



@



# 平板显示技术基础

PINGBAN XIANSHI JISHU JICHU

主 编 刘银春



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

# 平板显示技术基础

主 编 刘银春



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS  
浙江大学出版社

## 内 容 简 介

本书以液晶显示和有机发光显示技术为主介绍平板显示技术的基础知识。全书共10章,第1章介绍平板显示技术发展和平板显示器有关的基础知识,第2章介绍光度学、色度学和视觉的基础知识,第3章介绍液晶显示的物理基础,第4章介绍液晶显示器件及其工作原理,第5章介绍薄膜晶体管与有源矩阵,第6章介绍液晶显示器件的驱动技术,第7章介绍液晶模块的原理和应用,第8章介绍背光源及其辅助电路,第9章介绍液晶显示器的设计与制造工艺,第10章介绍有机发光二极管显示技术的基础知识。每章后面附有思考与练习题。

本书可作为本科生教材或有关专业人员的培训的教材,也可以用于从事平板显示技术行业有关人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

平板显示技术基础/刘银春主编. —杭州:浙江大学出版社,2013.8

ISBN 978-7-308-11890-3

I. ①平… II. ①刘… III. ①平板显示器件  
IV. ①TN873

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第170937号

### 平板显示技术基础

主编 刘银春

责任编辑 邹小宁

文字编辑 吴琦骏

封面设计 王聪聪

出 版 浙江大学出版社

(杭州市天目山路148号 邮政编码 310007)

(网址:<http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州教联文化发展有限公司

印 刷 杭州嘉业印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 19.75

字 数 481千

版 次 2013年8月第1版 2013年8月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-11890-3

定 价 38.60元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

# 前 言

在信息社会中,人们接收信息总量的94%是通过视觉和听觉完成的,这也就是人们常说的“耳闻目睹”的重要性。因此,在现代社会中,信息显示技术与人们的生活息息相关,一种理想的显示器应该是高亮度、高对比度、高分辨率,并有大容量显示、能全彩色显示、低电压驱动、低功耗,显示器件本身与驱动电路连接为一体,高可靠、长寿命以及薄而轻的平板显示器,所以平板显示技术能够满足人们需求,实现人们的理想。以液晶显示为代表的平板显示器,目前已经成为显示器的主流。以 TFTLCD 为代表的新型平板显示器件和半导体集成电路是信息产业两大基石,涉及技术面宽,产业带动力大,是国家工业化能力和竞争力的重要体现。TFTLCD 等新型平板显示器产业是技术、资本和人才密集型产业,其中人才是关键要素。日本和韩国是 TFTLCD 等新型平板显示器产业强国,他们约有 30 所大学,中国台湾约有 20 所大学设有显示及相关专业,每年培养数万工程技术人员,就是这样,全球人才仍然紧缺。中国内地设有显示相关专业的大学数量较少,这方面的人才,特别是较为顶尖的人才更为紧缺。目前中国内地已有多条 8.5 代液晶面板生产线投产,大尺寸 AM-OLED 显示屏研发获得突破,可以预见,我国将成为平板显示器生产的大国,人才需求进一步显现。

我校从 2002 年起在制订电子科学与技术本科专业的教学计划时,就把“平板显示技术”作为核心课程,并着手收集资料和编写讲义,从 2005 年开始实施,“平板显示技术基础”在实践中不断完善,吸收了近几年平板显示技术发展的成果。由于课时有限,考虑到液晶显示已经成为平板显示器的主流,而有机发光显示器则是被公认的最有发展前途的显示器,所以本书以液晶显示技术为主介绍平板显示技术的基础知识,同时介绍有机发光显示技术的基础知识。这是出于立足当前,放眼未来的考虑,也是培养人才需要的考虑。

全书共 10 章,第 1 章介绍平板显示技术发展和平板显示器有关的基础知识;第 2 章介绍光度学、色度学和视觉的基础知识;第 3 章介绍液晶显示的物理基础;第 4 章介绍液晶显示器件及其工作原理;第 5 章介绍薄膜晶体管与有源矩阵;第 6 章介绍液晶显示器件的驱动技术;第 7 章介绍液晶模块的原理和应用;第 8 章介绍背光源及其辅助电路,这是因为 LED 背光源已用于液晶电视,是今后一段时期的发展重点技术之一,故该章的重点放在液晶电视的 LED 背光源技术;第 9 章介绍液晶显示器的设计与制造工艺,介绍液晶显示器件和模块在设计与制造过程的基本知识,考虑到本科生大部分面对就业市场的现实,而且平板显示器产业对技术人才的需求量大,是一个广阔的就业市场,

设计与制造是本科生发挥作用的重要舞台,学习液晶显示器的设计与制造的基本知识,能够更好地适应社会需求;第10章介绍有机发光二极管显示技术的基础知识。每章后面附有思考与练习题。

本书是在多年的讲义基础上改编而成的。其中第7章由陈雄编写,他还绘制了书中的部分图。本书在编写过程中得到了上海大学王军研究员的帮助。在本课程的教学过程中,魏芬、刘佳、吴运铨、吴金华等同学提出宝贵的意见。在讲义的使用过程中得到历届电子科学与技术专业的同学的支持,并提出一些有益的建议。在此,谨向他们表示衷心的感谢!

