

光电微光摄影技术

H. V. 索 尔 著

科 学 出 版 社

光电微光摄影技术

H. V. 索尔 著

王 顺 德 译

李 竞 傅德谦 校

科学出版社

内 容 简 介

本书是一本专门讨论光电微光摄影系统的专著。书中比较系统地介绍近代微光摄影方面的问题,并对光电微光成像器件作了概要的描述。本书的特点是:内容较广,并附有大量图表和参考文献。

本书可供从事光电微光摄影方面的工作者使用,也可供高等学校有关专业的教师和学生参考。

H. V. Soule
ELECTRO-OPTICAL PHOTOGRAPHY
AT LOW ILLUMINATION LEVELS
John Wiley, 1968

光电微光摄影技术

H. V. 索尔 著
王 顺 德 译
李 竞 傅德谦 校

*

科学出版社出版
北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1976 年 11 月 第 一 版	开本: 787×1092 1/32
1976 年 11 月 第一次印刷	印张: 13 1/2 插页: 1
印数: 0001—6,320	字数: 302,000

统一书号: 13031·402

本社书号: 606·13—5

定 价: 1.40 元

译 者 的 话

随着各类象增强器、摄像管与激光器的迅速发展，使得微光摄影成为可能，从而使得凡需要进行微光观察和记录的部门，如军事、宇宙航行、科学研究、工业、公安、司法等部门获得了一种有力的工具。目前微光摄影技术正向着使整机小型化，作用距离远和视场大等方向发展。本书比较系统地扼要介绍了近代微光摄影技术方面的有关问题，并附有大量图表和参考文献。

遵照伟大领袖毛主席关于“洋为中用”的教导，翻译了这本书，以供从事微光摄影系统设计、进行微光观察和记录的工作人员及高等学校有关专业的教师和学生参考。

翻译时对个别地方作了删改，并删去了第十五章，对原文中的个别错误作了更正。由于译者水平有限，译文不尽完善，难免有错误之处，希望读者批评指正。

序 言

近年来,用于被动式夜间观察的象增强器和摄像管的大量而迅速的发展,大大促进了许多应用领域的发展。微光摄影机领域在近代物理中虽然仅占有限的地位,然而却包括了摄影学、象增强器、电视以及电子与激光束记录诸方面的广阔范围。

就我所知,这是目前唯一的一本专门讨论光电微光摄影系统问题的专著,为此,本书力求尽可能完整地介绍电子照相方面的问题。

微光象增强器和摄像管的发展得到了军事上的广泛重视。第二次世界大战中,应用红外线变象管的夜视器来监视一些夜战的技术已成为可能。由于被动式夜间观察现正趋于完善,因此,夜战的方法将有很大的变化;而夜间摄影也许会使它产生更大的变化。

书中叙述了成象器件若干方面广泛的理论。给出的理论论述对许多成功的技术提供了基本物理解释。对于许多各种各样的专门课题,如电子光学理论,则仅给出了结果。虽然已经有了几百篇高速摄影方面的文献,但书中只是提到了与应用高增益成象技术有关的方面。由于这些特殊课题的数学计算太冗长,详细列出它们只有很少的用处。对各课题的详细介绍,可从附录列出的许多报告和文章中找到。

在昼光摄影情况下,摄影者一般可以看到景物,选择条件,并对仪器本身作出适当的调节。可是,若没有仪器的帮助,就会使得夜间摄影成为不可能。因此,虽然本书是针对摄

影技术的，但若干章节中也描述了对于观测者和仪器的要求。由于军事上的需要，过去大量微光仪器的工作都是帮助夜间观察定位的。

本书主要是为摄影系统的设计人员写作的，因此，限制了各种具体成象器件的技术细节的描述。由于这个领域的迅速发展而不断的发展以及现有的设计在短短几年中将会过时，这样处理是合乎逻辑的。所以，本书重点放在夜间成象的一般特性和应用方面，并且综合了充分的技术数据，以供特定目的仪器方案设计之用。

附表(见第iv—vi页)列出了微光仪器的某些目前和未来的特殊应用，表中略去了许多应用，其中包括可见光谱区域内的一些应用，因为它们在正文中已涉及到了。

在大多数使用情况中，科学的观察都要求精确确定景物各部分的绝对亮度和成象目标的几何位置，这就意味着要求系统在输出信号强度和相对位置两方面都有直线性。近年来，优质象管和新技术的飞速发展大大有助于实现所提出的这些要求。

