

新版



电子工程手册系列丛书

平板显示应用技术 手册

应根裕 屠彦 万博泉 等编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

内 容 简 介

本书在综合介绍如何评价显示器画面质量有关要素和技术概况的基础上,全面介绍了各类平板显示器,包括液晶显示器(LCD)、等离子体显示器(PDP)、有机发光二极管(OLED)显示器、电致发光显示器(ELD)、场致发射显示器(FED)、真空荧光管显示器(VFD)、发光二极管显示器(LED)及投影显示器(LCoS和DLP)的应用情况、驱动技术、工作原理、工艺结构及发展前景,是广大平板显示器爱好者、使用者和应用者的良师益友。

本书可供从事各类平板显示器设计、研究和生产的科技人员,以及高等院校信息显示技术、光电技术和电子器件专业的师生参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

平板显示应用技术手册/应根裕,屠彦,万博泉等编著. —北京:电子工业出版社,2007.2

(电子工程手册系列丛书)

ISBN 978-7-121-03642-2

I. 平… II. ①应… ②屠… ③万… III. 显示器—技术手册 IV. TN873-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 152849 号

责任编辑:富 军 特约编辑:李云霞

印 刷:北京东光印刷厂

装 订:三河市金马印装有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:53.25 字数:1369.6 千字

印 次:2007 年 2 月第 1 次印刷

印 数:5 000 册 定价:118.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系电话:(010)68279077;邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

以液晶显示器(LCD)为代表的平板显示器正在日新月异地发展着,越来越多地渗入到我们工作和生活的方方面面:通信离不开手机,开学术讨论会离不开笔记本电脑,办公离不开台式计算机,娱乐离不开平板电视机。

据 Display Search 2005 年第三季度全球彩电销售数据显示,该季度平板电视的产值已经占有电视市场的 55%,超越了传统的 CRT 电视。

虽然平板显示器全球总产值已在 2003 年超过 CRT 显示器,但是那时 CRT 电视仍是电视机市场的霸主。

随着 TFT-LCD 生产技术的迅猛发展,液晶显示器冲破了屏尺寸不能大于 20 英寸的限制;响应时间在 2002 年降到 25 ms,其后不断推出响应时间为 16 ms、8 ms、4 ms 的产品,直至 2005 年年底攻克了 2 ms 这个最后关口;视角已扩大到 170°。LCD 电视机终于挤入了大屏幕彩色电视机市场。

彩色 PDP 电视机由于技术革新,产量扩大,性价比迅速与 CRT 电视机接近,正在大量进入家庭。

一直局限于小屏幕军用的场致发射显示器,终于有一种将进入电视机市场:东芝、佳能宣布,55 英寸 SED 电视机将于 2007 年进行小批量生产。

全彩色高亮度的超大屏幕 LED 显示屏已耸立在街头和体育比赛场馆中;LCoS 和 DLP 的产业化不久将会把 CRT 投影电视机挤出市场。壁挂电视机的梦想已在部分中产家庭内实现了,可以预计不久将进入寻常百姓家。

在平板显示器这种大好发展的形势下,我们邀请在各类平板显示器领域有丰富应用、生产、研制和教学经验的专家、教授们编写了本书。

由于绝大部分读者只是平板显示器的使用者和应用者,所以本书的重点是介绍各类平板显示器的应用技术和使用技术。为便于读者了解,对各类平板显示器的原理、结构、工艺和驱动技术仍保留了一定的篇幅。

本书收集了直至 2006 年年末平板显示器技术的最新进展。

第 1 章对电子显示原理做了全面、详尽的叙述。不管读者对哪一类显示器感兴趣,本章的内容都是必要的和基础的,并且深入浅出,容易接受与理解。

由于液晶显示器在平板显示器领域中占有绝对主流地位,所以关于液晶显示器的原理和应用技术分别在第 2 和第 3 章中介绍。为了不与已出版的种类繁多的介绍常规液晶应用技术的著作相重复,此部分只介绍那些著作中触及较少,而又是广大读者十分关心的液晶屏在电视机、计算机显示器及手机中的应用。

第 4 章介绍的有机发光二极管显示(OLED)是一种正在迅速升起的新显示技术,是全世界研究的热门。在有关显示技术的各类国际会议的论文集中,只有关于 OLED 的文章总数才能与有关 LCD 的文章总数相接近。但是在目前的市场上还只能在部分手机的副屏上见到 OLED 显示屏。可以预见,不久之后,OLED 显示屏将会在各种应用领域中大量出现。