在本书的编写过程中得到了福建农林大学大学教务处、机电工程学院和金山学院领导的支持,特别是教材科领导的支持和帮助,在此谨向他们表示崇高的敬意!

本书吸收了近年来国内外部分作者的研究成果,这些成果主要来源于书中所列的参考文献,在此向他们表示诚挚的感谢!

由于平板显示技术发展迅速,许多高新技术在该技术领域迅速得到应用,因此,不可能把该领域的有关新技术一一加以介绍,加上水平的限制,书中还存在一些错误,敬请读者批评指正。

本书获福建农林大学出版基金资助,在此表示衷心的感谢!

刘银春

2013年3月

# 目 录

第1章 平板显示技术概论 .....	1
1.1 显示技术的发展与应用 .....	1
1.1.1 信息社会与显示技术 .....	1
1.1.2 显示器件的分类与发展 .....	2
1.2 图像质量与平板显示器件的主要性能参量 .....	9
1.2.1 电视图像的基本参数 .....	10
1.2.2 显示器件的主要性能参量 .....	10
第2章 光的量度与视觉 .....	17
2.1 光度学 .....	17
2.1.1 光与颜色 .....	17
2.1.2 光通量和发光强度 .....	18
2.1.3 照度及距离平方反比定律 .....	19
2.1.4 亮度及朗伯定律 .....	20
2.2 人眼的结构及生理特性 .....	23
2.2.1 眼睛的构造及感光特点 .....	23
2.2.2 感光机理 .....	25
2.2.3 人眼的视觉特性 .....	27
2.3 色度学概要 .....	31
2.3.1 色觉理论 .....	31
2.3.2 颜色特性与混色法 .....	34
2.3.3 人眼对颜色的辨别能力和彩色视野 .....	37
2.3.4 表色体系与色度图 .....	38
第3章 液晶显示的物理基础 .....	45
3.1 液晶的基本特性 .....	45
3.1.1 物质的第四态——液晶 .....	45
3.1.2 液晶的分类 .....	45
3.1.3 液晶相变的规律 .....	48
3.2 液晶的物理基础 .....	49
3.2.1 有序参量 .....	49

3.2.2	液晶的各向异性 .....	51
3.2.3	液晶的连续体理论 .....	53
3.3	液晶的光学特性 .....	55
3.3.1	光的偏振和晶体光学简介 .....	55
3.3.2	液晶的双折射特性和光学性质 .....	59
3.3.3	液晶的电光特性与液晶显示器的主要性能 .....	63
3.4	液晶材料的结构及其性质 .....	67
3.4.1	对液晶材料的要求 .....	67
3.4.2	热致液晶的分子结构 .....	68
3.4.3	液晶分子结构和液晶物理性质的关系 .....	70
3.4.4	实用液晶材料简介 .....	73
<b>第4章</b>	<b>液晶显示器件及其工作原理 .....</b>	<b>77</b>
4.1	液晶显示器件的结构及显示方式 .....	77
4.1.1	液晶显示器件的基本结构 .....	77
4.1.2	液晶显示器的分类 .....	78
4.1.3	液晶显示的三种方式 .....	79
4.2	液晶器件中的分子排列及其取向方法 .....	81
4.2.1	分子排列的种类 .....	81
4.2.2	液晶分子排列取向的处理方法 .....	82
4.2.3	有关液晶分子排列的理论分析 .....	84
4.3	透射式液晶显示器的工作原理 .....	86
4.3.1	扭曲向列型液晶显示器 .....	86
4.3.2	超扭曲向列型液晶显示器 .....	90
4.3.3	宾主效应型液晶显示器 .....	93
4.3.4	电控双折射液晶显示 .....	94
4.3.5	相变液晶显示器(PC-LCD) .....	98
4.3.6	铁电液晶显示器(FLCD) .....	99
4.3.7	增大视角的措施 .....	103
<b>第5章</b>	<b>薄膜晶体管与有源矩阵 .....</b>	<b>108</b>
5.1	薄膜晶体管及其阵列 .....	108
5.1.1	场效应晶体管的工作原理 .....	108
5.1.2	非晶硅薄膜晶体管的结构与特点 .....	113
5.1.3	TFT阵列 .....	116
5.1.4	p-Si-TFT液晶显示器件 .....	122
5.2	有源矩阵驱动技术 .....	123
5.2.1	有源矩阵液晶显示器的分类 .....	123
5.2.2	有源矩阵驱动技术 .....	125
5.2.3	TFT AM LCD屏的结构及其等效电路 .....	127

