

高等学校电子信息类专业
“十三五”规划教材

ELECTRONIC
INFORMATION SPECIALTY

显示技术

(第二版)

主 编	肖运虹	王志铭
副主编	兰 慧	胡小波
	周 非	常 迪

 西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>



高等学校电子信息类专业“十三五”规划教材

显 示 技 术

(第二版)

主 编	肖运虹	王志铭
副主编	兰 慧	胡小波
	周 非	常 迪

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书是按教育部颁布的相关教学大纲要求,跟踪当前显示技术的最新发展,在介绍显示技术发展概况的基础上,对显示技术及其典型器件和系统进行了全面阐述。全书共分为6章,主要内容包括显示技术基础、阴极射线管显示技术、液晶显示技术、等离子体显示技术、激光显示技术、OLED显示技术、QLED显示技术、3D显示技术以及VR显示技术等。

本书具有理论深度适中、实用性强的特点,适于教学和自学;同时,各章末都附有习题,以帮助读者加深对本书主要内容的理解。

本书可作为高等学校电子信息工程、光电信息工程、光电子技术等电气信息类专业本科生的显示技术专业课教材,也可供从事相关领域工作的专业技术人员和电子爱好者阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

显示技术/肖运虹,王志铭主编. —2版. —西安:西安电子科技大学出版社,2018.2
高等学校电子信息类专业“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5606-4822-4

I. ①显… II. ①肖… ②王… III. ①显示—高等学校—教材 IV. ①N27

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 000441 号

策 划 云立实

责任编辑 买永莲

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2018年2月第2版 2018年2月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 12

字 数 280千字

印 数 1~3000册

定 价 27.00元

ISBN 978-7-5606-4822-4/TN

XDUP 5124002-1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

前 言

《显示技术》第一版自 2011 年出版以来，广为读者所关注，已被许多院校和培训部门选为教材。由于显示技术的飞速发展及教改的进一步深入，也促使该书必须不断改进和完善。因此，我们在第一版的基础上进行了一些修订，以便更好地适应当前“显示技术”课程教学的需要。

本次修订体现在具体内容和体系上，主要有以下几个方面：

(1) 为了适应现代显示技术迅速发展的需要，能够较好地面向 21 世纪的新时代，增强了 OLED 显示技术等内容，并适当压缩了如 CRT、PDP 等传统显示的某些内容。

(2) 在保证基本理论完整性的原则下，精简了一些分立元件电路内容。

(3) 在修订中，既注意保持原书的风格，同时完善了有关基本理论内容，并且增加了相应的习题，使正文内容与例题、习题紧密配合。

本次修订对原书的基本框架未作大的调整，修订内容主要涉及第 2、4、5、6 章。全书主要由肖运虹、王志铭进行修订。

该次的修订工作得到了西安电子科技大学出版社，特别是云立实老师的关心和支持，在此表示深深的谢意。

由于编者水平有限，书中疏漏在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2017 年 11 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 信息显示的意义	1
1.2 显示技术的发展	2
1.3 显示器件的分类	5
1.4 显示技术的研究内容	8
习题 1	9
第 2 章 显示技术基础	10
2.1 光度学基础	10
2.1.1 光的性质	10
2.1.2 光的度量	13
2.2 人眼视觉特性	14
2.2.1 人眼的视觉生理基础	14
2.2.2 视觉的时间特性和空间特性	15
2.3 色度学基础	22
2.3.1 彩色三要素	22
2.3.2 三基色原理	22
2.3.3 亮度方程	24
2.4 图像的分解、传送和合成	25
2.4.1 像素及其传送	25
2.4.2 光电转换原理	26
2.4.3 电子扫描	28
2.4.4 彩色图像的分解与合成	32
2.5 图像显示的基本参量	34
2.5.1 亮度、对比度和灰度	34
2.5.2 图像的尺寸与几何形状	35
2.5.3 电视图像清晰度与电视系统分解力	36
2.5.4 图像信号的频带宽度	37
2.5.5 每帧图像扫描行数的确定	39
2.6 视频信号	39
2.6.1 黑白视频信号	39
2.6.2 色差信号的组成与传送	44
2.6.3 标准彩条测试信号	46
2.6.4 色度信号的编码	48
习题 2	52
第 3 章 阴极射线管显示技术	55
3.1 阴极射线管	55
3.1.1 黑白 CRT	55