第5章介绍的等离子体显示器(PDP)已在平板电视领域中具有相当大的知名度,读者并不陌生。但是一般报刊杂志中关于PDP的介绍由于掺入了商家的利益,往往带有片面性。读者需要从本章中获取关于PDP的全面知识。

其它几章分别介绍FED、LED、VFD、EL和投影显示器(LCoS、DLP)。

平板显示技术经常会出现突破性的进展,书中的个别看法、结论和数据在本书出版后被突破是可以理解的。

本书由清华大学电子工程系应根裕教授担任主编,并编写了第1章、第2章、第6章、第9章和第10章;第3章由北京嘉仕维技术研究所所长李维谔(3.1节)、我国最早从事液晶电视开发的专家袁光明(3.2节)、北京拓普科技公司总经理许卫和(3.3节)及北京精电蓬远技术公司高级工程师王学恩四位专家共同编写;第4章由北京维新诺公司和清华大学化学系的专家们共同编写,他们是万博泉副总(4.1节)、段炼博士(4.2节)、乔娟博士(4.3节)、张德强副总(4.4节、4.5节、4.6节)、孙铁朋(4.7节、4.8节)和高裕弟博士(4.9节);第5章由东南大学电子系屠彦教授编写;第7章由浙江科技学院光电信息技术研究所所长阮世平副研究员编写;第8章由研究员级高工李喜霖编写。

由于时间仓促,书中不妥之处在所难免,恳请广大读者给以批评指正。

编 著 者

目 录

第 1 章 显示技术基础	1
1.1 概论	1
1.1.1 什么是显示技术	1
1.1.2 显示技术的发展史	2
1.1.3 显示器件的主要参量	5
1.1.4 平板显示器件简介与现状	10
1.1.5 显示器的分类与性能比较	17
1.1.6 关于 PDP 电视机与 LCD 电视机的性能比较	20
1.2 平板显示技术现状及发展趋势和市场分析	24
1.3 图像系统与画面质量	29
1.3.1 电子式图像系统	29
1.3.2 观看显示画面的环境条件	31
1.3.3 色调及影响画面质量的因素	32
1.3.4 文字的易读性	36
1.4 与显示器相关的视觉特性	37
1.4.1 视觉生理	37
1.4.2 与显示技术有关的视觉特性	41
1.4.3 视觉的电子线路模型	50
1.5 光度学	51
1.6 色度学	55
1.6.1 颜色的基本属性和颜色的混合	55
1.6.2 有关混色(配色)的基本概念	58
1.6.3 CIE 表色体系	59
1.6.4 均等表色体系	62
1.6.5 色温与相关色温	64
1.6.6 标准光源	65
1.6.7 色度图的应用与说明	66
1.7 电视传像原理	67
1.7.1 图像的电信号化	67
1.7.2 彩色电视信号的传输	73
1.7.3 高清晰度电视(HDTV)	80
1.7.4 MPEG 技术简介	84
1.8 显示器画面质量的客观测定与评价	91
1.8.1 概述	91
1.8.2 测定条件及应注意的问题	91
1.8.3 最大亮度与对比度的测量	94



1.8.4 色度的测定	97
1.9 显示器的应用	98
1.10 显示器的军事应用	104
1.11 未来的显示技术	109
参考文献	116
第2章 液晶显示原理	117
2.1 液晶显示的发展史与应用	117
2.1.1 液晶显示的发展史	117
2.1.2 液晶显示的应用	118
2.1.3 液晶显示的特点	119
2.2 液晶的物理特性	121
2.2.1 液晶的分子结构	121
2.2.2 液晶的各种相及其附加剂	122
2.2.3 液晶的基本物理特性	125
2.2.4 液晶混合物	126
2.2.5 液晶的有序参数	129
2.2.6 液晶与界面的相互作用特性	134
2.2.7 液晶的新发展	138
2.3 液晶材料的电光特性	140
2.3.1 液晶材料的双折射特性和光学特性	140
2.3.2 电控双折射(ECB)效应	143
2.3.3 扭曲效应	145
2.3.4 超扭曲效应	152
2.3.5 双稳态效应	158
2.3.6 宾主效应	159
2.3.7 分散在聚合物中液晶膜(PDLC)的电光特性	161
2.3.8 铁电和反铁电液晶的电光效应	168
2.4 液晶显示器的驱动技术	178
2.4.1 液晶显示器的电极	179
2.4.2 静态驱动技术	179
2.4.3 动态驱动技术	182
2.5 有源矩阵液晶显示器件(AM-LCD)	192
2.5.1 二端非线性器件	193
2.5.2 基于薄膜晶体管(TFT)的 AM-LCD	202
2.5.3 多晶硅(P-Si)薄膜晶体管有源矩阵	211
2.5.4 硅晶片上的液晶(LCoS)显示器件	223
2.5.5 液晶电视简介	225
2.5.6 液晶显示器的新进展	232
2.6 液晶显示器的主要外围材料、制造工艺及配套件	250
2.6.1 液晶显示器主要外围材料	250
2.6.2 液晶屏制造主要工艺	261
2.6.3 TFT阵列的制造工艺	269



