

于军胜 主编

蒋泉 张磊 副主编

显示器件技术

X I A N S H I Q I J I A N J I S H U



国防工业出版社
National Defense Industry Press



显示器件技术

于军胜 主编
蒋 泉 张 磊 副主编

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书对当今主流的平板显示技术作了较为全面的叙述和深入浅出的介绍,全书共分8章。第1章介绍显示技术的相关基础知识,第2章~第8章分别对等离子体显示器(PDP)、液晶显示器(LCD)、发光二极管(LED)、有机电致发光显示器(OLED)、无机电致发光显示器(ELD)、场致发射显示器(FED)、荧光显示(VFD)、立体显示和投影显示的原理、器件结构、制作工艺和驱动电路作了全面的介绍。

本书是在电子科技大学“信息显示物理”课程讲义的基础上,结合目前平板显示的状况,对信息显示与光电技术专业多年的教学、科研和实验成果总结编写而成的。本书既可作为大专院校光电子技术、物理电子技术、通信等相关专业的本科生和研究生的教材,也可供广大科技工作者、工程技术和研发人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

显示器件技术 / 于军胜主编. —北京: 国防工业出版社, 2010.7
ISBN 978 - 7 - 118 - 06848 - 1

I. ①显… II. ①于… III. ①显示器 - 技术
IV. ①TN873

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 102078 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 19 1/4 字数 452 千字
2010 年 7 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 42.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422
发行传真:(010)68411535

发行邮购:(010)68414474
发行业务:(010)68472764

前 言

随着人类社会信息化进程步伐的加快,液晶显示器(LCD)、等离子体显示器(PDP)和有机电致发光显示器(OLED)获得了长足的发展,由于上述显示器具有平面化、轻、薄、省电等特点,符合未来显示器的发展趋势,目前已经逐渐取代传统的阴极射线管(CRT)显示器成为主流显示技术。进入 21 世纪后,CRT 淡出电视市场的趋势越来越明显,此外,在手机通信显示、数码相机取景器、多媒体终端和军事领域的武器瞄准系统和宇航特装设备显示器等领域,完全是 LCD 和 OLED 的市场。本书就是在这个显示技术更新换代的大背景下进行编著的。

全书在内容编排上具有以下特点。

(1) 内容新颖:在着重介绍主流显示技术的基础上,对显示领域的最新技术也进行了较详细的介绍,如柔性显示、微显示和立体显示技术。

(2) 理论与实际相结合:为了理论与实际的有机结合,还配有相关的实验指导书,包括综合实验 5 项、演示实验 1 项、综合设计性实验 2 项。

(3) 立体化教材:除了文字教材这一基本形式外,还配有学习指南和习题解答以及实验室的仿真实验指导操作训练。还准备采用现代教育技术手段,制作电子出版物(电子幻灯片),以利于学生自学。

本书的作者都是多年从事各类显示器件技术教学的教师和科研人员。电子科技大学的于军胜教授担任主编并编写了第 1 章、第 6 章、第 7 章和第 8 章,蒋泉副教授编写了第 2 章、第 5 章和各种显示器件的驱动技术,张磊讲师编写了第 3 章和第 4 章。

在本书的编写过程中,还得到钟建副教授、林慧博士、娄双玲博士、王军博士和李璐、余双江、刘峰、曲建军、陈苏杰、李仪、陈浩、马文明等研究生的大力支持,在此向他们表示衷心的感谢!

科学技术的发展日新月异,由于编者学识水平有限,书中谬误在所难免,希望同行专家和广大读者批评指正。

编 者
2009 年 8 月

目 录

第1章 显示技术基础	1
1.1 概述	1
1.1.1 显示技术	1
1.1.2 显示技术的发展史	2
1.1.3 显示技术分类	4
1.2 光度和色度	6
1.2.1 视觉系统介绍	6
1.2.2 电磁辐射和光的度量	9
1.2.3 表色系和色度图	11
1.3 图像的分辨力特性	14
1.3.1 临界分辨力	14
1.3.2 空间调制传递函数	15
1.3.3 分辨力与清晰度	16
1.4 显示器件画面质量评价	19
1.5 视频接口	20
1.5.1 复合视频接口	21
1.5.2 S - Video 接口	21
1.5.3 YPbPr/YCbCr 色差接口	22
1.5.4 VGA 接口	22
1.5.5 DVI 接口	23
1.5.6 HDMI 接口	24
1.5.7 BNC 接口	25
1.5.8 小结	25
1.6 平板显示器件的驱动电路原理	26
1.6.1 平板显示器件的基本结构	26
1.6.2 平板显示器件专用控制、驱动集成电路	28
习题1	29
参考文献	30
第2章 等离子体显示	31
2.1 概述	31
2.1.1 等离子体显示器发展	31
2.1.2 等离子体显示的特点	38