3.1.2 彩色 CRT	62
3.2 光栅显示器的组成	68
3.3 场扫描电路	68
3.3.1 场扫描电路的作用与组成	68
3.3.2 场振荡级与场驱动级	69
3.3.3 场输出级	71
3.4 行扫描电路	72
3.4.1 行扫描电路的作用与组成	72
3.4.2 行振荡级与行驱动级	73
3.4.3 行输出级	74
3.4.4 可变行频电路	79
3.5 视频放大器	82
3.5.1 对视频放大器的要求	82
3.5.2 视频放大器电路分析	83
习题 3	86
第 4 章 液晶显示技术	87
4.1 液晶的基本特征	87
4.1.1 液晶的基本概念	88
4.1.2 液晶的种类	88
4.1.3 液晶的光电特性	89
4.1.4 液晶板的透光性	91
4.2 液晶显示器件	91
4.2.1 液晶显示器件的分类	91
4.2.2 液晶显示器件的特点	95
4.2.3 液晶显示板的显像原理	97
4.3 液晶显示器件的驱动与控制	101
4.3.1 液晶显示器件写入机理	101
4.3.2 液晶显示器件常用的驱动方式	102
4.3.3 单个液晶显示单元的驱动原理	103
4.3.4 TFT 液晶显示系统的驱动原理	105
4.4 液晶显示的背照光源	117
4.4.1 液晶显示背照光源分类	117
4.4.2 常用背照光源技术简介	118
4.5 液晶电视技术	120
4.5.1 液晶电视的原理和工作过程	120
4.5.2 常见液晶电视实例	120
4.6 LCD 的技术指标与接口标准	127
4.6.1 与色彩有关的技术指标	127
4.6.2 与像素有关的技术指标	130
4.6.3 与速度有关的技术指标	131
4.6.4 与保养有关的技术指标	132
4.6.5 LCD 的接口标准	132
4.6.6 显示器认证标准	134

习题 4 137

第 5 章 等离子体显示技术 141

5.1 等离子体的基本特征 141

5.1.1 等离子体的概念 142

5.1.2 等离子体的发光机理 143

5.2 等离子体显示器 145

5.2.1 PDP 的分类与特点 146

5.2.2 等离子体显示屏的显像原理 148

5.2.3 典型等离子体显示器的物理结构 151

5.3 等离子体显示屏的驱动与控制 154

5.3.1 等离子体显示屏的驱动原理概述 154

5.3.2 等离子体显示器的电路组成 158

习题 5 167

第 6 章 其他显示技术 168

6.1 激光显示技术 168

6.1.1 激光的特性及发展 168

6.1.2 激光显示原理 170

6.2 OLED 显示技术 172

6.2.1 OLED 驱动原理 173

6.2.2 OLED 的优点与不足 174

6.3 QLED 显示技术 175

6.3.1 QLED 发光原理 175

6.3.2 QLED 的特点 176

6.4 3D 显示技术 176

6.4.1 配合眼镜使用的 3D 显示技术 177

6.4.2 裸眼 3D 显示技术 179

6.5 VR 技术 180

6.5.1 VR 和 AR 的异同 180

6.5.2 VR 技术特点 180

6.5.3 VR 显示原理 180

6.5.4 VR 系统构成 181

6.5.5 VR 盒子技术 181

6.5.6 VR 头显及外设 182

6.5.7 VR 技术的应用 183

习题 6 183

参考文献 184

第1章 绪 论

1.1 信息显示的意义

随着科学技术的发展和人们物质生活水平的提高,人们对精神生活的追求也越来越丰富。现代科学技术和人类生活一刻也离不开信息。当今社会,各种信息的获取、存储、传递、处理、输出变得越来越频繁和重要,信息包括了各种电信号和非电信号,各种物理量和非物理量。信息显示设备作为人一机联系和信息展示的窗口有着极其重要的作用。在当前迅猛发展的计算机技术、网络技术、通信技术、高清电视技术等信息技术的环境中,人们无论是在办公室还是在家庭生活中,几乎都离不开显示器。可以说,没有显示器,就没有如今的信息化社会。信息显示技术产业,已经成为电子信息产业的一大支柱。

显示技术是用电子学手段将各种信息以文字、符号、图形、图像的形式付诸人眼视觉的技术。

人的感觉器官中接受信息最多的是视觉器官(眼睛)。在日常工作和生活中,人们需要越来越多地利用丰富的视觉信息。研究表明:人的各种感觉器官从外界获得的信息中视觉占60%,听觉占20%,触觉占15%,味觉占3%,嗅觉占2%。可见,近2/3的信息是通过视觉器官获得的。因此,这也就促使人们对显示技术不断研究和创新。

显示技术的任务是根据人的心理和生理特点,采用适当的方法改变光的强弱、光的波长(即颜色)和光的其他特征,组成不同形式的视觉信息。视觉信息的表现形式一般为字符、图形和图像,而图像显示成为显示技术中最重要的方式。

