

激光应用

[美] 约瑟夫·W. 高德曼 主编
蒙蒂·罗斯

庞立 刘海龄 刘钰 译

刘海蓬 刘士英 校

散斑技术
电视唱片
激光印刷

719

5

国防工业出版社

73.7719
155

激 光 应 用

——散斑技术、电视唱片、激光印刷

〔美〕 约瑟夫·W. 高德曼 主编
蒙蒂·罗斯

庞 立 刘海龄 刘 钰 译
刘海蓬 刘士英 校



国防工业出版社

9110027

2411/17
内 容 简 介

本书从三个方面介绍激光的应用：1.激光散斑在测试技术中的应用，其中阐述了散斑的性质、测量方法及大量实际应用；2.电视唱片的制作、规格及录放技术；3.高速激光印刷系统，如激光扫描、调制、偏转及光学系统和印刷系统，等等。

本书着重于解决技术问题，内容新颖、实用性强，介绍详细、具体，具有参考和使用价值。

本书适于从事激光科研、电视唱片录制及印刷工业的科技工程人员阅读，也可供高等院校激光、广播电视、印刷工艺等专业的师生参考。

LASER APPLICATIONS

Edited by

JOSEPH W. GOODMAN

MONTE ROSS

ACADEMIC PRESS, 1980

*

激 光 应 用

【美】 约瑟夫·W. 古德曼 主编

蒙蒂·罗斯

庞立 刘海龄 刘钰 译

刘海蓬 刘士英 校

责任编辑：刘树兰

*

国防工业出版社出版、发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张5¹/₈ 156千字

1990年6月第一版 1990年6月第一次印刷 印数：0,001—2,000册

ISBN 7-118-00435-9/TN·88 定价：4.60元

撰写者名单

罗伯特·K.厄夫 (Robert K.Erf), 康涅狄格州东哈特福德联合技术研究中心。

A. 科培尔 (A.Korpel)*, 伊利诺斯州芝加哥天顶无线电公司。

加里·K.斯塔克韦瑟 (Gary K.Starkweather), 加利福尼亚州帕洛阿尔托, 帕洛阿尔托研究中心施乐公司。

* 现在地址: 衣阿华州衣阿华市衣阿华大学信息工程部。

译者前言

激光自1960年以它的天赋特性问世以来，倍受各界关注。由于它具有功率高、方向性强等独到之处，在美国星球大战计划中已把激光列为战略武器，足见激光威力超群。20多年来，激光事业发展迅速，激光的重要地位日益显赫，其应用不但遍及工业、农业、医学、国防及其他生产科研部门，而且也已深入到文化艺术、日常生活中来。

本书译自美国《激光应用》丛书的第四卷。第一部分是激光在科学研究中的应用。其中阐述了激光散斑的性质，描述了测量散斑的各种技术方法及实验设备和利用散斑测量物体运动、分析应变、进行无损检验等实际应用。第二部分介绍了激光在文化娱乐方面的应用，具体介绍了电视唱片的制作、规格及美国、日本、荷兰等各大公司的生产情况。第三部分则详细介绍了高速激光印刷系统，包括激光扫描、各种激光器、调制器、偏转器、印刷机的光学系统和印刷系统，等等。

这三部分内容是由三位指导科研生产第一线研究的知名人士分别撰写而成。他们掌握第一手资料，因而本书介绍的内容详细、具体、实用性强。另外，本书偏重于技术应用，作者为避免繁琐的数学纠缠，没有罗列大量的数学推导，这将更利于读者去探讨技术问题。

本书的翻译出版，将对我国从事上述领域的科技工程人员具有参考和使用价值。

限于译校水平，书中译误和不妥之处在所难免，敬希读者指正。

前几卷目录

第 1 卷

全息术应用	Brian J. Thompson
激光在计量学和大地测量学中的应用	James C. Owens
激光陀螺	Frederick Aronowitz
机械与焊接应用	Leland A. Weaver
激光通信	Monte Ross
作者索引—名词索引	

第 2 卷

激光跟踪系统	Carlton G. Lehr
激光扫描系统	Leo Beiser
监测环境的激光系统	Freeman F. Hall, Jr.
集成光学	W.S.C. Chang, M.W. Muller and F.J. Rosenbaum
作者索引—名词索引	

第 3 卷

激光的分子生物学的应用	James A. Mc Cray and P.D. Smith
再循环输入器件及用于相干光学处理的空 间滤波材料	David Casasent
医用激光器	R.M. Dwyer and M. Bass
光学数据存储	H. Haskal and D. Chen
名词索引	