2.2 物质的第四态——等离子体	38
2.2.1 雷电、极光等自然现象	38
2.2.2 “等离子体”名称的发明	40
2.2.3 等离子体的基本概念	40
2.3 气体放电的物理基础	44
2.3.1 带电粒子的产生	44
2.3.2 原子的激发和电离	46
2.3.3 分子的激发与离解、电离	49
2.3.4 低压气体放电	52
2.3.5 辉光放电	54
2.3.6 汤生放电理论	55
2.3.7 帕邢定律和放电着火电压	57
2.4 交流等离子体显示(AC-PDP)	59
2.4.1 单色 AC-PDP	60
2.4.2 彩色 AC-PDP	63
2.5 PDP 制造工艺	69
2.5.1 前基板制作工艺	70
2.5.2 后基板制作工艺	74
2.5.3 总装工艺	76
2.6 彩色 AC-PDP 的驱动技术	77
2.6.1 ADS 驱动技术	77
2.6.2 ALIS 驱动技术	79
2.7 PDP 的应用	81
习题 2	82
参考文献	83
第 3 章 液晶显示	84
3.1 绪论	84
3.1.1 液晶显示器发展历史	84
3.1.2 液晶的发展过程	85
3.1.3 液晶显示器的特点	86
3.2 液晶及其分类	87
3.2.1 热致液晶	88
3.2.2 溶致液晶	91
3.3 液晶的物理特性	93
3.3.1 指向矢(Director)	93
3.3.2 有序参数	95
3.3.3 液晶的连续体理论	95
3.3.4 液晶的光学性质	98
3.4 液晶显示器的基本结构及其制备	100

3.4.1	液晶显示器件基本结构	100
3.4.2	液晶显示器的主要性能参量	101
3.4.3	液晶显示器的主要材料	103
3.4.4	液晶显示器的主要制作工艺	105
3.4.5	彩色滤色膜	108
3.5	液晶显示器的显示模式及其工作原理	110
3.5.1	扭曲向列型液晶显示器件(TN - LCD)	110
3.5.2	超扭曲向列型液晶显示器件(STN - LCD)	112
3.5.3	宾主效应液晶显示器件(GH - LCD)	115
3.5.4	相变液晶显示器件(PC - LCD)	116
3.5.5	电控双折射液晶显示器件(ECB - LCD)	117
3.6	液晶显示器件的驱动技术	118
3.6.1	液晶显示器件的电极排列	118
3.6.2	静态驱动技术	119
3.6.3	液晶显示器件的动态驱动技术	120
3.7	有源矩阵液晶显示器件	125
3.7.1	二端有源器件	126
3.7.2	三端有源器件	128
3.8	液晶显示器的新进展	137
3.8.1	TFT - LCD 的广视角技术	137
3.8.2	提高响应速度	144
3.8.3	倍频插帧技术	146
习题3		146
参考文献		147
第4章	发光二极管(LED)	148
4.1	概述	148
4.1.1	发光二极管	148
4.1.2	发光二极管的开发经历及今后展望	148
4.2	发光二极管的工作原理、特性	149
4.2.1	发光机理	150
4.2.2	电流注入和发光	154
4.2.3	发光效率	155
4.2.4	光输出和亮度	157
4.2.5	调制特性	158
4.2.6	发光二极管和激光二极管	159
4.3	发光二极管的材料	160
4.4	发光二极管的制作工艺技术	162
4.4.1	外延生长技术	164
4.4.2	掺杂技术	165