显示技术具有技术新、应用广、发展快等特点。

(1) 显示技术传输与处理信息具有准确、实时、直观、信息量大的特点。人们的五官是感知外部世界的传感器,但在视觉、听觉、触觉、味觉、嗅觉中,视觉感知了60%的信息。人们常说“百闻不如一见”,说明对一个事物的详细描述虽可激发人们丰富的想象,但如能以某种方式看见事物本身,则可一目了然。图像包含了极大的信息量,如二维或三维空间信息、明暗、色彩以及它们与时间的关系等等。因此,信息以图像形式表现和传递,无疑比其他方式,如语言、文字,更为有效和迅速。计算机技术、电子技术、传感器技术与电子显示技术的结合,极大地从空间和时间上延伸和扩展了人类的视觉能力,借助现代科学技术,并在显示技术的支持下,现在人们已观看到月球地貌、探测到海底世界、运用红外夜视技术在黑夜中看清物体,并运用遥感遥测技术探索地球的奥秘、运用电视技术使亿万人同时目睹世界某一个角落正在发生的事件等等。总之,显示技术赋予了人类无以伦比的洞察能力,是人类获得信息的重要手段。

(2) 显示技术有很强的综合性与应用性。电子显示技术作为人一机联系和信息展示的窗口已广泛地应用于国防军事、航空航天、工业、农业、交通、通信、教育、娱乐、医疗等。

人们最熟悉的广播电视就是电子显示技术最重要的应用之一，电视深入千家万户，已成为人们生活的一部分。显示技术的应用涉及多学科的技术和知识，如微电子技术、计算机技术、半导体材料科学、真空放电技术以及色度学、光度学、人眼视觉生理学知识等等。毫无疑问，显示技术已经取得的成就离不开这些相关学科的发展。显示技术从它诞生时起就与实际应用紧密结合，而实用价值又促进了它的发展，电视技术和计算机技术即是两个最生动的例子。随着科学技术的进步和社会的发展，显示技术已进一步扩展了它的应用领域，如可视电话、医用断层扫描显示、巨型显示等。可以说，现代生活的各个方面，都已离不开电子显示技术了。

(3) 显示技术发展快。电子显示技术的发展有较长的历史，从第一只阴极射线示波管发明至今已经历了一百多年，这期间仅电子显示器件就层出不穷，而且从原理上完全不同于阴极射线管(CRT)的新型显示器件也相继出现，许多都已实用化，如液晶显示、等离子体显示、有机电致发光二极管显示、场致发射显示等等。显示技术的广泛应用又促进了它自身的发展，特别是半导体集成电路技术、计算机技术、材料科学与显示技术的发展相互促进，并且都取得了长足的进步。近年来随着物联网技术、3D 显示技术等新技术的出现，显示技术对人类社会生活的各方面都产生了更深刻的影响，已形成了一个巨大的经济产业。正因为如此，世界各发达国家都对其竞相投资和开发研究，力图在竞争中走在前列。

1.2 显示技术的发展

作为成像器件，阴极射线管(CRT)是实现最早、应用最为广泛的一种电子显示技术。阴极射线管是德国物理学家布劳恩(K. F. Braun)发明的，1897 年被用于一台示波器中而首次与世人见面，用于测量并显示快速变化的电信号。这只采用气体放电产生电子束并激发荧光质发光的电子显示器件，成功地实现了电信号向光输出的转换，成为电子显示技术发展的起点。

在追溯显示技术的发展历史时，我们不能忽视光电效应的发现，如果没有光电效应，就不能实现光能向电能的转换，也就不能把可见光信号变成电信号进行远距离传输。1817 年瑞典科学家贝尔兹列斯发现了在光的照射下可改变硒的电阻，1873 年英国科学家史密斯用实验证实了硒的光电转化作用，预示了将光变成电信号并发射出去的可能性。1839 年埃德蒙·贝克莱提出了被人称为“用电的方法看东西”的光电原理，从而在显示活动图像的漫长道路上跨出了重要的一步。

一提起图像显示，人们马上就会想起广播电视，想到电视接收机，而早期的电视接收机中的显示器件就是阴极射线管。它的发展在电子显示技术的发展史中确实占有引人注目的篇章。下面就以电视显示技术为例来谈谈显示技术的发展。

电视(Television)在拉丁语里是“远距离传送图像”的意思，它是用无线电电子学的方法，实时、远距离地传送图像信号和伴音信号的技术。它包括电视信号的产生、处理、发送、接收和重现等内容，涉及微电子学、光度学、色度学、视觉生理学以及通信技术等多种学科。到目前为止，电视技术的发展大致经历了黑白电视、彩色电视和数字电视三个阶段。

1883 年，德国工程师保罗·尼普科夫(P. G. Nipkov)提出了著名的“圆盘扫描理论”，

解决了图像的扫描方法问题,并设想利用硒元素的光电转换作用来实现图像信号的远距离传送。由于当时的客观条件所限,该系统理论并没有达到实用阶段,但它却在电视技术的发展史上具有极其重要的地位。保罗提出的顺序扫描与同步重现的“圆盘扫描理论”被后人称为解决电视扫描问题的经典理论。因此,德国人保罗·尼普科夫被后人誉为“电视鼻祖”。