H. V. 索尔

1967年8月于新泽西州劳伦斯维尔

附表 微光仪器之目前和未来的应用

应用类型	使用部门	应用
可见光谱区的应用		
观察黑暗过程	警务	隐蔽监视某地点, 监视记录暗藏的犯罪活动
	心理学和医学	行为状态研究的记录
	军事	水下监视、隐蔽的远程监视记录、夜间射击控制
	研究工作	记录空气动力学、核物理等方面的高速微光现象, 记录空间探测的确定方位 水下自然现象的记录
材料折射、色散、偏转和透明性的拍照	材料检查	应变光学
	天文学	天象的记录
显微镜工作	冶金学和地质学	在厚而不透明的断面内, 现象的快速记录和一般记录
	动物学	仅在极微光下发生的现象(即临阈现象)的记录
红外象增强器的应用		
在红外光照明条件下, 观察黑暗过程	照相工业	在对照相乳胶不起作用的光谱区中进行目视工作, 对胶卷和象纸进行试验, 黑暗中修理发生故障的机器
	动物学	研究动物, 特别是夜间活动的动物的行为
	公安工作和工事的防御	管理某一地区
	心理学和医学	研究某种行为
利用与可见光相比有不同折射、色散、偏转和透明度的红外照相或观察	材料检查	应变光学
	动物学	利用红外线发射(例如昆虫中的甲壳虫)的研究
	法律技术	伪造物的检查
	艺术史	伪造物的检查
	测量学	扩展浓雾大气的可见区
	光学	红外区双折射的研究
	天文学	行星和恒星的星象记录

(续 表)

应 用 类 型	使 用 部 门	应 用
红外显微镜工作	生物学和动物学	光敏制品的检定
	冶金学和地质学	金属或矿物断面的检定
使温度高于200°C 的热辐射成为可见的工作	材料检查	检查机器上存在热应力部分的温度分布
	消防队	研究起火的原因, 寻找火的中心区域

紫 外 辐 射 的 应 用

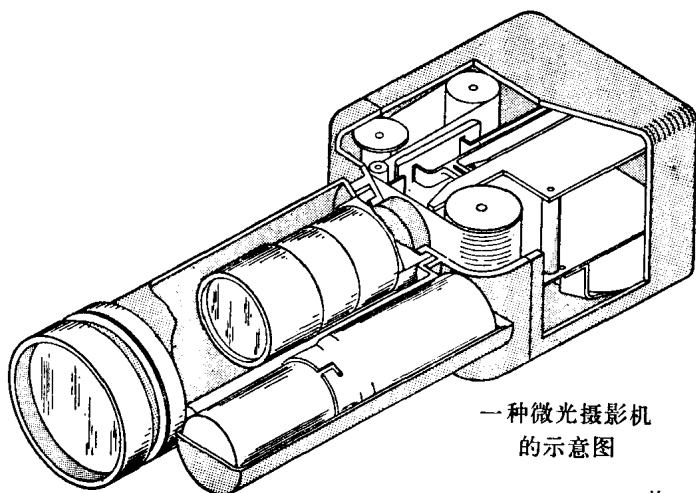
利用衍射、物质 辐射和物质透过 辐射等性质的紫 外照相	材料检查	利用液体磷光的表面伤痕记录 瞬时薄膜现象的记录
	动物学和生物学	记录在辐射影响下动物活动和植物生长的 情况
	法律技术	伪造物的检查
	艺术史	伪造物的检查
	光 学	用菲涅耳波带片成象
	天文学	用装在人造卫星上的望远镜进行天体的紫 外照相
	物理学	等离子现象和高能现象的记录
	生物学	快速变化的生理过程的非干涉研究
紫外光显微镜工 作	动物学	标本的横断面和有关现象的研究
	冶金、地质学	金属和矿物断面的检定

X 射 线 辐 射 的 应 用

X射线照相	材料检验	检查静止和运动物体两者的内部情况, 以 及检查超高速运动的材料
	动物学和生物学	利用低辐射强度, 使用放射性跟踪器记录 植物和动物的内部活动情况
	核物理学	材料检验, 高能现象的记录
	天文学	利用人造卫星研究 X 射线辐射