2.6.4 液晶屏电极与外电路的连接	274
2.6.5 彩色滤色膜(CF)	276
2.6.6 背光源	281
2.6.7 触摸屏	288
参考文献	302
第3章 液晶显示应用技术	303
3.1 液晶显示的特点和应用	303
3.1.1 液晶显示的特点	303
3.1.2 液晶显示的应用	307
3.2 液晶显示在电视上的应用	307
3.2.1 便携式液晶电视机	308
3.2.2 台式液晶电视机	311
3.2.3 数字液晶电视机	320
3.2.4 液晶屏的选用	322
3.2.5 液晶投影电视机	323
3.2.6 大画面液晶电视幕墙	325
3.3 液晶在显示器领域的应用	326
3.3.1 液晶显示器的构成	326
3.3.2 各部分的性能和选购要点	328
3.4 液晶显示在手机上的应用	332
3.4.1 移动通信技术携手液晶显示技术与俱进	332
3.4.2 手机用液晶显示屏	336
3.4.3 手机显示系统构成	340
3.4.4 彩色 STN 手机显示系统	345
3.4.5 TFT 真彩手机显示系统	359
3.4.6 未来手机显示系统	377
3.4.7 手机显示系统的评价与选购	379
3.4.8 手机显示系统的保养与维护	381
第4章 有机发光二极管显示	383
4.1 有机发光二极管显示概述	383
4.2 有机发光二极管器件结构与显示原理	386
4.2.1 器件结构	386
4.2.2 OLED 发光机理	387
4.2.3 掺杂器件中的能量传递	389
4.2.4 器件老化机理	391
4.3 有机电致发光材料	393
4.3.1 特点和分类	393
4.3.2 小分子有机电致发光材料	394
4.3.3 聚合物电致发光材料	402
4.4 OLED 器件的构造及制备工艺	405
4.4.1 OLED 屏的构造及制备工艺	405
4.4.2 彩色化技术	417



4.4.3 PLED屏的构造及制备工艺	419
4.5 OLED模块的构造及制备工艺	423
4.6 OLED器件用材料	424
4.7 有机发光二极管器件的驱动技术	427
4.7.1 静态驱动器原理	427
4.7.2 动态驱动器原理	429
4.7.3 带灰度控制的显示	431
4.7.4 OLED显示驱动芯片介绍	434
4.8 有源驱动有机发光二极管显示器	445
4.8.1 有源驱动与无源驱动的比较	445
4.8.2 低温多晶硅 TFT 技术	447
4.8.3 低温多晶硅 TFT-OLED的应用研究	448
4.9 白光和磷光三线态 OLED 显示技术	449
4.9.1 磷光三线态 OLED 技术(PHOLED)	449
4.9.2 白光 OLED(WOLED)	451
第5章 等离子体显示	456
5.1 概述	456
5.1.1 等离子体显示屏中的等离子体	456
5.1.2 PDP的发展历程	458
5.1.3 PDP展望	463
5.2 交流等离子体显示板结构及工作原理	465
5.2.1 交流等离子体显示板结构	466
5.2.2 交流等离子体显示板工作原理	468
5.2.3 彩色等离子体显示发光机理和发光效率	470
5.2.4 各种新型结构 PDP	472
5.3 等离子体显示屏制作工艺	477
5.3.1 等离子体显示屏的制作工艺流程	477
5.3.2 前基板的制作工艺	479
5.3.3 后基板的制作工艺	482
5.3.4 总装工艺	484
5.3.5 PDP制作工艺特点	485
5.4 等离子体显示屏驱动技术	486
5.4.1 ADS——寻址与显示分离的子场驱动方法	486
5.4.2 AWD——寻址并显示的驱动方法	488
5.4.3 ALIS——表面交替发光驱动法	490
5.4.4 CLEAR——高对比度、低功耗寻址驱动、降低动态假轮廓的驱动法	492
5.4.5 Super-CLEAR 方法	493
5.4.6 动态图像显示质量——动态伪轮廓	493
5.4.7 驱动电路简介	495
5.4.8 能量恢复电路	499
5.5 等离子体显示屏放电特性理论研究	503
5.6 等离子体电视	509