4.4.3	单元化技术	166
4.4.4	元件制作及组装技术	166
4.5	发光二极管的特性	167
4.5.1	GaP:ZnO 红色 LED	168
4.5.2	GaP:N 绿色 LED	169
4.5.3	GaAsP 系红色 LED	170
4.5.4	GaAsP:N 系列黄色、橙色 LED	170
4.5.5	GaAlAs 系列 LED	171
4.5.6	InGaAlP 系橙色、黄色 LED	172
4.5.7	红外 LED	172
4.5.8	蓝色发光二极管	173
4.5.9	LED 的可靠性	175
4.6	发光二极管的应用以及发展前景	176
4.6.1	指示灯	176
4.6.2	单片型平面显示器件	176
4.6.3	混合型平面显示器件	177
4.6.4	点矩阵型平面显示器	177
4.7	LED 的驱动	178
4.7.1	直流驱动	178
4.7.2	恒流驱动	179
4.7.3	脉冲驱动	180
4.7.4	点阵型 LED 驱动	182
4.8	发光二极管显示的其他应用	184
4.9	研究课题与展望	184
	习题 4	185
	参考文献	186
第 5 章	有机电致发光显示技术	187
5.1	引言	187
5.1.1	OLED 的发展过程	187
5.1.2	OLED 的技术特点	188
5.2	有机电致发光的基本理论	189
5.2.1	有机电致发光器件的基本结构	189
5.2.2	有机电致发光器件的物理机制	192
5.3	有机电致发光材料及薄膜制备	198
5.3.1	有机小分子材料	198
5.3.2	有机聚合物电致发光材料	202
5.3.3	电极材料	204
5.4	OLED 器件的制备工艺	205
5.4.1	小分子 OLED 器件制备工艺	205

5.4.2	PLED 器件制备工艺	207
5.4.3	PMOLED 器件制备工艺	210
5.5	OLED 的驱动技术	211
5.5.1	PMOLED 驱动技术	212
5.5.2	AMOLED 驱动技术	213
5.6	新型 OLED 显示技术	216
5.6.1	柔性 OLED 发光器件	216
5.6.2	串联式 OLED 发光器件	219
5.6.3	p-i-n OLED 发光器件	221
5.6.4	透明和顶发射型 OLED 发光器件	222
5.6.5	硅基 OLED(OLEDos) 显示器件	224
5.6.6	微共振腔效应	225
	习题 5	227
	参考文献	227
第 6 章	电致发光显示(ELD)	229
6.1	电致发光显示的基本知识	229
6.1.1	电致发光	229
6.1.2	电致发光及其显示器件的发展概况	229
6.1.3	电致发光显示器件的分类与特点	230
6.2	电致发光显示器件的结构及工作原理	231
6.2.1	分散交流型(AC-PELD)	231
6.2.2	分散直流型(DC-PELD)	233
6.2.3	薄膜交流型(AC-TFELD)	234
6.2.4	薄膜直流型(DC-TFELD)	236
6.3	电致发光显示元件材料介绍	237
6.3.1	发光材料	237
6.3.2	电介质材料	238
6.3.3	电极材料	239
6.3.4	基板材料	239
6.4	ACTFEL 的驱动技术	240
6.5	电致发光显示器件的应用	242
6.5.1	数字及字符显示	242
6.5.2	图形显示	242
6.5.3	彩色显示	243
6.5.4	其他	244
6.6	电致发光显示(ELD)现状及发展前景	244
	习题 6	245
	参考文献	245

第7章 场致发射平板显示器	246
7.1 场致发射显示器基本介绍	246
7.1.1 场致发射显示器的发展历史及现状	246
7.1.2 场致发射显示原理	247
7.1.3 场发射理论	247
7.2 微尖阵列场发射阴极	252
7.2.1 金属微尖阵列场发射阴极	252
7.2.2 硅衬底微尖阵列场发射阴极	253
7.2.3 六硼化镧(LaB ₆)场发射阵列阴极	254
7.3 微尖发射体的性能	255
7.3.1 微尖发射的特点	255
7.3.2 发射体几何参数的影响	256
7.3.3 发射材料参数的影响	256
7.4 FED 中的发射均匀性和稳定性问题	257
7.4.1 电阻限流原理	257
7.4.2 FEA 限流电阻层结构	258
7.5 FED 的其他关键技术	259
7.5.1 支撑技术	259
7.5.2 真空技术	262
7.5.3 荧光粉	263
7.6 场致发射显示技术的种类	264
7.6.1 Spindt 型微尖 FED	265
7.6.2 金刚石薄膜场致发射技术	266
7.6.3 纳米管场发射显示技术(CNT)	268
7.6.4 弹道电子表面发射显示(BSD)	273
7.6.5 表面传导发射显示(SED)	274
7.6.6 MIM 结构的 FED	276
7.7 展望	277
习题7	278
参考文献	278
第8章 其他显示技术	280
8.1 立体显示技术	280
8.1.1 立体显示的原理	280
8.1.2 立体显示器的分类	281
8.1.3 利用视差信息的立体显示器——眼镜方式	282
8.1.4 利用视差信息的立体显示器——非眼镜方式	284
8.1.5 利用纵深信息的立体显示器——DFD 方式	289
8.1.6 利用波面信息的立体显示器——全息方式	290
8.1.7 未来立体显示器的展望	291