5.2.4	彩色液晶显示器件的驱动 .....	129
5.2.5	金属-绝缘体-金属二极管(MIM)二端有源液晶显示器件 .....	131
<b>第6章</b>	<b>液晶显示器件的驱动技术 .....</b>	<b>134</b>
6.1	液晶显示器件的写入机理及其驱动方式 .....	134
6.1.1	液晶显示器件写入的基本条件 .....	134
6.1.2	液晶显示器件的写入机理 .....	135
6.1.3	液晶显示器件的驱动方式 .....	136
6.2	液晶显示器件的直接驱动 .....	137
6.2.1	静态驱动法 .....	137
6.2.2	动态驱动法 .....	139
6.2.3	双频驱动法 .....	145
6.2.4	灰度显示法 .....	145
6.2.5	提高大容量液晶显示器件像素质量的方法 .....	148
6.3	液晶显示驱动器 .....	149
6.3.1	静态驱动器 .....	150
6.3.2	动态驱动器 .....	151
6.4	触摸屏及其输入原理 .....	161
6.4.1	电阻触摸屏及其输入原理 .....	162
6.4.2	红外触摸屏及其输入原理 .....	163
6.4.3	电容触摸屏及其输入原理 .....	164
6.4.4	表面声波触摸屏及其输入原理 .....	165
<b>第7章</b>	<b>液晶显示模块及其应用 .....</b>	<b>168</b>
7.1	液晶显示驱动控制器 .....	168
7.1.1	液晶显示驱动控制器 .....	168
7.1.2	液晶显示控制器的工作原理 .....	172
7.2	液晶显示驱动控制器模块的应用 .....	176
7.2.1	图形点阵液晶显示模块 .....	176
7.2.2	薄膜晶体管(TFT)彩屏液晶显示模块 .....	181
<b>第8章</b>	<b>背光源及其辅助电路 .....</b>	<b>184</b>
8.1	液晶显示的采光技术 .....	184
8.1.1	自然光采光技术 .....	184
8.1.2	设置背光源的采光技术 .....	184
8.1.3	常用背光源 .....	186
8.1.4	背光源中的配件及作用 .....	192
8.1.5	液晶电视的LED背光源技术 .....	197
8.2	液晶显示驱动系统及辅助电路 .....	200
8.2.1	温度补偿电路 .....	200
8.2.2	驱动电源(DC-DC)电路 .....	200



8.2.3	液晶背光源的驱动电源	203
<b>第9章</b>	<b>设计与制造工艺</b>	<b>206</b>
9.1	液晶显示器件及模块设计	206
9.1.1	外形与电极设计	206
9.1.2	掩模版的设计与制作	210
9.1.3	液晶显示器件和模块的设计与定制	212
9.2	液晶显示器件制造的工艺环境	214
9.2.1	工艺环境对产品质量的重要性	214
9.2.2	车间洁净控制技术	215
9.2.3	净化原理	220
9.2.4	净化厂房的管理	221
9.3	清洗与干燥工艺	223
9.3.1	清洗工艺原理	223
9.3.2	高纯水制备原理	228
9.3.3	干燥工艺原理	230
9.3.4	清洗与干燥工艺过程	231
9.4	光刻与取向工艺	232
9.4.1	光刻工艺	232
9.4.2	取向排列工艺	238
9.5	液晶盒制作工艺	243
9.5.1	丝网印刷工艺	243
9.5.2	制盒工艺	247
9.5.3	热压固化工艺	249
9.5.4	丝印制盒质量控制	250
9.5.5	切割工艺	252
9.5.6	灌注液晶及封口工艺	254
9.6	模块组装工程	258
9.6.1	模块的结构及组装流程图	259
9.6.2	OLB工程	260
9.6.3	PCB实装工程	265
9.6.4	COG模块制造工程	266
9.6.5	组装及检查工程	268
<b>第10章</b>	<b>有机发光二极管显示</b>	<b>271</b>
10.1	有机发光二极管显示简介	271
10.2	有机发光二极管的结构与显示原理	274
10.2.1	有机发光二极管的结构	274
10.2.2	OLED器件的发光原理	275
10.2.3	有机发光二极管显示分类	276