5.6.1 等离子体电视特点	509
5.6.2 PDP 电视与 LCD 电视的比较	512
5.6.3 等离子体电视的性能参量	516
5.7 等离子体显示技术的应用	523
5.7.1 商用和公众显示	523
5.7.2 高清晰数字电视、家庭影院及多媒体显示终端	525
5.7.3 军用和工业控制	527
参考文献	530
第 6 章 场致发射平板显示器(FED)	534
6.1 绪论	534
6.1.1 真空微电子学的应用与特点	534
6.1.2 场致发射平板显示器的发展历史	535
6.1.3 FED 兼有 CRT 和 LCD 的优点	535
6.1.4 FED 的发展趋势	536
6.1.5 Spindt 型 FED 军事等应用举例	536
6.2 场致发射原理	537
6.2.1 场致发射显示原理	537
6.2.2 场致发射理论	538
6.3 微尖发射阵列的制造工艺	548
6.3.1 金属微尖阵列场致发射阴极	549
6.3.2 硅锥场致发射阵列	550
6.4 微尖发射的性能	553
6.4.1 发射体几何参数对发射特性的影响	553
6.4.2 场致发射阵列(FEA)结构优化和发射电流的理论极限	555
6.4.3 FEA 的热稳定性与结构材料的选择	557
6.4.4 微尖场致发射电子的能量分布	558
6.4.5 Spindt 型场致发射显示亮度的均匀性	561
6.5 微尖发射体材料的选择	562
6.6 聚焦型 FED	562
6.7 FED 制造中的关键材料和工艺	564
6.7.1 支撑技术	564
6.7.2 FED 中真空度的维持	566
6.7.3 FED 中的荧光粉	567
6.8 如何保证 FED 发射的稳定性和均匀性	572
6.9 Spindt 型 FED 举例	574
6.10 发展新型场致发射显示器的必要性与可能性	576
6.11 碳纳米管场致发射显示器	578
6.11.1 碳纳米管特性简介	578
6.11.2 碳纳米管的制备	581
6.11.3 碳纳米管的提纯	583
6.11.4 碳纳米管的生长机理	584



6.11.5 碳纳米管场致发射阵列的制备	586
6.11.6 碳纳米管的发射特性和发射机理	590
6.11.7 碳纳米管 FED 的电极结构	591
6.12 表面传导发射显示 (SED)	596
6.13 其它类型场致发射显示器	602
参考文献	611
第 7 章 真空荧光显示器件 (VFD)	613
7.1 结构与发光原理	613
7.1.1 基本结构和特点	613
7.1.2 发光原理	614
7.1.3 VFD 发展简况 ^[5,6]	616
7.2 光电特性	617
7.2.1 低压阴极射线发光	617
7.2.2 阳极、栅极特性*	618
7.2.3 阴极特性	619
7.2.4 栅极的截止电压 U_{go} 和阴极偏置电压 U_k	621
7.2.5 VFD 的荧光粉老化和寿命	622
7.3 多色显示	622
7.3.1 多色发光材料	622
7.3.2 彩色滤光片	624
7.3.3 亮度需求	625
7.4 VFD 种类和产品	625
7.4.1 VFD 的电极结构	626
7.4.2 符号和数码显示屏	627
7.4.3 点矩阵显示屏 (Dot-Matrix)	629
7.4.4 全矩阵显示屏 (Matrix)	631
7.4.5 玻盖尺寸	633
7.5 特殊结构的 VFD	634
7.5.1 透射显示 (FL VFD)	634
7.5.2 双面发光 (Dual Layer VFD)	634
7.5.3 肋栅 (Rib-grid VFD)	635
7.5.4 内置芯片 (CIG) VFD	636
7.5.5 有源矩阵 (Active Matrix) VFD	637
7.6 VFD 的使用	637
7.6.1 电源和驱动电路	638
7.6.2 专用集成电路	640
7.6.3 亮度调节	644
7.6.4 使用中的注意事项	645
7.7 VFD 组件及其它应用	646
7.7.1 组件	646
7.7.2 图像显示	648
7.7.3 大屏幕显示	649