8.1.8 立体显示器	291
8.1.9 小结	294
8.2 真空荧光显示器(VFD)	294
8.2.1 VFD 的结构与工作原理	295
8.2.2 VFD 的电学与光学特性	296
8.2.3 VFD 的驱动方法	297
8.2.4 VFD 的应用与发展前景	299
8.3 投影显示技术	300
8.3.1 液晶投影显示	301
8.3.2 LCOS 投影显示	302
8.3.3 DLP 显示	303
习题 8	304
参考文献	305

第 1 章 显示技术基础

1.1 概 述

1.1.1 显示技术

显示,一般是指物品的陈列和展示。但随着科学技术的不断发展,显示主要是指对信息的表示,是为了将特定的信息向人们展示而使用的全部的方法和手段。在 21 世纪的信息工程学领域,显示技术被限定在基于电子手段产生的视觉效果上,即根据视觉可识别的亮度、颜色,将信息内容传递给眼睛产生的视觉效果。显示技术已经不在局限于以前的阴极射线管(Cathode Ray Tube,CRT)和液晶显示器(Liquid Crystal Display,LCD),等离子体显示板(Plasma Display Panel,PDP)、有机电致发光显示器(Organic Light-Emitting Diode,OLED)、电子纸(E-Paper)、立体显示等多种新型的显示技术和显示方式已在多媒体市场中闪亮登场。如今的显示器世界,无论是市场还是技术都处于急剧变化的时期,真可谓是百花齐放,争奇斗艳。

显示技术也叫信息显示,利用它可把看不见的电信号转化成发光信号(包括图形、图像或字码等)。信息显示主要由信息源、数据处理和显示器三部分组成,如图 1-1 所示。信息源包括雷达天线和摄像机探测到的信息、计算机输出的信息、磁盘存储的信息,而数据处理是把各种输出信息经过编码、变换等电路处理,送入显示器将电信号显示出来。

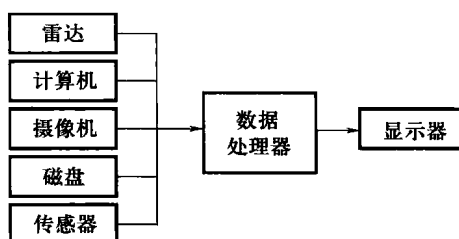


图 1-1 信息显示的基本过程

根据不同的工作原理,显示器件可分为液晶显示器(LCD)、等离子体显示板(PDP)、电致发光显示器(ELD)、场发射显示器(FED)、真空荧光显示管(VFD)和发光二极管(LED)等。就显示原理的本质来看,显示技术利用了发光现象和电光效应两种物理现象。这里说的电光效应是指加上电压之后物质的光学性质(包括折射率、反射率和透射率等)发生变化的现象。因此,又可以根据像素本身发光与否,把显示系统分成被动显示和主动显示两大类(也可分别称为非辐射显示和辐射显示)。

在平板显示技术中,除液晶显示器件属于被动显示器件外,其余都属于主动显示器件。下面简要地叙述各种显示器件的基本原理。

1.1.2 显示技术的发展史

1. 1970 年以前的早期显示器

最早的电子显示器是 1897 年由德国布劳恩 (Braun) 发明的阴极射线管 (CRT), 也称为布劳恩管。最初只用于波形观察, 在 1940 年前后的第二次世界大战中作为雷达显示管获得了巨大进展。