10.3 有机发光二极管显示材料	277
10.3.1 有机电致发光材料特性和分类	277
10.3.2 小分子有机电致发光材料	278
10.3.3 聚合物电致发光材料	282
10.4 有机发光二极管的制备工艺	285
10.4.1 ITO玻璃基片清洗与表面预处理	285
10.4.2 阴极隔离柱技术	286
10.4.3 有机薄膜或金属电极的制备	287
10.4.4 彩色化技术	288
10.4.5 OLED器件封装技术	289
10.4.6 OLED器件的寿命和稳定性	291
10.5 有机发光二极管显示驱动技术	292
10.5.1 驱动方式	292
10.5.2 静态驱动器原理	294
10.5.3 动态驱动器原理	295
10.5.4 灰度控制的显示	297
10.5.5 AM-OLED像素驱动电路	299
10.5.6 LCD与OLED驱动技术的比较	301
10.5.7 OLED显示驱动芯片简介	302
10.5.8 有源驱动有机电致发光显示器	303
10.5.9 新型有机发光二极管显示技术	304
参考文献	306

# 第1章 平板显示技术概论

## 1.1 显示技术的发展与应用

### 1.1.1 信息社会与显示技术

人类掌握了生火的方法之后,火不仅用来煮熟食物和照明,而且还用火光来传递信息。我国古代的“烽火台”就是应用烟火来传递信息的例子。而“走马灯”则是显示活动图像的最原始的尝试。

人类社会已经进入了信息化社会(简称信息社会)。在信息社会中,信息的生产、存储、加工、传递、处理成为重要的产业;信息和知识成为重要的生产力、竞争力,也是经济成就的重要因素,如互联网的诞生,在信息化社会占有极其重要的地位,网络经济也应运而生。因此,研究信息本质、信息获取、信息控制、信息传输、信息存储、信息处理、信息优化、信息转换、信息显示等内容的信息科学问题已经成为现代科学技术的重要课题。

什么叫信息?控制论的创始人N.维纳曾经给信息下过这样的定义:“信息是人们在适应外部世界并使这种适应反作用于外部世界的过程中,同外部世界进行交换的内容的名称。”信息论的创始人申农指出:“一切事物,包括自然界和人类社会都能产生信息。信息不是事物本身,而是由事物发出的消息、情报、指令、数据和信息中所包含的内容。”简而言之,信息是指通信系统传输和处理的对象,泛指消息和信号的具体内容和意义。

人类生存离不开信息,每时每刻都要与外部世界交流信息。人类感知外界信息依靠眼、耳、鼻、舌、身(皮肤)所具有的视觉、听觉、触觉、嗅觉和味觉。随着社会的进步,人的各种感觉器官从外界获得信息的比例也发生了变化,有研究表明,在电视和网络技术普及之前其比例是:视觉占60%,听觉占20%,触觉占15%,嗅觉占2%,味觉占3%;而在电视和网络技术普及之后其比例则是:视觉占83%,听觉占11%,触觉占3.5%,嗅觉占1.5%,味觉占1%。表1-1为人的五官接收信息比例、处理速度与受容细胞数。

这说明人获取信息的比例与各感官处理信息的速度成正比,也与信息社会人们的生活习惯及方式有关。



表 1-1 人的五官接收信息比例、处理速度与受容细胞数

五官	视觉	听觉	触觉	嗅觉	味觉
获取信息的比例/(%)	83	11	3.5	1.5	1.0
处理速度/(bit/s)	$3 \times 10^6$	$(2 \sim 5) \times 10^4$	$2 \times 10^5$	10~100	10
受容细胞数/个	$10^8$	$3 \times 10^4$	$5 \times 10^6$	$10^7$	$10^7$

由此可见,视、听两者占据了现代人接收信息总量的94%,这也就是人们常说的“耳闻目睹”的重要性。俗话说,“百闻不如一见”,又进一步强调了视觉的重要性。因此,人们收集的信息经过处理后往往要转换(或者说再生)为文字、图形、图像、语言等形式,以便人们相互之间的交流。我们将各种信息转化为视觉信息再传达给他人的过程称为“显示”,研究和生产显示器的技术就是显示技术。当今显示最大的特点是光与电的结合,是光与近代科学成就的结合。这种显示技术追求的目标是清晰、准确、实时、直观、方便、节能、携带信息量大,甚至全彩色、立体化等,因此,它必然是一种以现代科学技术为基础,最大限度地采用现代科学技术的成果的显示技术,故称为现代显示技术。现代显示技术的基本特点是将各种非电学量的信息(如声、光、热、力、数、气氛等信息源)通过一定的传感器、处理器进行感知和处理后传输给显示装置,再由显示装置进行处理、转换,最后由显示器件转换为人类视觉可识别的信息(如文字、图形、图像等),故现代显示技术也称为信息显示技术。

