

普通高等教育
兵工类规划教材

显示技术

刘榴娣 常本康 党长民 编

光电成像技术系列教材



北京理工大学出版社

显 示 技 术

刘榴娣 常本康 党长民 编

北京理工大学出版社

(京)新登字 149 号

内 容 简 介

本书是高等工科院校光电成像技术专业的兵工系列教材之一。本书系统地介绍了各种发光机理和多种显示技术,如阴极射线发光,电致发光,等离子发光之机理;液晶显示,激光显示,字符和图形显示,平视显示,大屏幕显示等类型显示技术。在讲述发光机理和显示技术理论知识的基础上,还介绍了若干实用显示系统和该领域的许多新进展。本书具有较深的理论性和较强的实用性。

本书可作为高等工科院校有关专业的本科生或研究生的教材;亦可供从事发光理论和显示技术的研究,及显示器件和显示系统的生产与使用部门的科技工作者参考。

显 示 技 术

刘榴娣 常本康 党长民 编

☆

北京理工大学出版社出版发行

各地新华书店经售

清华大学印刷厂印刷

☆

850×1168 毫米 32 开本 11.625 印张 300 千字

1993 年 8 月第一版 1993 年 8 月第一次印刷

ISBN 7-81013-779-4/TN·42

印数:1-3500 册 定价:6.60 元

出 版 说 明

遵照国务院国发[1978]23号文件精神,兵器工业总公司承担全国高等学校兵工类专业教材的规划、编审、出版的组织工作。自1983年兵工教材编审室成立以来,在广大教师的积极支持和努力下,在国防工业出版社、兵器工业出版社和北京理工大学出版社的积极配合下,已完成两轮兵工类专业教材的规划、编审、出版任务。共出版教材211种。这批教材出版对解决兵工专业教材有无问题、稳定教学秩序、促进教学改革、提高教学质量都起到了积极作用。

为了使兵工类专业教材更好地适应社会主义现代化建设需要,特别是国防现代化培养人才的需要,反映国防科技的先进水平,达到打好基础、精选内容、逐步更新、利于提高教学质量的要求,我们以提高教材质量为主线,完善编审制度、建立质量标准、明确岗位责任,建立了由主审审查、责任编委复审和教编室审定等5个文件。并根据兵工类专业的特点,成立了九个专业教学指导委员会和两个教材编审小组。以加强对兵工类专业教材建设的规划、评审和研究工作。

为贯彻国家教委提出的“抓好重点教材,全面提高质量,适当发展品种,力争系统配套,完善管理制度,加强组织领导”的“八五”教材建设方针。兵工教材编审室在总结前两轮教材编审出版工作的基础上,于1991年制订了1991~1995年兵工类专业教材编写出版规划。共列入教材220种。这些教材都是从学校使用两遍以上、实践证明是比较好的讲义中遴选的。专业教学指导委员会从兵工专业教材建设的整体考虑对编写大纲进行了审查,认为符合兵工专业培养人才要求,符合国家出版方针。这批教材的出版必将为兵工专业教材的系列配套,为教学质量的提高、培养国防现代化人才,为促进兵工类专业科学技术的发展,都将起到积极的作用。

本教材由果玉忱主审,经兵器工业总公司光电技术专业教学指导委员会复查,兵工教材编审室审定。

限于水平和经验,这批教材的编审出版难免有缺点和不足之处,希望使用本教材的单位和广大读者批评指正。

中国兵器工业总公司兵工教材编审室

1992年8月

序

光电成像是适应信息社会的需要而迅速发展的一门新技术分支学科。这一先进的技术为人类有效地扩展了自身的视觉能力。利用光电成像技术,可在全黑的夜空不用照明能像白天一样看清周围景物;可利用景物本身在常温下的辐射能获得可见的图像信息;可通过视频信号的转换能完成图像的传输,存贮以及处理等功能。由于光电成像技术首先在军事领域中得到了应用,因此这一技术已成为国防科技中至关重要的专业技术。

中国兵器工业总公司教材编审室最近组织编写了光电成像技术专业的系列教材,这是做了一件很有意义的工作。通过这套教材,读者可以全面了解军事及民用领域中光电成像技术的主要内容及其进展。