序 言

在这本第四卷激光应用中, 包括三个题目, 每个题目都代表一种已达到高度精炼的激光应用。在本卷中所发表的文章, 分别由在这些课题的研究中起过重要作用的人士撰写, 并且这些人士从引起新技术所遇到的工程问题中的第一手资料讲起, 以便达到有效应用的目的。

在第一篇文章中, Robert K. Erf 描述了激光散斑应用于测量方面的问题。自从20世纪60年代初期在他们首次观测以来, 把称为散斑的随机干涉图样通常都看成是讨厌的东西。无论相干成像是使用光辐射、声辐射还是使用微波辐射, 散斑都降低了这些成像系统的有效分辨率。然而, 散斑尚有其可取之处。实际上, 正如本文所述, 已把散斑有效地应用于各种各样的工程测量问题。

本书所讨论的第二个题目是光学电视唱片, 对于这种唱片来说, 激光在录制唱片模版和从大量生产的拷贝中读出信息的这两个方面都起着重要的作用。在天顶公司 (Zenith Corporation) 研究电视唱片处于困难的时期, 作者A. 科培尔 (A. Korpel) 曾担任该公司的技术物理研究指导。研制电视唱片技术已经成为真正的国际性的事业了, 主要的研究工作在荷兰、法国、日本和美国。通过玛格纳伍克斯 (Magnavox) 和飞利浦 (Philips) 公司的共同努力, 于1978年12月在有限的基础上, 引进了第一批供家庭娱乐的市售光学电视唱片唱机, 并且正在缓慢地但也是确实地正进一步地进入商业市场。这种技术不仅在家庭娱乐的场合中, 而且在数字数据存储的领域内无疑也具有光明的前景。

本书中的第三个题目, 也就是最后一篇文章介绍了与高速激光印刷系统有关的技术和工程问题。该文作者加里·斯塔克韦瑟

(Gary Starkweather)在研制Xerox9700型复印机中起着主要的作用,该复印机是目前从不同制造厂商所能买到的三种这样的系统之一。在本书中所介绍的各种各样的应用之中,高速激光印刷现在已经获得了市售贸易的最大成功。这种成功的主要原因无疑能相当容易地把光束定向或改向到空间的某个特定位置上。

编者希望,这次收集的文章将有助于从事实际工作的光学工程技术人员,这些技术人员把激光器看成是解决范围广阔的各种实际问题的重要工具。技术的进步依靠经验是很慢的,但是我们相信,有这种机会享受其他人的经验会有益于读者将来应用其激光技术。

蒙蒂·罗斯(Monte Ross)感谢合编者约瑟夫·W.古德曼(Joseph W. Goodman)的辛勤劳动,古德曼的坚强毅力使文章得到了精细的校订,使得这些文章汇编成第四卷。

目 录

激光散斑在测量中的应用	Robert K. Erf
I. 引言	1
II. 散斑的性质	4
III. 实验方法	7
A. 散斑摄影术	7
B. 散斑干涉测量术	16
C. 散斑错位干涉测量术	23
D. 白光散斑技术	24
IV. 散斑的应用	26
A. 测量物体运动	26
B. 应变分析	28
C. 振动分析	32
D. 散斑等值轮廓线的应用	35
E. 测量表面粗糙度	35
F. 无损检验	36
G. 对透明物体的散斑研究	39
V. 电子散斑图样干涉测量术 (ESPI)	41
A. 位移测量和 ESPI	43
B. 振动分析和 ESPI	43
C. 双波长 ESPI	49
VI. 综合考虑	51
A. 胶卷	52
B. 照明光源	52
C. 灵敏度的测量范围	52
D. 偏振效应和表面效应	53
E. 同全息干涉测量术的比较	53
F. 市售设备	54
参考文献	56
电视唱片	A. Korpel
I. 引言	64

I. 电视规格	69
II. 历史背景	74
A. SRI-3M公司	74
B. Telefunken-Decca (Teldec) (德律风根-台卡公司)	76
C. RCA	79
D. Philips-MCA	80
E. Thomson-CSF	82
F. Hitachi(日立)公司	83
G. 输入/输出的度量	85
IV. 编码	85
V. 主盘与复制	88
VI. 读出	92
A. $1/2$ 波长坑凹	92
B. $1/4$ 波长坑凹	97
VII. 径向跟踪	100
VIII. 切向跟踪	103
IX. 焦点跟踪	105
X. 最后注意事项	109
参考文献	112
高速激光印刷系统	Gary K. Starkweather
I. 引言	116
II. 扫描系统	116
III. 激光器	120
A. 氦-氖激光器	120
B. 氩离子激光器	122
C. 氦-镉激光器	122
D. 固体激光器	123
IV. 调制器	124
A. 电光调制器	124
B. 声光调制器	129
V. 偏转器	135
A. 电光偏转器	137
B. 声光偏转器	138
VI. 电流计	143
VII. 多边扫描器	144
VIII. 印刷机的光学系统	154