简而言之,信息显示技术就是把非电学量的信息转换成电信号,再把电信号转换成文字、图形、图像之类的可见光信号的一门科学。在信息的获取、控制、传输、存储、处理、优化、转换和显示的整个信息链中,显示器是信息链的终端人机界面。

显示技术发展的典型示例要算电视。电视是一种通过通信线路将在一定距离之外现场的或记录的景物以图像形式即时重现的技术。19世纪末到20世纪初期,人们进行了机械电视广播的研究,出现了机械转盘式电视系统。1897年,德国学者布劳恩(K.F. Braun)发明了阴极射线管(CRT),这成为现代电子显示技术的起点。20世纪30年代诞生的黑白电视,解决了无视频图像的问题,是第一代显示技术;1951年,劳乌(H.B. Law)成功研制荫罩式彩色显像管,到1954年正式播送彩色电视节目,开创了彩色显示的新纪元,彩色电视解决了图像无颜色的问题,是第二代显示技术;经过半个世纪的发展,数字电视开始普及,通过电视信号的数字化,解决了视频图像传输、存储和再现的清晰度问题,这就是第三代显示技术;现在要解决的是图像颜色的保真度问题,即大色域显示问题,这是第四代显示技术,激光显示技术是第四代显示技术的重要技术之一;目前市场上已经出现3D电视,它解决了图像的立体感问题,即三维显示,属于第五代显示技术。实现客观物体的时、空、色全部信息的完美、精确记录和再现,真正实现“高保真”显示是显示技术的最高目标。

## 1.1.2 显示器件的分类与发展

一种理想的显示器应该是高亮度、高对比度、高分辨力、大容量、能全彩色三维显示、低电压驱动、低功耗,显示器件本身与驱动电路连接为一体,高可靠、长寿命以及薄而轻的平板显示器。但是,在目前种类繁多的显示器中,没有一种显示器能实现所有这

些要求。正是对上述完美要求的追求,使得新的显示器件不断地被开发出来,原有的技术参数也被一再突破。由于每种已进入市场的显示器件都能满足上述完美要求中的一部分,因此也只能在一定的领域中获得广泛的应用。

根据市场调查,人们对显示器件主要参量的重视性为:高分辨率占52.7%,亮度占20.1%,视角占17.8%,彩色饱和度占9.3%,所以市场对高分辨率、高亮度、宽视角显示器件的需求量越来越大。

### 1.1.2.1 显示器件的分类

显示器件的品种类型之多是惊人的,其发展、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,显示器件的分类方法有多种,但迄今为止还没有一种完善的分类方法。

#### 1. 主动显示器件和被动显示器件

从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。这里所谓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、透射率等)发生改变的现象。因此,按像素本身发光与否,又可将显示器件分为主动显示器件和被动显示器件两大类。前者的特点是在外加电信号的作用下器件本身产生光辐射,故也可称发光型显示器件,或光辐射器件;后者是在外加电信号的作用下材料的光学特性(如使光透过,或使光反射、散射、干涉)发生改变,从而使照射在它上面的光受到调制,能够获得这种带有规定信息的调制光的器件又叫做光调制器件,或受光型器件。

每类显示器件下又有多种品种,属于主动显示器件的有:

①阴极射线管(Cathode Ray Tube, CRT);②等离子体显示(Plasma Display Panel, PDP);③电致发光显示(Electro Luminescent Display, ELD);④场致发射显示(Field Emission Display, FED);⑤发光二极管(Light Emitting Diode, LED);⑥真空荧光显示管(Vacuum Fluorescent Display, VFD)等。

属于被动显示器件的主要有:

①液晶显示(Liquid Crystal Display, LCD);②电致变色显示(Electro Chromatic Display, ECD);③电泳显示(Electro Phoretic Image Display, EPID)。

#### 2. 结构原理不同的四大类显示器

按显示的结构原理不同可把显示器分成电子束显示、平板显示、光学投影显示和数码显示四大类。

(1)电子束显示器(Cathode Ray Tube, CRT)。采用适当的控制电路控制真空管内的电子束,使其在荧光屏上扫描并激发荧光粉发光从而显示图像或文字。CRT管又有黑白管、彩色管、示波管、印刷管、字码管等多种。