光电成像技术,一可以扩展人眼对微弱光图像的探测能力;二可以将超快速现象记下来;三可以开拓人眼对不可见辐射的接收能力。正是由于光电技术的这些作用,才逐步发展成为现在的各类光电成像器件及系统。并由此建立并发展了这一技术学科。

光电成像是以微光图像的增强和红外、紫外、X射线、亚毫米波等非可见辐射图像的探测与处理为基本内容的高新技术分支学科。由于军事工程的迫切需求,这一技术取得了迅猛的发展。当前光电技术已达到接近光子探测的极限水平。其主要标志是:具有高量子效率的负电子亲和势光电阴极的第三代微光像增强器已走出实验室进入商品化市场;以超大规模的电荷耦合器件(CCD)面阵为核心的高性能固态摄像机已在国防和民用领域获得广泛应用;热成像中引入了焦平面技术,多元探测器的光机扫描热成像系统的噪声等效温差已可优于 0.01K ;辐射探测的长波限已延伸到

30 μm 的波段;40 μm 以上波段的开拓工作也有所进展;以红外电荷耦合器件(IRCCD)为核心的凝视热成像系统的发展正方兴未艾,并已开始在一些体积、重量要求严格的应用场合取代了光机扫描式热像仪。利用光电成像器件,可以将超快速(例如核爆炸、高压放电的形成)在纳秒、皮秒、以至飞秒级变化现象记录下来。

由 30 年代至今,光电成像技术的发展历程已走过了 60 年。当前光电成像技术已渗透到许多科学领域中。这一技术开拓了二维高密度以及随时间变化的三维信息源,促成了人类视觉探测域的光谱延伸、阈值扩展和时间暂留。根据当代社会对发展图像信息技术的迫切需要、国防上对夜战和图像制导等技术的重视,可以预计光电成像技术定会有更为迅速的发展前景。为此我深信这套教材的出版将会促进这一新兴分支学科的发展。

王大珩

1992 年 6 月

前 言

本《显示技术》是按机械电子部《光电技术》专业教学指导委员会审定的光电技术系列教材编写大纲、为工科高等院校光电成像技术专业教学而编写的教材。

本《显示技术》共有十一章,其内容可分为三个基本部分。第一部分,即第一章,概述了显示技术的发光理论基础,发光与显示的分类,显示器件和系统的技术要求等。第二部分,即第二章至第十章,讲述了各种类型、各种形式的显示器件和显示系统,计有阴极射线致发光显示,液晶显示,注入电致发光显示,高场电致发光显示,等离子显示,激光显示,大屏幕显示,字符和图形显示系统,平视显示系统等。各章都分别以介绍各类显示器件的显示原理、结构和特性为主,同时也介绍了若干典型的系统及其性能和应用。这样讲述的目的在于使学生既掌握各种显示技术的一定的理论依据,又了解许多生产工厂里和商品市场上的实际情况和实用数据,使学生不仅学习了知识,同时培养学生理论联系实际观念,树立重视社会实践的思想。第三部分,即第十一章,简要介绍显示技术的发展趋势、主攻方向。除了使学生了解这方面的知识外,还期望提高学生面向实际,面向未来,勤于思考,勇于创新的精神。

北京理工大学刘榴娣担任本书的主编,并负责编写第一、二、七、十、十一各章;第三、四、五、六各章由华东工学院常本康编写;第八、九章由北京理工大学党长民编写。

本书承蒙华东工学院果玉忱教授主审;北京理工大学高雅允副教授、长春光机学院陈玻若副教授审定;由中国兵器工业总公司教材编审室杨实诚高级工程师审核。我们谨向他们致以深切的敬意。