1950 年, 美国 RCA 发明了荫罩式彩色 CRT, CRT 用于彩色电视机, 使彩色电视机飞速发展。但是早期的彩色电视机亮度低, 只能在较暗的环境中观看。后来由于新荧光粉的使用、黑底技术的引入等使彩色电视机的亮度提高了 10 倍, 外光在屏上的反射降低了 1 倍。人们终于可以在正常室内亮度环境下观看彩色电视。

彩色 CRT 的性能价格比是最好的。彩色 CRT 在正常工作时, 必须有电子枪和偏转线圈, 因此, 使得彩色 CRT 的体积大、质量也大。

2. 显示技术与半导体技术、计算机技术共同发展(1970 年—1990 年)

1) 视频显示终端(VDT)成为人机接口的主流

早期计算机主要采用绘图仪、打印机这类硬拷贝进行信息显示与记录。随着边看输出信息, 边给计算机发指令这类操作的普遍化, 视频显示终端 (Visual Display Terminal, VDT) 从 1970 年开始迅速得到普及。用于显示的彩色 CRT 称为彩色显示管 (Color Display Tube, CDT), 而用于彩色电视机的彩色 CRT 称为彩色显像管 (Color Picture Tube, CPT)。

随着计算机存储器容量的增大, 要显示高清晰度图像。为此 CRT 也发展成为高分辨力的彩色 CDT。

随着办公自动化(OA)的普及, CRT 的 X 射线辐射和电磁辐射问题, 日益受到关注, 虽然 CRT 采用了能将 X 射线衰减到不危害健康的地步, 但是人们心中总是心存疑虑。

2) 平板显示器的崛起

1970 年以后, 随着超大规模集成电路 (VLSI) 的发展, 与此相适应的小型数据显示器, 如小型计算器、电子手表等的需求量激增, 促使真空荧光显示管、发光二极管、液晶显示器等平板显示技术得到实用化。而台式电子计算机对家庭的渗透, 正促使从家庭电气化向着“个人电子化”迈进。“个人电子化”必须是袖珍式, 即耗电越小越好。作为显示器件, 还希望电路结构 (包括驱动电路和外围电路) 尽可能简单, 功耗小并能实现集成化。液晶显示器能与低电压、低功耗的 CMOS 相匹配。液晶显示器在小型显示器中战胜了 VFD、LED, 占据了市场主要份额, 不但用于计算器和手表, 还扩展到 AV 设备、汽车仪表、股票价格显示屏等多种场合, 但 VFD 与 LED 等主动发光型显示器仍有它们自己的市场位置。

在这段时期, 平板显示器正处于萌芽期, 在电视机与 VDT 领域均未能进入, CRT 仍处于独霸显示器市场的地位。

LCD 显示器借助于集成电路技术, 发展出非晶硅薄膜晶体管 (TFT) 显示器, 即有源矩阵液晶显示器 (AM-LCD) 使 LCD 显示器能显示出大信息容量的图像。但是直到 1990 年前后, 带 AM-LCD 的便携式计算机仍是一种昂贵的办公工具。

20 世纪 70 年代初进行了等离子体显示板的开发, 目标直指计算机终端, 并于 80 年代应用到银行终端、股票价格显示等场合。

3. 平板显示技术进入突飞猛进的发展阶段

20 世纪 90 年代是 TN 型 AM - LCD 开始普及的年代,主要是 TFT 成品率的提高,从而降低了成本,LCD 笔记本电脑使用面拓宽,但是尺寸仍限于 10 英寸(1 英寸 = 2.54 厘米)左右。

笔记本电脑对视角无大的要求,但是 LCD 要想进入电视机领域必须解决 LCD 视角小的固有缺点。因此,开发了一系列增加 LCD 视角的新方法、新工艺,如平面控制模式 (IPS - mode)、光学补偿弯曲排列模式 (OCB - mode)、垂直取向模式 (VA - mode) 等,使 LCD 的水平视角扩展到 140°以上,基本上解决了视角不足的问题。

LCD 的另一个缺点是响应速度低,不适于用做视频图像显示。为了使 LCD 能进入电视机领域,一方面将液晶层做薄;另一方面对液晶材料进行了深入研究,开发出一系列适合快速视频显示的材料。LCD 在材料、工艺和结构上的进步,使 LCD 在显示视频图像时,只要不是快速变化的动态图像,就没有大的问题。