(2)平板显示器(Flat-Panel Display, FPD)。通常把扁平度(指显示屏的对角线尺寸与整机厚度之比)大于4的显示器称为平板显示器。CRT的扁平度小于1.1,平板显示器在扁平度上占绝对优势。

这类显示器件包括:液晶显示(LCD)板、等离子体显示(PDP)板、电致发光(EL)显示板、LED显示屏等。

(3)光学投影显示器(Optical Projected Display, OPD)。这是采用光学系统将小面

积的图像投射到银幕而实现显示的方法。这种显示方法可以获得很大面积的图像,便于供很多人同时观看。光学投影显示主要有:投影电视、激光显示、光阀显示等。

(4)数码显示器(Digital Display, DD)。指台式计算机、袖珍计算器、电子表、数字式仪表等小型电子设备中显示0~9数字的显示器件。由于这类设备体积小、耗电少,不可能采用电子束管等显示器件,通常采用发光二极管(LED)显示、荧光数码显示(VD)、辉光放电显示、灯丝显示、电泳显示(EPID)、电致变色显示(ECD)等作为数码显示器件。

其他分类方法还有许多,如按显示屏幕的大小分有:大屏幕显示器件(显示面积在 $1\text{m}^2$ 以上)、中型显示器件(屏幕对角线尺寸50cm左右)和小型显示器件(供个人使用的袖珍计算器、电子表、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(具有灰度层次的图像)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0~9阿拉伯数字)等。

### 3. 平板显示器与阴极射线管

CRT的优点:很低的价格(对角线尺寸64cm屏的制造成本只有25美元);无可匹敌的性能价格比;调整分辨率很容易(从VGA到VXGA到HDTV);形状和大小变化很大(从1.3~114cm);好的可视性(高亮度和高对比度);非常好的发光效率(101m/W);非常丰富的彩色( $10^{24}$ 种彩色,即全色);非常好的寿命特性(可达10万小时);响应速度高;非常好的彩色和灰度。

CRT的缺点:大尺寸带来的大体积和重量无法接受;屏面内有光散射;图像有闪烁和抖动;最大的直观显示尺寸限制在114cm;无数字寻址;图像有畸变;应用电压很高(2万伏左右);在荫罩彩管内分辨力受限制。

正是由于CRT的上述缺点,因此给FPD带来了较大的发展机会。以LCD为代表的FPD都以CRT作为参照物,将其优缺点与CRT作对比,不断地克服其缺点最终取代了CRT,成为当今市场的主角。

### 1.1.2.2 液晶显示器件的发展历程及其性能

#### 1. 液晶显示的发展过程

1888年,奥地利植物学家莱尼茨尔(F.Reinitzer)首先观察到液晶现象。他在测定有机物熔点时,发现某些有机物熔化后会经历一个不透明浑浊液态阶段,继续加热,才成为透明的各向同性液态。1889年,德国物理学家莱曼(O.Lehmann)观察到同样的现象,并发现呈浑浊状液体的中间具有和晶体相似的性质,故称为“液晶”。这是世界上首次被发现的一种热致液晶:胆甾醇苯甲酸脂,在( $160\pm 15$ ) $^{\circ}\text{C}$ 的温度下呈乳白色黏稠状液体。由于历史条件所限,当时并没有引起很大重视,只是把液晶用在压力和温度的指示器上。

液晶的发展在1961年出现了转折点。该年,美国无线电公司(RCA)普林斯顿研究所的一位从事微波固体元件研究已两年的年轻技术工作者海尔梅尔(G.H.Heilmeier),即将完成他的博士学位的论文答辩。他有一位朋友正在从事有机半导体的研究工作,在上下班路上向海尔梅尔介绍了自己所从事的研究工作,使海尔梅尔发生了浓厚的兴趣。就这样,这位电子学专家改变了自己的专业,进入了有机化学领域,他把电子学应用于有机化学,仅一年就发表了五篇论文。他将染料与向列液晶混合,夹在两片透明导电玻璃基片之间,只施加几伏电压,功率不到几个微瓦每平方厘米,液晶盒就由红色变成透明态。海

尔梅尔立即想到这不就是平板彩色电视吗?兴奋的小组成员夜以继日地工作,相继发现了动态散射、相变等一系列液晶的电光效应,并且研究出一系列数字、字符显示器件以及液晶钟表、驾驶台显示器等应用产品。RCA公司领导对有关液晶的发明极为重视,将其列为企业的重大秘密。1968年,RCA公司向世界公布这些液晶发明。