1925年,英国人拜尔德(J. L. Baird)利用“机械扫描圆盘”试验成功了无线电传影机,并由他所主持的拜尔德公司与英国国家广播公司合作,首次播出电视试验节目,这意味着机械扫描黑白电视时代的开始。所以人们在谈论电视的发明时,都把英国人拜尔德看作“电视发明者”。

1931年,英国静电聚焦高真空型阴极射线管的研制成功,取代了充气放电的布劳恩管,而1933年由被称为“电视之父”的俄裔美国科学家佐利金发明的光电摄像管和显像管打开了电视系统由机械扫描电视进入电子扫描电视时代的大门,从此进入了电子扫描黑白电视时代,20世纪30年代到50年代初电子扫描黑白电视进入了它的全盛时期。二次世界大战期间,显示技术在电视应用方面处于停滞状态,但因雷达定位技术的发明,使其在用波形显示目标的距离与方位方面受到了极大重视。二战结束后,电视和其他显示技术都迅速发展,应用也愈来愈广。

1950年美国无线电公司(RCA)研制出第一只彩色显像管,标志着图像显示进入了彩色阶段,1953年美国联邦通信委员会(FCC)通过了NTSC(National Television Systems Committee)制模拟信号彩色广播电视标准,并于1954年1月正式开播,这标志着人类正式开始了模拟信号彩色电视广播阶段。

1956年法国和苏联共同研制成功了SECAM(Sequential Colour And Memory)制模拟信号彩色广播电视制式。

1962年德国德律风根(Telefunken)公司研制成功了PAL(Phase Alternation Line)制模拟信号彩色广播电视制式。NTSC制、PAL制和SECAM制并列为当今世界三大兼容的模拟信号彩色广播电视制式,它们分别得到了世界各国的采用。

20世纪60年代以后,由于世界各大企业的努力,不仅改进了彩色显像管的结构,提高了性能,更重要的是解决了大量生产的一系列难题,使电子显示形成了很大的产业并促进了它的快速发展。

值得指出的是,新型平板显示器件在进入20世纪60年代后相继出现,它们在原理上完全不同于传统的真空型阴极射线管显示器,如1968年RCA研究工作者海麦尔(G. Heilmeier)发明的液晶显示板,1969年日本学者伊次顺章研究的电致发光板,1966年美国伊利诺斯大学教授贝塞特等人研制的交流等离子体显示板等,由于它们在体积、功耗、全固态、低电压驱动以及与集成电路匹配等方面与CRT器件相比,有明显的长处,因而倍受重视,各发达国家竞相研究。这一时期还出现了发光二极管LED显示,并对电致变色显示和电泳显示等进行了研究探讨。激光器出现以后,激光在显示上的应用也受到重视,产生了全息显示。同时,为了军事控制指挥中心的需要,出现了多种大屏幕显示设备。20世纪70年代初期,微型计算机的出现和大规模集成电路技术的发展,使显示设备的处理部件得到重大改进。显示软件也得到相应的发展。因此,以电子束管为基础的图形、图像、彩色显示设备的应用进入一个新的发展时期。

20 世纪 50 年代中期至 90 年代初是模拟信号彩色电视广播发展的全盛时期,终端显像器件也由传统的阴极射线管 CRT,发展为液晶显示 LCD、等离子平板显示 PDP、电致发光显示 ELD 等显示方式;电路功能上也从单一画面显示发展到画中画显示(PIP),从手动控制发展到全功能遥控,从单声道伴音传送发展到多声道立体声伴音传送,从普通扫描电视发展到高清晰度扫描电视 HDTV(High Definition Television)等等。

1996 年美国高级电视系统委员会(ATSC)正式制定了美国数字信号彩色广播电视国家标准,标志着当今世界广播电视进入数字化时代。

综上所述,短短的几十年,电视技术经历了令人瞩目的发展,从第一代黑白电视发展到第二代彩色电视,再发展到现在的第三代数字电视。伴随着电视技术的发展,显示技术保持着不断创新的发展势头。可以预见,在不远的将来,整个显示系统将会产生更大的革命。

在 20 世纪,图像显示器件中,阴极射线管(CRT)占了绝对统治地位,如电视机显示器等绝大多数都采用 CRT。但在 21 世纪开始的十年,等离子体显示器 PDP、液晶显示器 LCD 等平板显示器迅速发展,特别是液晶显示器以其大幅度改善的质量、持续下降的价格、低辐射量等优势在中、小屏幕显示中几乎取代了传统的 CRT 显示器。