由于我们水平有限,书中难免有不足或错误之处,诚望读者批评指正。

编 者

1992年3月

目 录

第一章 概论	1
§ 1.1 发光与显示技术	1
§ 1.2 发光与显示技术的分类	4
§ 1.3 显示器件和显示系统的主要性能指标	8
习题和思考题	11
参考文献	11
第二章 阴极射线致发光显示	12
§ 2.1 阴极射线致发光	12
§ 2.2 彩色重现原理	26
§ 2.3 显像管	53
§ 2.4 雷达显示	85
§ 2.5 荧光显示	95
习题和思考题	103
参考文献	104
第三章 液晶显示	105
§ 3.1 液晶及其物理性质	106
§ 3.2 液晶的电光效应	117
§ 3.3 液晶的热光效应	127
§ 3.4 液晶的彩色显示	133
§ 3.5 液晶显示器件的典型制造工艺	136
§ 3.6 液晶显示器的工作特性	141
§ 3.7 液晶显示器的驱动	143
§ 3.8 液晶显示器的优缺点、应用和发展动向	147
§ 3.9 其它被动型液晶显示器件	150
§ 3.10 液晶电视	151
习题和思考题	153

参考文献	154
第四章 注入电致发光显示	155
§ 4.1 注入式电致发光原理	155
§ 4.2 发光二极管的材料和结构	161
§ 4.3 发光二极管的特性	164
§ 4.4 发光二极管的驱动	167
§ 4.5 发光二极管的应用	170
习题和思考题	174
参考文献	175
第五章 高场电致发光显示	176
§ 5.1 高场交流电致发光(ACEL)机理和器件	176
§ 5.2 高场直流电致发光(DCEL)机理和器件	183
§ 5.3 高场薄膜电致发光(TFEL)显示	187
§ 5.4 高场薄膜电致发光器件的驱动	191
习题和思考题	193
参考文献	193
第六章 等离子显示	194
§ 6.1 气体放电物理基础	194
§ 6.2 交流等离子显示	204
§ 6.3 直流等离子显示	216
§ 6.4 彩色等离子显示	218
§ 6.5 等离子显示的特点及应用	225
习题和思考题	226
参考文献	227
第七章 激光显示	228
§ 7.1 激光显示系统的组成和特点	228
§ 7.2 显示用激光光源	230
§ 7.3 光调制器	235
§ 7.4 光偏转器	240
§ 7.5 激光彩色显示	244
§ 7.6 激光声光显示	251
习题和思考题	253

参考文献	253
第八章 大屏幕显示	255
§ 8.1 大屏幕显示的标志和要求	255
§ 8.2 光阀型大屏幕显示	256
§ 8.3 投影式大屏幕显示	266
§ 8.4 平板型大屏幕显示	271
§ 8.5 其它大屏幕显示	278
习题和思考题	280
参考文献	280
第九章 字符和图形显示系统	284
§ 9.1 字符和图形显示的一般概念	284
§ 9.2 字符和图形显示系统的组成及工作原理	292
§ 9.3 字符和图形显示的接口和实时控制系统	308
习题和思考题	319
参考文献	319
第十章 平视显示系统	321
§ 10.1 平视显示的目的和技术要求	321
§ 10.2 平视显示系统的组成和工作原理	328
§ 10.3 平视显示的光电系统	335
习题和思考题	350
参考文献	350
第十一章 显示技术展望	352
习题和思考题	
参考文献	

第一章 概 论

本章介绍发光和显示技术的一般概念、分类、主要性能指标及其应用。作为以后介绍各类显示器件和显示系统的基础。

§ 1.1 发光与显示技术

1.1.1 发光的一般概念

发光现象是显示技术的基础。研究发光不仅对了解光和物质的相互作用、探索物质的内部结构、掌握光的本质,有重要的理论意义;而且对于发展显示技术、服务国民经济和国防建设,也有重要的实际意义。从日常生活到宇宙航行的广阔领域,凡涉及光源、照明及显示之处,都有发光的各种应用。如电视机、夜视仪、雷达显示器,如工业上的监视、农业上的选种、古代彩画的鉴别,等等。

物质发光的现象早就被人类所发现,如果以某种方式(用紫外线、高能电子、X射线、 α 、 β 和 γ 射线等高能辐射)激发某些物质,则该物质的一部分能量,可能以可见光谱或近于可见光谱的电磁辐射的形式重新发射出来,这种现象称为发光。