至此,妨碍 LCD 进入电视机领域的两大问题(视角小和响应速度低),在 20 世纪末获得了基本解决。同时 TFT 在大面积生产工艺上的日渐成熟,也打破了过去认为 LCD 不适宜制作大屏幕的限制。于是 LCD 开始向 30 英寸、40 英寸,甚至更大屏尺寸(如 100 英寸)的电视机进军。

至 21 世纪初,LCD 在 VDT 领域大规模地取代了 CDT;在高清晰度 40 英寸电视机领域取得了与 PDP 并驾齐驱的地位。

4. 全彩色 PDP 的产业化

在 LCD 尚未解决其视角小、响应慢的缺点以前,一致认为 PDP 是唯一适合 40 英寸以上高清晰度显示的显示器。但是 PDP 在 20 世纪 80 年代在单色屏上取得重大进展后,在 90 年代初全彩色化的道路上碰到很大困难,而寿命和发光效率也困扰着全彩 PDP 的实际应用。

这些问题到 90 年代末都得到基本解决,为了扩大应用,首要问题是降低生产成本。全彩 PDP 已可实现应用,下一步的发展集中在进一步提高发光效率和在大生产中如何降低成本。

5. 全彩色 LED 大显示屏的实现

LED 室外显示屏早已矗立在大街上和公共场所,LED 也从发光效率较低发展到超高亮度,但是直到 20 世纪 80 年代末,蓝光 LED 由于发光效率极低,始终未能实用化,因此各种室内外 LED 显示屏都缺乏蓝光,构不成全彩色。

到了 1993 年,德岛日亚化学工业公司的中村等人研制出了采用 InGaN 系双异质结构的蓝光 LED,其发光强度达 1cd,为全彩色 LED 显示屏奠定了基础,随着蓝光 LED 大规模的生产,价格也迅速下降。

6. 新平板显示器的不断出现

在各种显示屏中,CRT 体积大,LCD 是被动发光,又对环境温度敏感,而 LED、VFD 虽然是主动发光,但是分辨力低。因此,迫切希望有新的平板显器件出现。

1) 机电致发光显示器(OLED)

LED 属于无机发光二极管,基本上采用半导体制造工艺,在一个圆片上制出众多小芯片,经分割后,通过后工序制成单芯片或多芯片的 LED,工艺复杂,分辨力也提高困难。

1987 年美国柯达公司 C. W. Tang 制备成功双层结构小分子有机发光二极管,从而引发了 OLED 的研究热潮;1990 年英国剑桥大学 Friend 制备成功共轭高分子 OLED 柔软显示屏。OLED 的材料是有机材料,可以用分子设计合成各种所需材料。例如,发蓝光的 OLED 的制造就比无机 LED 容易得多;OLED 是连续薄膜结构,所以分辨力不成问题;小分子 OLED 制造工艺主要是镀膜,高分子 OLED 制造工艺主要是旋涂和印制,特别适合大规模生产。

OLED 已在小至手机彩屏,大至 40 英寸的彩色电视机中被使用或制成样品,是目前世界范围内平板显示技术中的研究热门。

OLED 还需进一步解决寿命问题,估计将来会在中小屏幕显示领域占有不少份额。

2) 场致发射显示器(FED)

FED 从理论上讲具有 CRT 和 LCD 的优点,即 FED 既是平板显示器件,又可利用电子束轰击荧光粉主动发光。1968 年 Spindt 提出钼锥场致发射阴极,形成 Spindt 阴极概念;1979 年 Spindt 阴极寿命超过 25000h($12\text{A}/\text{cm}^2$ 工作电流);1986 年首次报告矩阵选址平板单色场致发射显示屏。目前,Spindt 阴极型 FED 只停留在小屏幕显示器上,其主要是军用,未能进入大屏幕消费领域,其原因是生产成本太高。碳纳米管阴极显示器,已有 40 英寸样管,但还需解决发光均匀性问题。

20 世纪 90 年代至今还出现了不少新型场致发射显示器,其中以表面传导发射显示器(SED)的性能最为突出,可用于 50 英寸电视机显示屏,综合指标优于 PDP 和 LCD 大屏幕显示器,有可能成为 PDP 和 LCD 电视机的有力竞争者。