7.7.4 今后的发展方向	649
参考文献	650
第8章 发光二极管显示	651
8.1 LED 基础知识	651
8.1.1 概述	651
8.1.2 LED 发光的基本原理	652
8.1.3 LED 的关键技术	653
8.1.4 超高亮度 LED 的进展	661
8.1.5 LED 平板显示分类和应用	663
8.2 LED 的驱动	669
8.2.1 直流驱动	669
8.2.2 脉冲驱动	673
8.2.3 恒压驱动和恒流驱动	674
8.2.4 脉冲恒流驱动	675
8.2.5 热设计	675
8.2.6 设计步骤	679
8.3 灰度和亮度调整的实现	679
8.3.1 亮度和灰度及其测量	679
8.3.2 脉冲宽度调制(PWM) 实现灰度控制	680
8.4 LED 显示屏基本构成	687
8.4.1 LED 显示屏基本构成	687
8.4.2 数据传输和分配电路	696
8.5 LED 全彩色显示屏的关键技术	699
8.5.1 LED 全彩色显示屏的配色和白平衡	699
8.5.2 LED 大屏的伽玛修正校正	702
8.5.3 色度修正	704
8.5.4 一致性修正	707
8.5.5 逐点修正	708
8.5.6 像素共享技术	710
8.5.7 LED 全彩显示屏的视频处理	712
8.6 LED 图文显示屏与嵌入式系统	715
8.6.1 概述	715
8.6.2 采用工业控制机做控制器的显示屏	716
8.6.3 采用单片机的嵌入式系统	718
8.6.4 用基于 ARM7 处理器的嵌入式图文显示屏	721
参考文献	722
第9章 电致发光显示	725
9.1 电致发光显示器的发展史	725
9.1.1 引言	725
9.1.2 发展史	725
9.1.3 ELD 的优缺点	727
9.2 EL 器件结构和发射机理	727



9.2.1 ac-TFEL	728
9.2.2 ac-PEL	730
9.2.3 dc-TFEL	732
9.2.4 dc-PELD	733
9.3 交流驱动薄膜电致发光器件的物理特性	734
9.3.1 TFED 的显示特性	735
9.3.2 TFELD 的理想模型	739
9.3.3 荧光粉基质材料和发光中心的理化特性	742
9.4 TFELD 所需的材料	746
9.4.1 玻璃基板	747
9.4.2 透明导电层	747
9.4.3 绝缘层	748
9.4.4 荧光粉层	752
9.4.5 金属电极	752
9.5 彩色 TFELD 的荧光粉和发光中心	753
9.5.1 基于 ZnS 荧光粉的彩色 TFELD	753
9.5.2 基于 CaS 和 SrS 荧光粉的彩色 TFELD	756
9.5.3 以碱土硫化镓酸盐为荧光粉基质的彩色 TFELD	758
9.5.4 彩色 TFELD 小结	759
9.5.5 彩色电致发光荧光粉的最新进展	760
9.5.6 发射白光的 ELD	763
9.5.7 小结	764
9.6 EL 显示屏及其应用	764
9.6.1 单色 TFEL 屏	764
9.6.2 多色 TFEL 显示屏	765
9.6.3 彩色 TFEL 显示屏	768
9.7 TFELD 的驱动方法	768
9.7.1 多路驱动法	769
9.7.2 有源矩阵驱动方法	775
9.8 厚膜无机电致发光显示器	776
9.8.1 TDEL 工艺特点	777
9.8.2 TDEL 的基本特性和发展前景	780
参考文献	781
第 10 章 大屏幕投影显示	783
10.1 大屏幕投影显示的特点与分类	783
10.2 CRT 投影显示	788
10.3 液晶投影显示	791
10.4 DLP 投影显示	800
10.5 投影系统的光源与光学元件	814
10.5.1 光源	814
10.5.2 光阀照明系统	818