计算机技术与显示技术结合是显示技术发展进程中又一鲜明标志。作为人-机界面的图形显示器,比电视应用有更高的要求,微型计算机的普及也使图形、文字显示器等的性能提高,品种、数量增加,同时,平板显示技术也成为计算机显示更迫切的需要。

除计算机技术外,电子显示技术的其他非广播电视应用也是不容忽视的一个方面,军事、检测、医学、工业监视、电子印刷等,涉及面广、要求独特,因此在显示发展历史中,也促使了更多的器件被研制出来。电子显示技术目前已进入了高清晰度显示的新阶段。高清晰度显示技术在军事、航天、科技部门中被较早地研制与应用,这些方面的技术积累又极大地推动了目前民用高清晰度电视(HDTV)的发展。

综上所述,在追本溯源,回顾了显示技术发展史后,我们可以看到显示技术的发展有以下几个特点:

(1) 电子显示技术能有今天如此辉煌的成就,这是许多国家不同学科的众多科学工作者长期辛勤努力的结果。从第一只示波管的发明到高清晰度电视的出现,走过了一百多年的旅程,电视技术的发展也经历了半个多世纪,而今天科学工作者们仍在锲而不舍地进行着探索。

(2) 一种重要的新技术原理显示器件的出现往往标志着显示技术进入了一个新的发展阶段。如果注意到许多显示器件是显示系统中的核心部件,就不难理解这个特点了。特别是液晶显示等巧妙地运用了不同物理效应特性的新显示器件的不断涌现,对显示技术的发展起了重要的作用。

(3) 电子显示技术的发展也表明,它与其他学科的进步,如材料科学、微电子技术、半导体集成电路技术等都有着密不可分的关系。许多显示技术方案,如液晶显示,在早期虽有人预见了它们在显示方面的应用前景,但限于当时技术水平却无力实施,而在相关科学技术发展到一定水平后,它们便老树生新枝,生机盎然。这也反映了显示技术作为学科的综合性的技术,不仅与其他学科有着内在的横向交织,同时也有着不能割断的纵向联系。

(4) 显示技术的发展有着无限光明的前景。以电视显示为例,与最初期的数十行扫描

电视图像相比,现在的电视图像分辨率已经提高了两百倍,电子显示技术及相关技术的产品在世界电子行业中形成了相当大的产业,占有不可忽视的比例,而且仍在快速增长。目前,液晶显示屏(LCD)继续广泛应用于各种不同的领域,包括手机、膝上型电脑、笔记本电脑、电脑监视器、大屏幕电视以及数字广告屏。等离子体显示板(PDP)仍在继续其与LCD的竞争,特别是在大屏幕电视市场。现在的设计工程师追求更高的发光效率、更低的功耗和更佳的分辨率。发光二极管(LED)正变得无处不在,特别是有机发光二极管(OLED)已在平板显示的新一波浪潮中崛起。

显示技术的发展经历了黑白显示、彩色显示、数字显示等几个阶段。不同的显示时代解决了不同问题,每一个时代都有自己的特征。在彩色时代,由黑白改变为彩色,展现了绚丽多彩的世界。在数字时代,由标准清晰度转向数字高清,从模拟信号源提升为数字信号源,从中小尺寸屏幕提高到中大屏幕,等等。总之,更多的产品形式、更高的产品质量、更全面的产品性能将是未来显示技术发展的必然趋势。让我们拭目以待,继续关注显示技术的发展。可以预料,在不久的将来,随着科学技术的进一步发展,电子显示技术将不断写出灿烂的篇章。

1.3 显示器件的分类

显示器件从作用上讲是人和机器之间的媒介物,是一种人-机接口器件。显示器件把光信息转变为数字、符号、文字、图形、图像等形式,以供人们观看。在现代日益发达的信息社会里,显示器件起着极其重要的作用,它被广泛地应用于家庭、办公自动化、计算机终端显示以及国防军事、航空航天等各个方面。

显示技术发展到今天,其产品种类不断增多,规格型号已成百上千,我们可以根据不同的方法对其进行分类。例如,按显示技术分类,可分为真空型显示器件和非真空型显示器件,前者是指发展历史较长的CRT显示器件,后者泛指非真空型的各类新型显示器件;按显示材料可分固体(晶体和非晶体)、液体、气体、等离子体和液晶显示器件;按显示屏幕的大小可分为大屏幕显示器件(显示面积在 1 m^2 以上)、中型显示器件(屏幕对角线尺寸为 50 cm 左右)和小型显示器件(供个人使用的袖珍计算器、掌上型电脑、手机等的显示器);按显示内容可分为图形(只有明暗的线图)/图像(具有辉度层次的面图)显示器件、字符显示器件(只显示字母、数字、符号)和数码显示器件(只显示 $0\sim 9$ 阿拉伯数字);等等。