(续 表)

应 用 类 型	使 用 部 门	应 用
	物理学	快速结晶体取向的劳厄图形的直接观察 时效产品 改变劳厄图形 用粉末或单晶体图形证认材料 使用象增强器脉冲调制代替X射线管脉冲 调制作瞬事件的X光照相 用电视技术作X射线图形的远程显示 从谱线宽度的变化测量结晶的程度
中 子 辐 射 的 应 用		
使用辐射转换屏 和微光摄影机记 录器的中子阴影 图形照相	材料检查	在重材料内的轻型材料(即铅管中的水)的 检验 检验稠密组织(结构)中强吸收物体的运动 检验核反应控制材料(对已燃烧完的材料) 检查核保护措施
	动物学和生物学	跟踪标本中物质运动的过程
	天文学	人造卫星空间观察
	物理学	超高能记录,中子衍射研究



目 录

第一章 光电成象的概述	1
1.0 引言	1
1.1 辐射特性	3
1.2 光电成象技术	10
1.3 微光成象的历史	15
第二章 夜天光	22
2.0 引言	22
2.1 月光	28
2.2 气辉	33
2.3 星光	36
2.4 对流层的热辐射	40
2.5 辐射在大气中的传播	40
2.6 夜间反射率	42
第三章 象增强器的特性	48
3.0 引言	48
3.1 静电聚焦象增强器	51
3.2 磁聚焦象增强器	54
3.3 近贴象增强器	55
3.4 多级增强器	56
3.5 高速变象管摄影技术	62
3.6 分立通道电子倍增式象增强器	72
3.7 固体象增强器	76
3.8 拉耳芒型照象管	79

第四章 微光透镜系统	84
4.0 引言	84
4.1 透镜参数对图象性质的影响	85
4.2 快速透镜的设计	92
4.3 物镜的考虑	107
4.4 回转稳定的透镜系统	108
第五章 象增强器电子照相	111
5.0 引言	111
5.1 实验系统	112
5.2 被动夜间摄影机的分析	118
5.3 摄影机设计的考虑	126
第六章 微光电视	129
6.0 引言	129
6.1 超正析摄像管的特性	131
6.2 象增强器-超正析摄像管	147
6.3 微光光导摄像管	148
6.4 电视中的噪音	153
6.5 超正析摄像管和光导摄像管中的图象惯性	155
6.6 红外电视	158
第七章 荧光体显视器的照相记录	160
7.0 引言	160
7.1 荧光体显示器的特性	162
7.2 荧光体面板亮度的实际测量和估算	168
7.3 胶卷特性	170
7.4 荧光体-胶卷系统的考虑	173
7.5 光学象的传递	175
7.6 阴极射线管的特性	182
7.7 微光电视记录	183

• x •

第八章 特殊的电视记录技术	187
8.0 引言	187
8.1 光束记录	188
8.2 电子束记录	203
8.3 记录特性的比较	215
第九章 图象记录材料	218
9.0 引言	218
9.1 记录材料的鉴定	223
9.2 电照相记录	225
9.3 电介质记录	236
9.4 金属氧化物还原记录	241
9.5 重铬酸盐胶体层记录	242
9.6 自由基记录	242
9.7 电解记录	243
9.8 重偶氮记录	245
9.9 光致色互变记录	247
9.10 光化学记录	249
9.11 光聚化记录	249
第十章 微光仪器及其应用	252
10.0 引言	252
10.1 微光天文学	253
10.2 高速微光摄影象管	261
10.3 X射线成象系统	264
10.4 显微镜学	269
10.5 结构分析	273
10.6 微光电视的海上应用	273
10.7 未来的潜力	274
第十一章 微光光电元件物理	284
11.0 引言	284

11.1	光电阴极	285
11.2	电子透镜特性	292
11.3	电视电子束扫描	301
11.4	象管的背景发射	302
11.5	二次发射	307
11.6	增强器理论	308
11.7	环境效应	311
第十二章 成象接收器的比较		315
12.0	引言	315
12.1	眼睛的性能	318
12.2	照相探测器	326
12.3	象增强器	334
12.4	微光电视	336
12.5	系统的比较	339
12.6	比较小结	349
第十三章 电子照相的数学分析		353
13.0	引言	353
13.1	调制传递函数	355
13.2	描述模型	356
13.3	边缘梯度技术	371
13.4	实验结果	374
13.5	调制传递函数的概率分布	376
13.6	参量分析	377
第十四章 微光图象的鉴定		380
14.0	引言	380
14.1	总的考虑	381
14.2	目标的描述	382
14.3	理论探测范围	383