1969年2月,日本NHK向国内进行了报道,引起日本科技、工业界的极大重视。日本将当时的大规模集成电路与液晶相结合,以“个人电子化”市场为导向,很快打开了液晶的应用局面。所谓“个人电子化”必须是袖珍式的,要求耗电越小越好。作为显示器件,总是希望电路结构尽可能简单,功耗小并能实现集成化。而液晶刚好能与低电压、低功耗的CMOS(互补MOS)相配合。日本人从液晶手表、液晶计算器等低档产品起步,发展到小尺寸无源矩阵黑白电视、非晶硅有源矩阵彩色电视,直到目前多晶硅有源矩阵高分辨率彩色液晶显示器,不但促进了日本微电子工业的惊人发展,还一直领导着世界液晶工业的发展方向,掌握着液晶工业最前端的技术。

经过近40年的发展,液晶显示已形成一个独立的学科。液晶显示的知识涉及多学科,如化学、电子学、光学、计算机、微电子、精细加工、色度学、照明等。要全面、深入了解液晶显示器件必须对上述提及的领域有一定的知识面。

## 2. 液晶显示器件的特点

### 1) 液晶显示器件的优点

在各类显示器件特性比较中,液晶具有下列独到的特点。

(1) 低压、微功耗。极低的工作电压,只要2~3V,工作电流只有几个微安,即功耗只有 $10^{-6}\sim 10^{-5}\text{W}/\text{cm}^2$ 。

液晶的低压、微功耗正好与大规模集成电路的发展相适应,使电子手表、计算器、便携仪表、手提电脑、GPS电子地图成为可能。

(2) 平板结构。液晶显示器的基本结构是在两片导电玻璃之间灌入液晶制成的薄形盒。这种结构的优点是:①器件可以做得很薄;②显示面积大小可根据需要制作;③开口率高(有效的显示面积占总面积之比);④便于自动化大量生产,生产成本低。

(3) 被动显示型。液晶本身不发光,靠调制外界光达到显示目的,即依靠对外界光的不同反射和透射形成不同对比度来达到显示目的。在自然界中,人类所获得的视觉信息中,90%以上是靠外部物体的反射光,而非靠物体本身的发光,所以被动显示更适合于人眼视觉,不易引起眼部疲劳。

(4) 显示信息量大。液晶显示中,各像素之间不用采取隔离措施或预留隔离区,所以在同样显示窗口面积内可容纳更多的像素,利于制成高清晰度电视。

(5) 易于彩色化。一般液晶为无色,所以可采用滤色膜很容易实现彩色。液晶所能呈现的彩色可与CRT显示器相媲美。

(6) 长寿命。只要液晶的配套件不损坏,液晶本身由于电压低,工作电流小,所以几乎不会劣化,寿命很长。

(7) 无辐射、无污染。CRT显示中有X射线辐射,PDP显示中有高频电磁辐射,而液晶显示中不会出现这类问题。

## 2) 液晶显示的缺点

(1) 显示视角小。由于大部分液晶显示的原理依靠液晶分子的各向异性, 对不同方向的入射光, 反射率是不一样的, 所以早期的液晶显示器视角较小, 只有 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ , 随着视角的变大, 对比度迅速下降。

通过努力, 人们已开发出一系列新工艺, 可以大大改善液晶显示的视角(如目前上市的液晶电视机水平视角已达 $178^{\circ}$ 、垂直视角达 $160^{\circ}$ )。

(2) 响应速度慢。液晶显示大多是依靠在外加电场作用下, 液晶分子的排列发生变化, 所以响应速度受材料的黏滞度影响很大, 一般均为 $100\sim 200\text{ms}$ 。特别在零下几十度低温下, 就无法工作。所以一般液晶在显示快速移动的画面时, 质量不好。目前已有解决的办法, 即减薄液晶厚度和在电路上想办法。由于采用了新技术, 目前上市的液晶电视机的响应时间已达到 $8\text{ms}$ 以下的水平。

(3) 容易产生“光冲刷”现象。由于是被动显示, 外光越强, 显示内容的对比度越差, 容易产生“光冲刷”现象。

液晶器件不适于高寒地区军用, 也不适用于高热地区军用, 因为高温会破坏液晶的定向层, 造成不可恢复的损坏。读者可以想一想, 如何解决在高寒地区使用液晶器件的难题。

## 3) 液晶显示器的分类

液晶显示器分有源矩阵液晶显示器(Active Matrix Liquid Crystal Display, AMLCD)和无源矩阵液晶显示器(Passive Matrix Liquid Crystal Display, PMLCD)。

(1) AMLCD。AMLCD的优点是: 高性能、彩色、高分辨率、响应速度快和薄, 主要用于个人视频用品(TV等)、笔记本电脑和桌上监视器。AMLCD有十分雄厚的投资, 在生产规模、工业基础及投资、产品附加值等方面均领先于其他平板显示器。