平板显示技术产业总产值在 2002 年已超过了 CRT 显示总产值,后者虽然每年仍会有 5% 的增幅,但是相比于平板显示技术产业总产值每年百分之几十的增幅,两者的差距将会越来越大,所以 21 世纪是平板显示技术的世界。在各类显示器件中,彩色显像管(CRT)由于具有良好的图像质量、优越的性能价格比,以及规格尺寸多样化等优点,无论在电视接收机,还是在计算机终端中,都还占据着主导地位。但是随着屏幕尺寸的不断增大,其质量、厚度也随之不断增大,无法满足人们对大屏幕、薄型化日益增长的要求。尤其是近年来,PDP 关键技术基本突破,产品性能逐渐提高并已达到实用水平,产业化生产开始确立,使 PDP 成为大屏幕壁挂电视、高清晰度电视和多媒体显示器的首选器件。

1. 1. 3 显示技术分类

1. 按光学方式分类

按光学方式分类有 3 种,如图 1-2 所示。

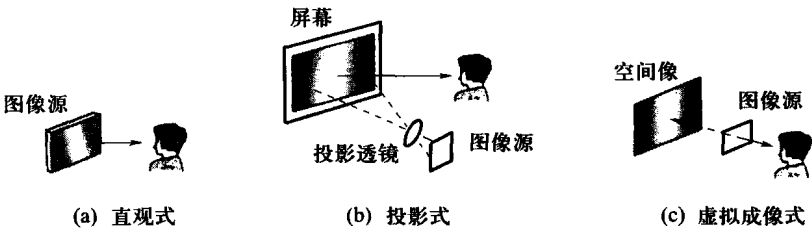


图 1-2 按光学显示方式的分类

(1) 标准的直观式:即图像直接显示在显示器件的屏幕上,这是最常见的,一般的LCD、PDP、CRT 等都属于这一种,如:手机屏、笔记本电脑的显示屏、电视机的荧光屏等。图像质量一般都很好,屏幕尺寸可以从1英寸到几十英寸。

(2) 投影式:即把显示器件生成的较小图像源,通过透镜等光学系统放大投影于屏幕上的方式。投影式又分正投式与背投式两种。观看者与图像源在屏幕的同一侧叫正投式,其优点是光损耗少,较亮,但是使用、安装不方便;图像源在屏幕之后,观看者观看屏幕的透射图像叫背投式,如:CRT 或 LCD 家用投影电视机。

(3) 虚拟成像式,即利用光学系统把来自图像源的像形成于空间的方式。在这种情况下,人眼看到的是一个放大的虚像,与平时通过放大镜观物类似。属于这类显示的是头盔显示器(Head Mounted Display,HMD)。

2. 按显示原理分类

就显示原理的本质来看,显示器可分为主动发光型显示和非主动发光型显示两大类。主动发光型显示是指利用电能使器件发光,显示文字和图像;而非主动发光型显示是指本身不发光,用电路控制它对外来光的反射率或透射率,借助太阳光、照明光实现显示的显示器。

主动发光型显示器是早已实用化的非平板显示型 CRT 和平板显示型的 PDP、FED、ELD、OLED 等;非主动发光型显示器是 LCD 等。

3. 按显示屏幕的大小分类

除了少量军用雷达显示器采用圆扫描外,在民用显示器领域中圆形屏已被淘汰,都是矩形屏,宽高比为 4:3 或 16:9。显示屏的尺寸都是指矩形屏对角线的尺寸,更严格地说是显示矩形光栅的对角线尺寸。

通常把显示面积 1m^2 以上图像的显示器称为大屏幕显示器,这时显示屏的尺寸约为 57 英寸。

一般的直观式电视机,包括在市场上被称为大屏幕 40 英寸~50 英寸的 PDP、LCD 电视机都只能算是中屏幕显示;显示面积在 $1\text{m}^2 \sim 0.2\text{m}^2$ (即 57 英寸~25 英寸)之间,称为中屏幕显示;显示面积在 0.2m^2 以下的称为小屏幕显示,所以 25 英寸以下的显示器都属于小屏幕显示;显示面积大于 4m^2 的称为超大屏幕显示,这相当于显示屏的尺寸大于 114 英寸,一般用于体育场馆或户外显示,多采用 LED 显示屏。