电子显示技术在原理上利用了电致发光和电光效应两种物理现象。所谓电光效应,是指物质在加上电压后其折射率、反射率、透射率等光学性质发生变化的现象,利用电光效应可显示图像、图形和字符。因此,我们又可根据电子显示器件本身是否发光,将显示系统分为自发光型(或称主动发光型)和非自发光型(或称被动发光型)两大类。自发光型是利用信息电信号来调制各像素的发光亮度和颜色,在显示器件屏幕上直接进行发光显示;非自发光型显示器件本身不发光,而是利用信息调制外光源而使其达到图像显示之目的。

显示器件的品种类型之多是惊人的,发展、创新的速度也是其他任何一种电子器件无法比拟的。正因为显示器件种类繁多,故迄今为止还没有一种完善的分类方法。最常见的一种分类方法是按显示器件的结构及显示原理来分类,其大体分为如下几种:阴极射线管(CRT)显示、液晶显示(LCD)、等离子体显示板(PDP)显示、电致发光显示(ELD)、发光

二极管(LED)显示、有机发光二极管(OLED)显示、场致发射显示(FED)。上述显示器件中,只有LCD为非主动发光显示,而其他六种都为主动发光显示。下面简要介绍一下它们的组成及特点。

1. 阴极射线管(CRT)显示

阴极射线管(CRT, Cathode Ray Tube)是一种电真空器件,通过驱动电路控制电子发射和偏转扫描,受控电子束激发涂在屏幕上的荧光材料而发出可见光。其主要特点是:可用磁偏转或静电偏转驱动,亮度高、色彩鲜艳、灰度等级多、寿命长、实现画面及活动图像显示容易;但需要上万伏的高压,且体积大、笨重、功耗大。CRT最初在雷达显示器和电子示波器上使用,后来用于家用电视机和计算机终端显示。

2. 液晶显示(LCD)

液晶显示(LCD, Liquid Crystal Display)是基于在电场中液晶分子排列的改变而调制外界光,从而达到显示的目的。液晶是液态晶体的总称,是一种介于液体和晶体之间的中间态物质,既有液体的流动性,又有类似晶体结构的有序性。在一定温度范围内,它既有液体的流动性、黏度、形变等力学性质,又具有晶体的热、光、电、磁等物理性质。液晶显示器件的最大特点是微功耗($1\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$)、低驱动电压($1.5\sim 3\ \text{V}$)二者兼备,并与大规模集成电路(LSI)驱动器相适应。同时它也是平板型结构,显示面积可从几个平方毫米(mm^2)到几千平方厘米(cm^2),特别适应于轻便型装置;采用投影放大显示时,容易实现数平方米(m^2)的大画面显示。另外,它也便于彩色化,可以扩大显示功能和实现多样化显示。LCD的不足之处是:响应时间受周围环境温度的影响,在低温或较高温环境下不能正常工作。

3. 等离子体显示板(PDP)显示

等离子体显示板(PDP, Plasma Display Panel)是一种利用气体放电的显示装置。这种屏幕采用了等离子管作为发光元件。大量的等离子管排列在一起构成屏幕。每个等离子管对应的每个小密封室内都充有氖、氙等惰性气体。在等离子管电极间加上高压后,封在两层玻璃之间的等离子管小室中的气体会产生紫外光,从而激励平板显示屏上的红、绿、蓝三基色荧光粉发出可见光。每个等离子管作为一个像素,由这些像素的明暗和颜色变化组合,产生各种灰度和色彩的图像,其工作机理类似于普通日光灯,与CRT显像管发光也相似。等离子体显示的彩色图像是由各个独立的荧光粉像素发光叠加而成的,因此图像鲜艳、明亮、清晰。另外,等离子体显示最突出的特点是可做到超薄,并轻易做到对角线为50英寸以上的完全平面大屏幕显示,而厚度也不超过100 mm。

4. 电致发光显示(ELD)

电致发光显示(ELD, Electro Luminescent Display)是在半导体、荧光粉为主体的材料上施加电压而发光的一种现象,可分为本征型电致发光(本征EL)和电荷注入型电致发光(注入EL)两大类。本征型电致发光是把ZnS等类型的荧光粉混入纤维素之类的电介质中,直接地或间接地夹在两电极之间,施加电压后使之发光。电荷注入型电致发光是使用GaAs等单晶半导体材料制作PN结,直接装上电极,施加电压后在电场作用下使PN结产生电荷注入而发光。电致发光显示器件也是平板型结构,可实现大面积显示,它具有功耗小、制作简单、彩色种类多的特点,多用于各种计量仪表的表盘上,作为数字、符号和图