10.5.3 色分离及色合成光学系统	821
10.5.4 微透镜矩阵	824
10.5.5 投影透镜	826
10.5.6 背投影型显示屏	828
10.6 全球背投电视市场的发展趋势	831
参考文献	834

第 1 章 显示技术基础

1.1 概 论

1.1.1 什么是显示技术

显示的英文是 Display,原指商品的阵列展示。本书专指利用电子手段产生的视觉效果,即根据可识别的亮度和颜色将信息内容以电信号的形式传送给眼睛产生视觉效果。

信息、能源和材料是构成人类现代文明的三大支柱,其中信息占首位,以至人们称当今社会为信息社会,在信息社会中,时刻有巨量的信息通过“信息高速公路”传递着。每年的信息量以超过 200% 的速度在增加,预计到 2020 年将达到每两个半月翻一番。迅速发展的高速宽带网为传递日益增长的信息提供了可能,但是传递信息不是目的,使用信息才是最终目的,这就需要下载信息,在各种下载信息中以下载图像信息最为快捷明了。

人类通过五官感受获得外界信息,早期的数据是:视觉占 60%,听觉占 20%,触觉占 15%,味觉占 3%,嗅觉占 2%。近期的分配比例已变成:视觉占 83%,听觉占 11%,触觉占 3.5%,嗅觉占 1.5%,味觉占 1%。人类在日常生活中主要是依靠视觉来了解周围世界,获得信息,并且在信息社会中视觉的重要性还在不断提高,已从过去获取总信息比例的 60% 提高到 83%。此外,通过视觉获得的信息比用其它感觉方式获得的信息记忆更深刻牢固。由此可见,人类在需要准确地获取大量复杂的信息,并加以判断记忆时,利用视觉是最为有效的方法。

人们通过视觉接收信息的方式可以是文字、图表和图像。利用文字描述,每分钟能传达的信息量不过几百个字节,还不一定能说得清楚,而用图像能达到“一目了然”的作用,每幅图像的信息量达到几十万到几百万像素。所以图像显示是信息显示的最重要方式。

显示技术作为人机联系和信息展示的窗口,广泛应用于娱乐、工业、军事、交通、教育、航空航天,以及医疗等社会的各个领域,电子显示产业是信息产业的重要组成部分,全球 2005 年显示产品销售总额约为 720 亿美元,到 2010 年预计将达到 1000 亿美元。

在我国,显示产业也同样具有极其重要的地位,2002 年显示产业销售总额约为 1000 亿元,与软件产业(1100 亿元)相当,大大超过集成电路产业(268.4 亿元)。如今,显示技术及其产品更是渗透到我们的社会生产、生活的各个方面,有用于家庭、办公室、工厂等室内的显示器,也有用于交通部门和室外的显示器,还有用于数码相机、摄像机和手机等可携带信息设备中的显示器。显示技术与半导体技术一样,对于现代社会来说,也是一项不可缺少的重要技术,不仅改变了人们的生活方式,也推动了整个科技领域的进步。

显示技术包括下列内容:

- ① 各种发光材料发光机理的研究。



- ② 各种显示方式的基本原理和结构。
- ③ 显示器件上、下游产业链中所用各种材料的选择与制作工艺。
- ④ 显示信息的输出、交换、处理与控制技术。

信息显示技术的特点是:

① 电子显示技术传输与处理信息具有准确、实时、直观和信息量大的特点。现代技术与显示技术相结合,从时间和空间上极大地扩展了人类的视觉。人们可以欣赏到从火星探测车发回的火星地貌图片,可以进入微观世界看到原子的排列,可以不间断地监测地球上每处的活动,可以观察深海中的美妙景色等,这些都离不开显示技术的参与。总之,显示技术使人类可以不受时空限制,不受恶劣环境和危险条件的阻挠,真正做到闭门家中看尽天下事。

② 电子显示技术是多学科的综合。电子显示技术涉及物理学各个方面(特别是光学),如电子学、材料科学、集成电路、真空技术、计算机技术、固体物理、半导体技术等。一种新功能材料的诞生,一种新颖方案的实施,一种新工艺过程的发现,一种新结构设想的提出都会在显示领域引起革命性的变化。例如,液晶材料与微电子技术的结合促进了有源矩阵液晶显示器的迅猛发展,使其成为当今平板显示器领域中最重要显示器件;有机发光材料的出现导致了一种新型显示器件——有机发光二极管显示器件的迅速崛起;子场分离技术的提出,解决了等离子体显示器不能显示图像灰度的难题。类似的例子,在显示技术发展过程中不胜枚举。所以从事显示技术的人员,只有具有广博的知识,并善于联想,才会有创造性的成就。