X

A. IBM3800型	155
B. Siemens ND-2/3352 型	157
C. Xerox9700型	159
Ⅱ. 印刷机系统	164
A. IBM3800型	165
B. Siemens ND-2/3352 型	168
C. Xerox9700型	170
Ⅲ. 高速印刷机小结	177
参考文献	179
英汉名词对照	181

激光散斑在测量中的应用

Robert K. Erf

(康涅狄格州东哈特福德联合技术研究中心)

I. 引言

本人在早期的研究工作中 (Erf, 1974), 曾介绍了全息无损检验的问题, 当时指出, 全息无损检验也许刚好出现在“拯救”全息术的时刻, 因为它使这种视觉幻想终于有了真实的应用。在以后的著作中 (Erf, 1978), 从Stetson (1975) 对散斑评论极佳的文章中的一段简短的引述, 进而通过提问 (全息术最实际的贡献是否要求我们花费精力去注意激光散斑), 给几个阶段的散斑带来了幽默的气氛。的确, 激光散斑这种现象给严谨的全息工作者造成很多麻烦。被当作无用的东西的这种激光散斑却恰恰表明, 它确实是为了减弱散斑须加强研究、以便改进全息处理的一个课题, 并且在Dainty (1975) 主编的《激光散斑》(Laser Speckle) 一书中, McKechnie (1975) 曾把它详细描述为: “点燃”了散斑计量学的发展之火。

本文的目的是评述从实际方位所进行的高灵敏度测量的这项新技术。为此, 将介绍散斑计量学的实验方法和应用, 并且介绍足以说明问题的实例, 以证明散斑计量学的潜在能力。为了增强知识和增加比较多的数学细节, 把以前参考过的和已编辑出版的下列著作推荐给读者: “Speckle Metrology (《散斑计量学》)” Erf, 1978和 “Laser Speckle and Related Phenomena, (《激光散斑及有关现象》)”, Dainty, 1975, 以及Vest的著作, 名为

9110027

“Holographic Interferometry (《全息干涉测量术》)”, Vest, 1979。尽管后面的两部著作包含了散斑干涉测量术的内容, 但第一部著作仍引入了大量的参考文献, 并引导到原版书, 根据定义转入到技术测量。

为了适当地安排步骤来讨论散斑测量的实验方法学, 在第Ⅱ节将简短地介绍散斑的物理特性以及参考文献, 以便详细说明散斑统计和散斑相关。使用适当的数学公式及伴随着文字的描述, 对于散斑给出一个精确的定义是有可能的。然而, 可见现象的表述比文字和方程式的图示作用是大得多的。为此目的, 图1示出Karl Stetson的散斑摄影作品, 名为“条纹晕”。其中, 艺术风格是一种散斑背景, 该背景对于已经观察过用激光照明景物的任何人来说, 表明是熟知的特征图样背景, 它是覆盖在具有“杨氏条纹图样”的一个范围上的背景, 也是在分析激光散斑图时所得