4. 按显示图像颜色分类

按显示图像颜色分类有黑白、单色、多色和彩色显示四大类。多色显示也称分区显示,即显示屏上不同区域显示不同颜色,类似于套色的报纸,在早期的手机屏中常使用。彩色显示器是指屏幕能显示 643 种、1283 种或 2563 种颜色的显示器。

5. 按显示内容分类

按显示内容分类有数码、字符、轨迹、图表、图形和图像显示。数码显示可用段式显示器;字符、轨迹、图表和图形显示不要求显示灰度,可用只有黑白或只有高低电平的单色显示器;显示图像需要灰度,是各类显示内容中最困难的。显示图像的难度依下列次序递增:低分辨力、中分辨力、高分辨力;黑白、彩色;静/动态(25 帧)、普通视频(25 帧)、逐行扫描视频(50 帧~60 帧);小尺寸、中尺寸、大尺寸。综合所列各因素可知,显示小尺寸低分辨力、静态(或准静态)的黑白图像最容易,基本上所有类型的显示器都能达到;显示大

尺寸高分辨力、逐行扫描的视频全彩色图像是最困难的,可以说是对显示器质量指标的最严格检验。一种显示器要在平板显示器市场上占有一定份额必须具备显示大尺寸全彩色高分辨力视频图像的能力。反之,只要上述4条中有一条达不到,就进入不了显示技术的主流领域。

其他分类方式还有按显示材料(固体、气体、液体、等离子体、液晶),按显示结构(瓶颈状、平板状)及按驱动方式(静态、动态、矩阵)等进行分类。

1.2 光度和色度

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,不仅要了解显示电子学的有关问题,还要了解人的视觉生理和心理特性。显示技术必须首先考虑人眼的视觉特性,因此,人眼的视觉空间特性和时间特性以及光度学基本概念是研究显示技术的必备知识。

显示器显示的图像是供人眼观看的,因此图像的参数应满足人眼的生理特征和心理要求。在人机系统中,人和机器同是系统的组成部分。要使两者顺利地交换大量的信息,除了要了解人的生理和心理特点之外,还必须研究人的潜在能力,以便发挥人机系统的最大效率。视觉生理的研究在显示技术中占有极其重要的地位,它为显示参数的选择提供重要依据。

1.2.1 视觉系统介绍

人眼的形状为椭球体,其前后直径约为24mm~25mm,横向直径约为20mm,由眼球壁和眼球内容物构成。眼球包括屈光系统和感光系统两部分。

眼球的屈光系统可以控制进入眼球内的光通量,还可以自动聚焦使外界的物体能在视网膜上形成清楚的图像。感光系统主要由视网膜构成,视网膜为眼球的最内层。它为一透明薄膜,由视觉感光细胞—锥体细胞与杆体细胞组成。感光细胞在视网膜上的分布是不均匀的,如图1-3所示。在中央窝,主要是锥体细胞,每平方毫米有140000个~160000个。离开中央窝,锥体细胞急剧减少,而杆体细胞迅速增加,在离开中央窝20°的地方,杆体细胞数量最多。视网膜上的锥体细胞和杆体细胞的这种分布状态,使得视网膜的中央部位与边缘部位具有不同的视觉功能。

对人眼进行的大量研究结果表明,锥体细胞和杆体细胞执行着不同的视觉功能。由于它们所含的感光物质不同,锥体细胞的感光灵敏度低,在亮度 $3\text{cd}/\text{m}^2$ 以上的光亮度条件失去作用,它能够分辨颜色和物体的细节,这叫锥体视觉,为明视觉(Photopic Vision);杆体细胞只能在黑暗的条件下(亮度为 $0.001\text{cd}/\text{m}^2$ 以下)作用,这叫杆体视觉,也称为暗视觉(Scotopic Vision)。如果亮度介于明视觉与暗视觉所对应的亮度水平之间,视网膜中的锥体细胞和杆体细胞同时起作用,则称为介视觉或中间视觉。显然,明视觉的视场较小,一般规定为 2° ;暗视觉的视场较大,一般应大于 4° 。

视网膜在一定区域内的锥体细胞数量决定着视觉敏锐程度。视锐度的定义为:人眼可分辨出的两点对人眼所张视角的倒数,即视锐度