AMLCD从原本定位于个人使用的电视市场和监视器市场扩大到以家庭视听娱乐中心为主的消费市场, 目前AMLCD已经能够提供广视角功能, 符合在客厅观赏的需求的产品, 如高清晰、大屏幕的液晶电视机。多屏互动和超高清电视将成为主导趋势。

(2) PMLCD。PMLCD的优点是: 价格便宜、不错的性能, 主要用于消费类电子产品和通信产品(手机等), 在低功率单色以及低性能的应用领域占有优势。它填补了AMLCD和段式LCD之间价格与性能的间隙, 因此能够生存并不断发展。

### 1.1.2.3 液晶显示器面板生产线“代”的划分

在FPD市场中, 薄膜晶体管有源矩阵液晶显示器(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display, TFT-LCD)占据整个平板显示技术的主导地位, TFT-LCD产业始于20世纪90年代, 到2000年止, 其主流产品是笔记本电脑面板。从2001年开始, 液晶监视器面板市场规模超过了笔记本电脑面板市场。从2003年开始, LCD电视面板市场发展加速。随着液晶显示器面板尺度的加大, 液晶显示器面板生产线不断更新, 液晶产业界通常根据玻璃母板的尺寸大小来表示液晶生产线的“代”, 表1-2列出了1.5~10代生产线的玻璃基板尺寸、商品化时间和资本支出。随着“代数”的增加投资也随之激增。由于受基板尺寸和经济切割的限制, 不同代数生产线均有各自的产品定位。如表1-3所示, 第5代生产线主要针对27英寸以下的产品设计, 市场定位在15英寸、17英寸和19英寸



监视器(MNT)和笔记本(NB)面板以及22英寸、27英寸的液晶电视。第6代生产线主要针对37英寸及以下的面板设计,主要用于32英寸、37英寸的液晶电视。同理,读者可以自己从表1-3中看出7~9代生产线面板设计的对象及其应用。

表1-2 液晶显示器面板生产线“代”的划分

生产线世代	玻璃基板尺寸/mm <sup>2</sup>	商品化时间	资本支出/百万美元	主要产品
G1.5	300×400	1990	350	
G2	360×465	1994	450	
G2.5	410×520	1995	520	
G3	550×650	1996	600	
G3.5	650×830	1998	800	
G4	680×880	2000	950	
G4.5	730×920	2000	1200	
G5	1100×1300	2002	1500	
G6	1500×1850	2004	2500	
G7	1870×2200	2005	3000	
G7.5	950×2250	2006	3000	42、46英寸电视
G8	2160×2460	2007	3500	
G8.5	2200×2500	2008	4000	32、47、55英寸电视
G9	2400×2800	?	?	
G10	2600×3100	?	?	

表1-3 G5以上生产线LCD电视的切割数

代数	基片/mm <sup>2</sup>	22英寸	27英寸	32英寸	37英寸	46英寸	52英寸	57英寸
G5	1100×1300	8	6					
G6	1500×1850	15	10	8	6			
G7	1870×2200		15	12	8	6		
G8	2160×2460			15	12	8	6	
G9	2400×2800			18	15	12	8	6

21世纪是平板显示器件大发展的时代,信息化要求更多的大容量、便携式的平板显示器件;随着人们娱乐水平的提高,HDTV也将普及,对大屏幕(对角线在1~1.5m显示屏)壁挂电视机的需要也随之激增;互联网越发展,对彩色、高信息密度的通信手机、PDA等需求将大幅度增加,这就为平板显示器件的大发展提供了一个庞大的市场需求。

中国内地已有多条8.5代液晶生产线点火投产,中国内地将结束大尺寸液晶面板完全依赖进口的被动局面,成为大尺寸液晶面板的生产基地,并将形成中国内地和韩国、日本、中国台湾四足鼎立的产业新格局。

#### 1.1.2.4 其他平板显示器件简介

##### 1. 等离子体平板显示器

等离子体平板显示器(Plasma Display Panel, PDP)分为交流PDP(Alternating Current PDP, ACPDP)和直流PDP(Direct Current PDP, DCPDP),但目前研究、开发的重点几乎全部落在ACPDP上。

ACPDP的优点是:自发光,均匀性好,全彩色,有记忆功能,大视觉,响应快,受磁场影响小,无需磁场屏蔽,无闪烁,长寿命(大于5万小时),坚固性好,有尖锐的阈值、结构简单、易实现薄型化和大屏幕(大于130cm)。