形/图像显示。

5. 发光二极管(LED)显示

发光二极管(LED, Light-Emitting Diode)是由 P 型半导体和 N 型半导体相邻接而构成的 PN 结结构。当对 PN 结施加正向电压时,就会产生少数载流子的电注入,少数载流子在传输过程中不断扩散、复合而发光。利用 PN 结少数载流子的注入、复合发光现象所制得的半导体器件称为注入型发光二极管。如果改变所使用的半导体材料,就能够得到不同波长的彩色光。在发光二极管中,辐射可见光波的称为可见光发光二极管;而辐射红外光波的称作红外二极管。前者主要应用于显示技术领域;后者主要应用于光通信等情报传输、处理系统中。发光二极管的主要特点是驱动电压低(1.5~2 V)、亮度高、可靠性好、寿命长、响应速度快、工作温度范围较宽、便于分时多路驱动,但也存在着工作电流和功耗较大的不足。LED 显示单位的图形较小,在大面积显示时需要采用拼接方法。LED 发光二极管发光颜色有红、绿、蓝等基色,先是用作信号指示灯,继而发展到小尺寸或低分辨率的矩阵显示。采用拼接方法制作的发光二极管大面积显示墙,在室内外作为信息广告牌等场合已得到广泛的应用。

6. 有机电致发光二极管(OLED)显示

有机电致发光二极管(OLED, Organic Light-Emitting Diode)由非常薄的有机材料涂层和玻璃基板构成。当有电荷通过时,这些有机材料就会发光。OLED 发光的颜色取决于有机发光层的材料,故人们可用改变发光层材料的方法得到所需颜色。有源阵列有机发光显示屏具有内置的电子电路系统,因此每个像素都由一个对应的单元电路独立驱动。由于同时具备自发光、不需背光源、对比度高、厚度薄、视角广、反应速度快、可用于挠曲性面板、使用温度范围广、构造及制造工艺较简单等优异特性,OLED 被认为是最有希望的新一代平面显示器。有专家预测,OLED 将成为未来显示器市场的主流。同时,由于 OLED 是全固态、非真空器件,具有抗震荡、耐低温(-40°C)等特性,在军事方面也有十分重要的应用,如用作坦克、飞机等现代化武器的显示终端。对于有机电致发光器件,我们可按发光材料将其分为两种,即小分子 OLED 和高分子 OLED(也可称为 PLED)。它们的差异主要表现为器件的制备工艺不同:小分子器件主要采用真空热蒸发工艺,高分子器件则采用旋转涂覆或喷墨工艺。

7. 场致发射显示(FED)

场致发射显示(FED, Field Emission Display)是平板显示器中的又一新型显示器件。FED 兼有阴极射线管(CRT)和液晶显示器(LCD)的优点,此外还有体积小、重量轻、电流密度高、能耗低、色彩饱和度好、响应快、视角宽、寿命长、耐高温及微辐射等优良特性,显示出极富潜力的应用前景,是未来有可能替代 LCD 和 PDP 的理想显示终端。依电子发射源而分,FED 可分为碳纳米管型(CNT)、表面传导型(SED)、圆锥发射体型(Spindt)和弹道电子放射型(BSD)等类型。由于纳米碳管具有发射电流密度大、功函数小、阈值电场低以及发射电流稳定性好等优点,可以作为电子冷阴极发射的理想材料,因此纳米碳管型场致发射显示器(CNT-FED)成为目前最为看好的显示系统。场致发射显示(FED)的原理和 CRT 的基本相同,都是由阴极发射电子经加速后轰击荧光粉的主动发光型显示。FED 按其结构可分为二极管型和三极管型结构。二极管型的 CNT-FED 由两个靠得很近的阴阳

极板构成,中间抽成真空,并用绝缘柱支撑。当所加电压足够大时,激发阴极向阳极发射电子,轰击荧光粉而发光。三极管型的 CNT-FED 主要是由纳米碳管冷阴极场发射阵列、控制栅极和荧光粉的阳极屏组成,其间抽成真空,并用绝缘柱支撑。电子的场发射是通过阴极和栅极之间施加几百伏的电压激发纳米碳管发射电子,并在阳极电压加速后轰击到涂敷在阳极表面的荧光粉而发光。

以上简要介绍了七种常见显示器件的主要特点及其用途,还有一些诸如荧光数码显示(VFD)、灯丝显示、电泳显示(EPID)、电致变色显示(ECD)等没有一一述及。由于新材料的飞速发展,新的显示器件不断涌现,例如:电分散晶粒配向型显示器件和着色粒子旋转型显示器件;用于大型广告和列车时刻表显示的磁翻转显示器件;用于大屏幕投影显示的油膜光阀、晶体光阀以及激光光阀,等等。这些显示器件各具特色,由于篇幅所限,故而不在这里涉及了。