③ 应用面广。电子显示技术作为人机联系和信息展示的窗口,已在军事、工业、交通、通信、教育、航空航天、娱乐、医疗等方面获得广泛应用。人们在家看电视,出门用手机,办公用计算机,到医院作超声和 X 光透视,在机场注视空港显示屏等都离不开显示技术。在现代生活中,已经很难设想,如果离开了显示技术将会是什么情景。

④ 电子显示技术发展快。电子显示从第一只阴极射线管算起已有百余年历史,阴极射线管显示技术已经历了成熟期,发展缓慢,不可能再有突破性的发展。但是平板显示技术正处于日新月异的发展阶段,等离子体显示器刚过完 40“大寿”,而液晶显示器的诞生还不到 40 年,它们的大尺寸显示屏已步入大生产,并进入显示器的主流产品(大屏幕电视机和计算机显示器)行列,正在迅速克服和解决自身的各种缺点,在性能上、价格上、屏幕尺寸上不断爆出令世人震惊的消息。此外,根据新材料、新工作原理研制的新式显示器时有报导,其中有些品种已发展成为对老品种显示器具有相当威胁力的显示器件。例如,日本将在明年投产的大屏幕 SED(表面传导发射显示)电视机,对正在发展的大屏幕 LCD 和 PDP 电视机构成很大压力;正在兴起的 OLED 显示屏预计将会在中小屏显示领域从 LCD“手”中夺取不少份额。

各类主要平板显示器件的工作原理虽然没有大的改变,但是它们在平板显示产业中的地位是在不断地变化着。很多结论也在不断地修改着,如直至 2002 年,专家们还认为 LCD 只适合制作小于 30 英寸的屏幕,但是 2002 年年底韩国三星就推出了 40 英寸的 LCD 电视机。现在大屏幕 LCD 电视机已成为 PDP 电视机有力的竞争者。

1.1.2 显示技术的发展史

1. 1970 年以前的早期显示器

最早电子显示器是 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,使彩色电视飞速发展。但是早期的彩色电视机亮度低,只能在暗的环境中观看。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一倍。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。观众关心的是荧光屏上的图像质量,但是彩色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,重量也大。观众希望有薄形的电视机,这是产生平板显示器的原动力。

2. 显示技术与半导体、计算机技术共同发展(1970~1990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(Colour Display Tube, CDT),而用于彩色电视机的彩色CRT称为彩色显像管(Colour 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。

但是随着办公自动化(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惑。

2) 平板显示器的崛起

1970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急增。促使真空荧光显示管(VFD)、发光二极管(LED)、液晶显示器(LCD)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。液晶能与低电压、低功耗的互补MOS(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。但是VFD与LED是主动发光型,仍有它们自己的市场位置。

这段时期平板显示器正处于初生期,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。

但是LCD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能显示出大信息容量的图像。但是直到1990年左右,带AM-LCD的便携式计算机仍是一种昂贵的办公工具。

从20世纪70年代初进行了等离子体显示板(PDP)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阶段

20世纪90年代是TN型AM-LCD开始普及的年代,主要是TFT的成品率开始从百分之



几逐渐地提高,因此成本下降,LCD 笔记本电脑使用面拓宽,但是尺寸仍限于 10 英寸左右。

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 的另一个弱点是响应速度低,不适于用作视频图像显示。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,已没有大的问题。

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 开始了向 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、响应慢的弱点以前,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,而寿命和流明效力也困扰着全彩色 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,首要的问题是把生产成本降低。全彩色 PDP 已可实现应用,下一步的发展集中在进一步提高流明效力和在大生产中如何降低成本上。

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 也从发光效力较低发展到超高亮度,但是直到 20 世纪 80 年代末,蓝光 LED 由于发光效力极低,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 1 cd,为全彩色 LED 显示屏奠定了基础,随着蓝光 LED 大规模生产的进展,价格也迅速下降。现在全彩色 LED 显示屏,无论在室内还是室外都已到处可见。

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) 有机发光二极管显示(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,分辨力也提高不上去。

1987 年美国柯达公司 C. W. Tang 制备成功超薄双层结构小分子有机发光二极管结构,从