14.4 所需要的视场	388
14.5 象的探测和识别	390
14.6 多焦距仪器	392
文献目录	395

第一章 光电成象的概述

1.0 引言

前几年,在改善微光条件下观察和记录象的能力方面,有了很大的进展。象增强器和摄像管的基本功能是放大了光的能量,这就使得对设备只需作较小修改的若干重要的研究工作和工业应用成为可能。

象增强器和电视的应用内容在不断地丰富。几年来,在一些专门应用领域中,特别是在军事、天文学、高速现象的记录和特殊核物理记录方面,许多研究工作者研制并使用了微光仪器。冶金学、生物学、动物学和地质学方面也从一些特殊成象器件中有所获益。图 1.1 说明一个比较值得注意的未来的应用例子。

光电成象器件超过普通照相机的主要好处在于大大减少了光学系统的理论焦比。虽然这些器件有分辨率的损失,但在许多情况下,减小视场便足以克服这个问题。

例如,中型望远镜采用光电成象记录技术就可以获得相当于最大型望远镜所获得的记录结果。另外,超正析摄像管和象增强器在大型望远镜上的使用,还可缩短一个数量级甚至更多的记录时间。因此,微光光电成象记录的发展使天文学得到了不少的好处。

这些新型光电仪器的高效用,是由于研制并使用了量子效率比胶卷或人眼要高得多的光电阴极材料。正是由于这种高效率地将光子转换成为可见信息的能力,使得光电微光成



图 1.1 月球宇航员携带的昼夜电视摄像机。其特点是。可以微型电路化和在大约 10^{-5} 呎·烛光照度下摄象管具有使清晰度超过 300 条线的灵敏度

象仪器极为有用。在过去三十年中，仅发明了三种有效的半导体光电发射阴极的通用管子。其中之一具有多碱阴极(S-20)，被广泛用于微光成象系统。这些发射阴极都是用实验方法找到的，但是仍然还存在着一个对光电阴极基本物理过程的认识问题。近年来，随着对固体物理学和半导体的认识的加深，给了光电阴极的研制以巨大的帮助。

然而，就是具有高量子效率的仪器也总会出现这样的情况，即到达光敏面上的信息必然总是有限的光子。因此，就必须增加仪器的聚光能力，这意味着仪器的透镜系统将要变得很大。但是，增加透镜的尺寸就意味着要增加仪器的尺寸和重量，以及应用于运动场合下的困难。当光子达到极限程度时，就必须研究用某种方式照明目标，改用光源来替换庞大的

透镜系统。

1.1 辐射特性

在谈到光电阴极的量子效率时,人们应该想到,光是用不连续体或光子来传播能量的。在理想情况下,由这些光子传播的信息要求接收器对每一个量子都有所反应。然而,光子就像下雨一样地乱打。达到任意一点上的光子数目决定了象的亮度。单位时间内打到那里的平均光子数越多,象的亮度就越大。接收仪器的信号位置和引起光子强度变化的物体位置之间,必须有一定的几何关系。

象的形成与在给定时间内到达的光子总数有关,而与到达率无关。当象的对比度发生变化以及所探测到的光子总数有突然变化时,那末光子的积分效应将是最明显的。在反射不同光子数量的物体之间,所探测到的光子数如果较少,就不能产生明锐的界限。光子数目不足就会引起象的边缘模糊。当相邻表面中的光子数之比(反衬比)较小时,分辨率就受到恶化而损失。可以由理论和实验两种方法来确定鉴别象的量子极限效应。

1.1.1 鉴别象的量子极限

在探测器的单位面积上成象的,由景物发出的光子到达率是象窗户上的雨点一样地散乱不均的。当计数或累积由景物反射的光子时,积累时间决定单位面积上的光子数和光子计数可靠性的程度。

测定打到探测器面积(例如5对线/毫米的探测器)上的光子数对说明问题是有益的。在1/10秒内,一个产生5对线的探测器的0.1平方毫米面积,理论上将从有 10^{-6} 呎·朗伯