1.4 显示技术的研究内容

显示系统一般需要具备适当的输入装置和必要的记录设备,以便实现人-机交流。图 1-1 给出了信息显示技术的基本过程。

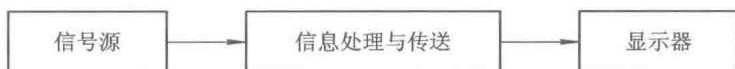


图 1-1 信息显示的基本过程

图 1-1 中,信号源是各种电子装置,它包括各类传感器、计算机、电视摄像机、信号存储磁盘、雷达天线、通信卫星等,这些装置产生的电信号经放大等信号处理后送入显示器,在显示器上以文字、数字、图像形式显示出来。

信息显示技术涉及多学科的综合知识。本书主要讨论以下几个方面的内容:

(1) 电子显示技术的主要作用是在将电信号或原本是图像的光信号转换成电信号,经处理传输后再变成光信号并作用于人的视觉系统,因此,人眼的视觉空间特性和时间特性以及光度学和色度学的基本概念就成为研究显示技术的必备知识。

(2) 在显示器件中,彩色显像管、液晶显示屏、等离子体显示屏、电致发光屏等是电子显示系统的核心部件,电信号最终都是在这些器件上变成光信号。因此,深入了解各种显示器件的结构、特性和工作原理则是本书的又一重要内容。

(3) 电子显示技术包括了传统的真空器件显示以及各类平板显示技术,尽管它们原理迥然不同,各有优劣,但作为图像显示系统,它们有其共同的要求和特点,如像素排列、寻址方法、亮度调制等。本书的又一内容是介绍对显示系统的基本要求和图像显示的基本参量。

(4) 虽然传统的 CRT 显示器件在民用显示器应用中已经淘汰,但其成熟的工作原理、巧妙的驱动方式仍具有重要的学习和借鉴意义。

(5) 液晶显示、等离子体显示、激光显示、OLED 显示、3D 显示等系统的工作原理、驱动方式、发展趋势也是本书的重要内容。

习 题 1

简答题

1. 简述信息显示的意义。
2. 显示技术的基本任务是什么？
3. 简述电子显示技术的发展历程。
4. 常见的电子显示技术有哪些种类？
5. 试对 CRT、LCD、PDP 三种显示器件的性能进行比较。
6. 谈谈电子显示技术的现状以及今后的发展趋势。

第2章 显示技术基础

显示技术的任务是根据人的心理和生理特点，采用适当的方法改变光的强弱、光的波长(即颜色)和光的其他特征，组成不同形式的视觉信息。视觉信息的表现形式一般为字符、图形和图像。人的感觉器官中接受信息最多的是视觉器官(眼睛)。在生产和生活中，人们越来越需要丰富的视觉信息。出现在显示系统屏幕上的光信号是通过人的眼睛被接收并传送给大脑，从而使人获得外部信息。为了最大限度地实现字符、图形和图像等视觉信息的显示，研究人的视觉生理特点是十分必要的。例如，电视技术发展初期，为使观众获得清晰的图像感，希望显示屏幕有较高的分辨率。但是，分辨率过高，电视设备的制作难度大，造价也高。通过对视觉生理的研究，找出了与当时技术水平相适应的较好的折中办法，产生了隔行光栅扫描方式。因此，人的因素，特别是视觉生理因素在显示系统中有着极其重要的地位，它为显示系统具体方式的确定以及显示参量的选择等方面提供了重要的依据。

本章将在简要介绍光度学、色度学以及人眼视觉生理特性的基础上，叙述图像的分解与合成、图像显示的基本参量以及视频信号的组成特点等内容。

2.1 光度学基础

五光十色的自然界通过光波的传递，映入人眼，产生了视觉。各种显示设备传递给人眼的信息是以可见光形式表达的文字、图形或图像。为了更好地掌握显示技术，有必要先了解一些光度学的基础知识。

2.1.1 光的性质

光是一种电磁辐射。电磁辐射的波长范围很宽，按波长从长到短的顺序排列，依次是无线电波、红外线、可见光、紫外线、X射线和宇宙射线等。图 2-1 是电磁波按波长的顺序排列的电磁波谱。其中波长为 380~780 nm(纳米)的电磁波才能被人感知，并给人以白光的感觉。

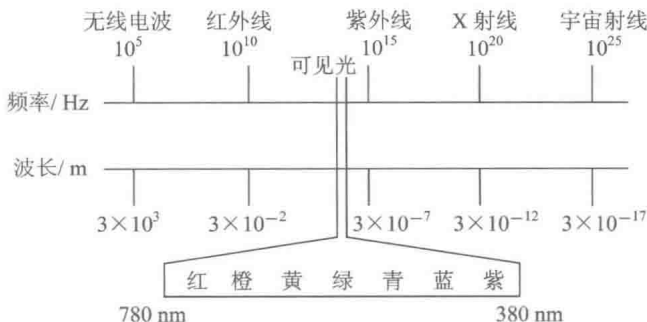


图 2-1 电磁辐射波谱