用热能激发也可能使物质发光,称为热光。当物质加热到 400°C 以上时,其辐射中就含有一些可见光线(如太阳光和白炽灯光),这是热辐射,不属于本课程研究的范围。除了用热激发形式之外,由其它形式激发的发光,叫做冷光,它是本课程研究的对象。但必须指出,其发光的光谱要是在可见光谱或近于可见光谱的范围,这个范围又刚好在电磁波谱的热辐射区域,因此,不能把发光和热辐射混淆起来,两者是有区别的。外界光线照射物体,也会使物体

有光(如月亮的光,彩虹的光),这是物体反射、散射的光,反射和散射不经过激发和中间状态;随着外界照射作用的去除,反射、散射光立即消失,所以,反射和散射的光不叫发光。发光要经过激发、中间状态等一系列过程,其发光时间大于 10^{-10}s ,也就是说,我们研究的发光现象是除了热辐射之外的,具有 10^{-10}s 或更长的发光时间的那一部分辐射。

1.1.2 显示技术及其应用

显示技术,顾名思义,是一种将反映客观外界事物的信息(光学的、电学的、声学的、化学的,等),经过变换处理,以适当形式(主要有图像、图形、数码、字符)加以显示、供人观看、分析、利用的一种技术。广义地讲,显示技术,包括原始的各种机械显示技术,典型的例子是,机械式钟表,是一种时间显示装置。现在所谓的显示技术,可称电子显示(或信息显示)技术,它是建立在光学、化学、电子学、机械学、声学等科学技术基础上的具有某种程度的综合性技术。我们这里所讨论的,就是这种常说的电子显示技术。

显示技术所涉及的研究课题是多方面的,包括各种发光材料的发光机理的研究、实验;各种显示方式的基本原理及其结构型式,显示用的材料与器件的选择与制作工艺;显示信息的输入、变换、处理与控制,等等。

随着科学技术的发展,随着经济、军事、社会与人们生活的发展,信息的种类和数量不断增加,据统计,近年来,信息量的年增长率为 13%;在今后若干年内,将可能达到 40%。人们在社会的各种活动中,每日每时都在获得某种信息。研究表明,人经各种感觉器官从外界获得信息,其中,视觉占 60%,听觉占 20%,触觉占 15%,味觉占 3%,嗅觉占 2%。由此可见,人获得的信息近 2/3 是通过眼睛的。而显示技术,正是为人们提供各种各样重要信息的一个窗口;并且,可以想见,显示技术还有极其广阔的发展天地。

显示技术的应用,已经十分广泛。在人们的日常生活中,典型

的例子很多,如电视机,已普及于世界各地的千家万户;电子手表,已成为亿万人的日常用品;电子游戏机已开始深入家庭;电视电话,方兴未艾。

在广阔的社会生活天地里,大量的普遍的采用显示技术。在体育比赛场上,大屏幕图像和数码显示器,用以显示比赛时间进程、比赛成绩;在许多重要会议上,用大型自动电子表决器,显示选举、表决的结果。

在工农业生产中,广泛采用电视,监视生产过程;在利用机器人的许多场合,通过电视帮助指挥、控制操作;在农业选种育种上用示踪技术显示种子的发育状态。

在交通运输中,在铁路枢纽,显示各条线路上营运的状态;在码头上,显示各个泊位的情况;在机场上,显示各跑道上的情况。

在宇航事业中,卫星发射场,用电视显示现场作业情况;在宇航测控、指挥中心,用大屏幕显示火箭升空、星箭分离、卫星在轨道上运行的情况;在宇宙飞船飞行中,显示宇航员活动及内外环境。

在科学实验中,处处使用数字电压表、数字频率计、各种示波器;在各种科研、生产、事业及管理部门,几乎所有的计算机系统都无不使用各种各样的图像、图形、数码、字符显示装置。