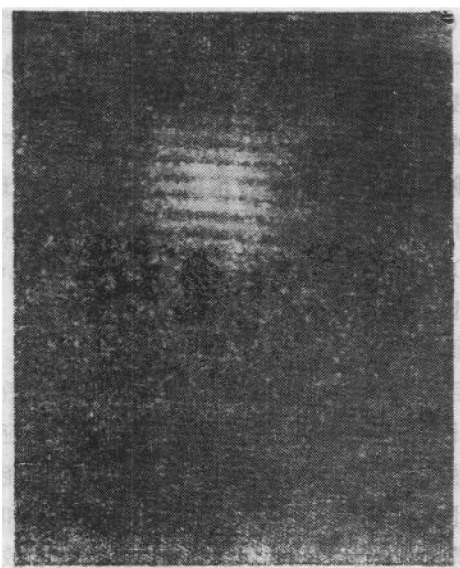


图1 Karl Stetson的散斑艺术作品, 名叫“条纹晕”,
是一种在散斑背景上下了雪的杨氏图样

的那些典型的背景。在衍射晕中形成条纹的这种特殊技术是从双曝光激光记录中减少数据的一种最广泛的使用方法。

在这个问题上,或许适当地要注意,如在图1中所看到的和在全章中所描述的这种条纹的特征(如像清晰度和反差),由于使用全息干涉测量术得到的那些背景,从美学上看可能另人不愉快。(在散斑计量学的电视设备中,这种情况是很明显的,本文的末尾还要介绍。)然而,这种方法的极大简易性以及减少数据中所提供的通用性都表明,在研究光计量学的程序中是不可忽视的一种竞争能力。例如,根据激光对散斑图的考查,构成图1中描绘的这种类型的条纹非常简单,这些条纹的间距和角的方位对于物体位移的多少和方向都能够有定量的关系。在本文的第Ⅲ节中,以一定的深度讨论减少数据的这种形式,以及其他的分析程序(特别是全图像的再现)和散斑照相的实验方法与用于记录散斑图的各种类型的散斑干涉测量术。为测量位移和应变,这样所获得的条纹数据的应用是本文第Ⅳ节的一项内容,它包括散斑的几种计量学应用。其中,所要讨论的其他内容包括:表面粗糙度的测量、振动和形变分析、速度的测量、无损检验和等值轮廓线。

更为有趣的是这样的事实,即散斑是许多推广激光特性中最容易使用的一种特性(如:高峰值功率、单色性、相干长度和准直性);正如在第Ⅲ节中所介绍的那样,在最简单的情况下,要记录散斑图,则只需要一架照相机及一台激光器。此外,散斑技术和视频处理的一致性已经得到了发展,而且被广泛地用于振动模式分析及以前提到的许多的其他领域。现在,把这种技术通常称为电子散斑图形干涉测量术(Electronic Speckle Pattern Interferometry),或缩写为ESPI,这种技术具有改进电子处理、能同电视显示和录像磁带相连接的优点。第Ⅴ节的内容是深入地讨论如下课题,即包括有:设备、技术和应用实例。这里,在应用和实施这二方面所表明的极大可能性,似乎对在光计量学中所遇到的问题提供了灵丹妙药。因而,并不奇怪的是,像大多数技术工具(包括新工具和旧工具)一样,散斑的确也有它的局限性,

在第Ⅵ节中指出了这些局限性以及同散斑器械有关的通常考虑的问题，并且指出了各种散斑技术之间的对比及同全息干涉测量术的比较。

最后，对散斑术语作一个简要的、一般性的讨论是必要的。为便于读者将来钻研这些资料，对类似过程也给有大量的定义。当然，在所出现的技术中，这是平常的事，而下面的目的仅仅是对警觉性高的读者可能有双重意义。正如在第Ⅲ节中我们将讨论的那样，即使具有种类繁多的实验装置，但散斑的全部计量应用仍能分类为：散斑摄影术或散斑干涉测量术。以增加的术语为例，经常把前者叫做直接式激光摄影术，而某些人更喜欢把后者的某些类型看成为线上或轴上像面摄影术，因为类似性的装置是显而易见的。某些实验工作者把全部技术都看成为散斑干涉测量术，的确，词句上的差别是非常巧妙的。例如，考虑到散斑摄影术和散斑干涉测量术二者都包括摄影术（或其他适当的目测方法），并且，由于散斑本身是被光学上的“粗糙”表面所反射的相干子波之间的自身干涉而产生的，所以二者都明显地包含着干涉测量术。此外，通常使用这两种方法中的任何一种方法，都包含着对以这种方式所产生的代表物体运动的条纹进行检验。然而从实际意义上来说，它是实验组件本身的布局问题，这种布局通常最适合确定这种过程。更为重要的是，为了一种特殊任务，适当地选择一种方法（无论利用哪种名称的方法）都是首先要考虑的问题，这也正是下节的目的。

I. 散斑的性质

尽管散斑现象大多数是常常与使用激光照明物体的“闪烁”外形有关，但散斑的历史或者说是类散斑现象比20世纪60年代初期发明的激光器远远早100年。因此，并不奇怪的是，正如 Dainty (1975) 和 Goodman (1975) 所讲述的那样，人们已经把这样一些伟大的著名人物，如牛顿和劳尔德·瑞利以及其他人士同散斑现象联系起来。然而，现在讨论的预期目的是要探讨当今散斑技术

