傅里叶分析提供给我们的最重要的方法，它使以往分道扬镳的光学工作者和电气工程师之间有了共同的语言。

傅里叶光学，或称信息光学，正是光学与通信和信息理论相结合而产生的一个现代光学的新分支。它采用傅里叶分析和线性系统理论分析光波的传播、衍射、成像等现象。而光学传递函数、光学全息、光学信息处理则是建立在傅里叶光学理论基础上的实践领域。光学和信息科学的相互渗透、相互结合，已经产生了许多重要的成果，它们使光学这一物理学中最古老的学科焕发了青春，呈现出生机勃勃的景象。

二、全书内容概述

本书第1章给出了必要的数学基础。由于光学系统通常传递二维信息，所以重点讨论了二维函数的卷积、相关和傅里叶变换。对所涉及的特殊函数及数学定理，着重阐明在光学上的应用，而不追求数学上的严谨。

第2章为线性系统理论。讨论了线性系统、线性不变系统的定义和性质。指出了从空间域和频率域讨论系统的两种基本方法。前者着眼于系统脉冲响应，后者着眼于系统的频率响应即传递函数。在后续各章中，正是按这两种方法讨论了单色光场的传播、成像、相干性的传播、光波的波前记录和再现，以及空间滤波等问题。本章实际上为全书建立了一个线性系统分析的基础。

光波既然作为信息的载体，光信息的传递本质上是光波的传播和衍射问题。这正是第3章的内容。第3章从基尔霍夫衍射理论和角谱理论出发，讨论衍射问题，侧重角谱理论。在频率域讨论了传播现象的传递函数，并由它出发导出菲涅耳衍射和夫琅和费衍射公式。本章还从线性系统理论上给出了基尔霍夫理论和角谱理论的联系。“夫琅和费衍射是实现傅里叶变换的光学手段”，这是本章着重强调的重要结论。所列举的衍射图样的计算实例，目的在于使读者了解一些典型物体的空间频谱。本章最后讨论了用分数傅里叶变换表示菲涅耳衍射的方法。

第4章从透镜的位相变换入手，根据衍射公式分析了透镜在特定光路中能够实现傅里叶变换的作用。介绍了光学频谱分析系统及其应用。

第5章用频谱分析方法对相干和非相干成像系统的性质作了充分讨论。分别定义了相应的传递函数，讨论了像差影响，并从不同角度对两种系统作出比较。本章最后介绍了如何利用光学链这一概念指导系统设计并估计最终的像质。

第6章为部分相干理论。从干涉现象作为物理图像入手，介绍了描述光场相干性的物理量：互相干函数和复相干度。讨论了相干度的测量。利用线性系统理论分析了准单色部分相干场的传播、衍射和成像问题。傅里叶光谱学和范

西特-泽尼克定理的讨论表明：对干涉图样作傅里叶分析，可以确定点光源的光谱分布或者准单色扩展光源的光强分布。毫无疑问，这些都应该是傅里叶光学的重要内容。

第7章通过对波前记录与再现，以及基元全息图的讨论，着重阐明光学全息的基本原理。介绍了一些重要类型的全息图以及光学全息的主要应用，包括全息干涉计量、全息光学元件、全息存储和全息显微术。本章在介绍计算全息图的同时，阐述了二元光学的原理及制作。

第8章是光学信息处理。分别讨论了相干光处理、非相干光处理和白光处理的原理；重点放在频域综合上，阐明空间滤波的基本原理以及三种处理之间的本质差别；给出了典型的处理系统。主要内容包括：相衬法、图像加减和微分、图像识别和图像复原、切趾术以及假彩色编码、光学小波变换、光学矩阵运算等。

第9章介绍了激光散斑现象及其分类，讨论了散斑照相术及其在形变测量、图像处理上的应用。最后简要阐述了散斑干涉计量的基本原理。