在医疗单位,广泛采用超声波检查诊断技术,采用 X 光透视闭路电视,采用 CT 断层扫描等。

在公安系统中,采用微光电视装置进行侦察;利用红外成像显示技术作现场监视、保卫。

在军事上,几乎采用了所有最新的先进的显示技术,如:雷达显示,夜视显示,等等。

总之,显示技术在国民经济、社会生活和军事领域,都有广泛的应用,起了重要的作用;显示技术已经成为现代人类社会生活的一个不可缺少的技术领域。

§ 1.2 发光与显示技术的分类

1.2.1 发光的分类

发光现象是多种多样错综复杂的,是由许多方面的因素决定的,为了研究的方便,通常按发光物质的激发方式、化学结构、发光期间、发光体的形态和用途、发光机构等加以分类。

一、根据激发方式分类

这是常用的分类方法,在发光的技术实践上,有重要意义。按此法把发光分为:

(1) 光致发光:发光体在光(通常是紫外光)照射下激发发光。如日光灯的发光,就是日光灯管内的水银蒸汽在外电场作用下放电而辐射出的紫外光,激发管壁上的磷光体而发光的。

(2) 阴极射线致发光:发光体在加速电子的轰击下的激发发光。如显像管和变像管的发光。

(3) 电(场)致发光:发光体在电场或电流作用下的激发发光。分半导体发光二极管电致发光和高场粉末电致发光。如首都体育馆内比赛时用的自动记分显示器,就是电致发光应用之一例。

(4) 化学发光:发光体在化学反应过程中,由化学能激发之发光。如磷在氧化时的发光。

二、根据发光体的化学结构分类

(1) 无机化合物的发光:钨酸盐、钼酸盐、稀土元素的发光。

(2) 有机化合物的发光:如芳香族的萘、蒽及其衍生物、各种染料如荧光黄、曙红等之发光。

(3) 晶态磷光体的发光:如硫化物荧光体,硅酸盐磷光体,氧化物磷光体,碱金属卤化物磷光体以及其他晶态磷光体的发光等。

三、根据磷光体的形态和用途分类

可分为固体、液体、气体发光材料之发光和光致发光材料、阴极射线致发光材料、电致发光材料、放射线发光材料之发光。

四、根据发光期间分类

发光期间是发光物质的一个重要特性。

早先人们曾经从发光的时间概念出发,将发光区分为荧光和磷光,把激发停止后发光随即停止的,叫荧光;把激发停止后仍有余辉的,叫磷光。后来发现实际上都有余辉,只不过余辉时间有长有短而已。有时又以大约 10^{-8}s 为界划分荧光和磷光,有时又称人眼能感觉到余辉的长发光期间者,为磷光;人眼感觉不到余辉的短发光期间者,称荧光。现在,根据一般余辉时间的长短,分为三类:

长余辉发光——余辉时间长于 0.1s 的发光;

中余辉发光——余辉时间 $0.1\sim 0.001\text{s}$ 的发光;

短余辉发光——余辉时间短于 0.001s 的发光。

五、根据发光的动力学性质(发光机构)分类

(1) 分立中心发光。发光物质的发光中心(即发光体内部在结构中能发光的分子)受激发时并未离化,即激发和发射过程发生在彼此独立的、个别的发光中心内部的发光叫做分立中心发光。这种发光是单分子过程,并不伴随有光电导,故又称为“非光电导型”的发光。

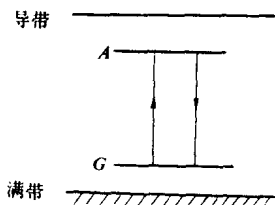


图 1-1 自发发光

分立中心发光又有两种情况,一种是受激发的粒子(如电子),受粒子内部电场作用从激发态 A 而回到基态 G 时的发光,叫自发发光(或自立发光),如图 1-1 所示。这种发光的特征是,与发射相应的电子跃迁的几率,基本上决定于发射体内的内部电场,而不受外界因素的影响。另一种是受激发的电子,只有在外界因素的影响下才发光,叫受迫发光。它的特征是,发射过程分为两个阶段,如图 1-2 所示,受激发的电子出现在受激态 M 上时,从状态 M 直接回到基态 G 上是禁戒的。在 M 上的电子,一般也不是直接从基态 G 上跃迁来的,而是电子受激后,先由基态 G 跃迁到