的应用,并着重于实际工程的测量问题。在那篇文章中,我们感兴趣的是颗粒状的外貌,以及在图1的背景中所看到的亮散斑和暗散斑的随机分布,也即当在激光照明的情况下观察或照相时,漫射式的反射和透射表面具有的随机分布。这种“光学噪声”会是相当麻烦的,因为它有损于图像的质量。然而,光对于形成每个单个的散斑的贡献完全是相干的[●],因此,实际上散斑就是来自粗糙表面不同面积元的光波之间的自身干涉现象。在我们所指的意义中,粗糙系指的是根据使用光波长的量级或者更大些的随机高度的变化。因此,对于这里将要讨论的散斑计量学的研究来说,几乎非常高度抛光的光学表面都是可用的选择对象。的确,已经把这种现象成功地应用于测量表面本身的粗糙度。

关于散斑性质的完整论文应包括对激光散斑图样统计学的研究和对散斑相关与有关课题的讨论。由于这些内容的具体细节对从实验上理解散斑如何应用于测量问题,通常是不必要的,因此,觉得它们有点超出本文的预定范围,而且读者也能在别处查阅到详细的讨论。虽然,可能的来源是很多的,但Goodman(1975)和Burch(1970)已经广泛地讨论了散斑统计学和其他的课题,而当时,撰写《散斑计量学》的几位作者,包括Stetson(1978)和Asakura(1978)已经考虑了相关散斑图样以及同样重要的退相关散斑图样,因为退相关散斑图样限制了这种方法的应用。

同散斑图样的统计、衬比度和相关多少有点联系的一个计量学的领域是前面刚刚提到的表面粗糙度的测量。Asakura(1978)已经准备了关于这个学科的一篇综合性的评论文章,其中包括必要的数学讨论,以及广泛的参考文献。在第IV节中,仅仅提供了在这个范围内可能应用散斑的一个摘要。

● 虽然在当时的文献中没有报道,但是Ennos在1966年的实验中(Ennos, 1975)已经证实了激光散斑的相干特性,实验使用一种光学装置,类似于今天的参考波散斑干涉测量仪。激光散斑具有可测量的强度和确定的位相,它们彼此是不同的,但彼此又是有关的。因此,几年之后,在1969年[后来出版(Leendertz, 1970 a)]Leendertz曾报道了两个干涉散斑场本身能够产生第三个散斑图样,散斑图样的特征取决于原始场的相对位相。

然而,在着手进行这项散斑技术本身之前及其以后的应用中,有一个用缩写 d_{sp} 表示的重要性质:散斑的大小——相邻的最大亮度和最小亮度区域之间的统计平均距离。对于用户确定使用的工程师来说,散斑大小的重要性在于它对几何形状和实验光学系统参数的量纲有直接的关系,并且它在确定测量散斑范围的极限时起作用。例如,利用双曝光(物体移动之前曝光一次和物体移动之后曝光一次)的方法记录经激光照明的物体,能够实现面内平移的测量。但是,这种技术要求在两次记录的散斑图样内相应的散斑完全分开;因此,在这样一项研究中,单个散斑的大小决定了可测量的极限较低。

散斑的大小 d_{sp} 与光学系统中的限制孔径成反比,并且通过所使用的实验系统的参数,可以把 d_{sp} 表示出来,如图2所示。在图2a中的客观散斑的情况下,限制孔径的大小是由激光照明光束本身的直径来确定的。无疑,实际上感兴趣较多的是那些包括对漫射体表面的光学成像的情况,或者主观散斑的情况,使用的透

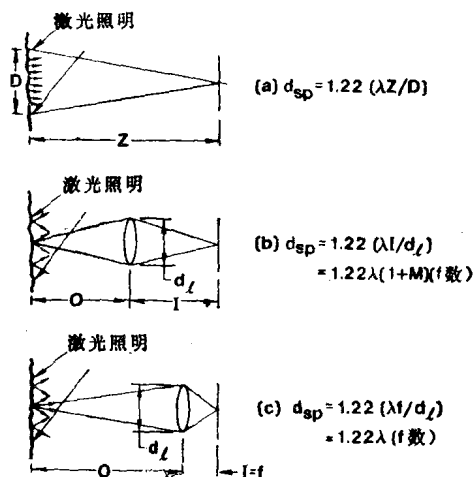


图2 对于下列情况测定散斑大小的参数和公式:

- (a) 客观情况; (b) 通常的主观情况;
- (c) 物体位于无穷远时的主观情况。