



教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材
高等学校电子信息类专业系列教材

光学工程

Modern Display Technology and Equipment

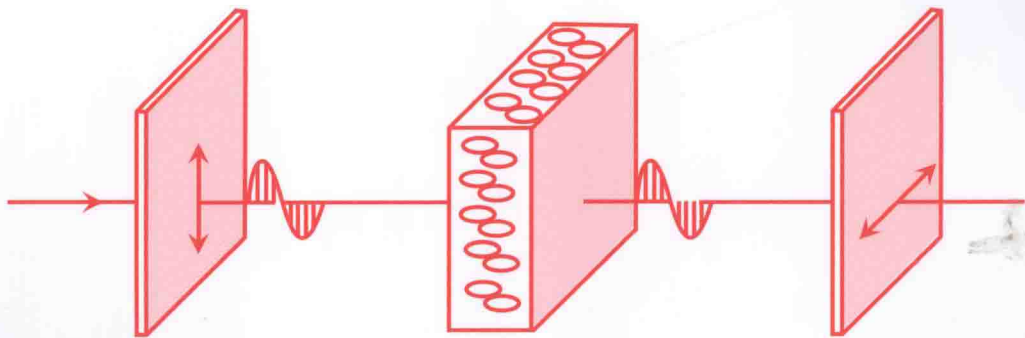
现代显示技术 及设备

李文峰 李淑颖 袁海润 编著

Li Wenfeng

Li Shuying

Yuan Hairun



清华大学出版社



教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材
高等学校电子信息类专业系列教材

现代显示技术及设备

Modern Display Technology and Equipment

李文峰 李淑颖 袁海润 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

现代显示技术及设备作为普通高等学校光电子技术专业学生的专业课程被纳入到教育部电子科学与技术专业教学指导分委员会的课程体系中。本书对现代显示技术及其典型设备做了全面讲述。全书共9章,内容包括传统的阴极射线管显示技术及设备(CRT)、目前世界最流行的液晶显示技术及设备(LCD)、发光二极管显示技术及设备(LED)、等离子体显示技术及设备(PDP)、激光显示技术及设备(LPD)、3D显示技术及设备、大屏幕显示系统等,以及一些新型光电显示设备,如场致发射显示设备(FED)、电致发光显示设备(ELD)、电致变色显示设备(ECD)、电泳显示设备(EPD)和铁电陶瓷显示设备(PLZT)等。

本书可作为电子科学与技术、电子信息工程、通信工程、微电子科学与工程、光电信息科学与工程、计算机科学与技术、控制科学与工程、仪器科学与技术等专业的高年级本科生教材。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

现代显示技术及设备/李文峰,李淑颖,袁海润编著. —北京:清华大学出版社,2016
高等学校电子信息类专业系列教材
ISBN 978-7-302-42306-5

I. ①现… II. ①李… ②李… ③袁… III. ①显示—高等学校—教材 ②显示设备—高等学校—教材 IV. ①TN27 ②TN873

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 287033 号

责任编辑:盛东亮

封面设计:李召霞

责任校对:白 蕾

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:11.75

字 数:285千字

版 次:2016年2月第1版

印 次:2016年2月第1次印刷

印 数:1~2500

定 价:29.00元

产品编号:067166-01

高等学校电子信息类专业系列教材

顾问委员会

谈振辉	北京交通大学 (教指委高级顾问)	郁道银	天津大学 (教指委高级顾问)
廖延彪	清华大学 (特约高级顾问)	胡广书	清华大学 (特约高级顾问)
华成英	清华大学 (国家级教学名师)	于洪珍	中国矿业大学 (国家级教学名师)
彭启琮	电子科技大学 (国家级教学名师)	孙肖子	西安电子科技大学 (国家级教学名师)
邹逢兴	国防科学技术大学 (国家级教学名师)	严国萍	华中科技大学 (国家级教学名师)

编审委员会

主任	吕志伟	哈尔滨工业大学		
副主任	刘旭	浙江大学	王志军	北京大学
	隆克平	北京科技大学	葛宝臻	天津大学
	秦石乔	国防科学技术大学	何伟明	哈尔滨工业大学
	刘向东	浙江大学		
委员	王志华	清华大学	宋梅	北京邮电大学
	韩焱	中北大学	张雪英	太原理工大学
	殷福亮	大连理工大学	赵晓晖	吉林大学
	张朝柱	哈尔滨工程大学	刘兴钊	上海交通大学
	洪伟	东南大学	陈鹤鸣	南京邮电大学
	杨明武	合肥工业大学	袁东风	山东大学
	王忠勇	郑州大学	程文青	华中科技大学
	曾云	湖南大学	李思敏	桂林电子科技大学
	陈前斌	重庆邮电大学	张怀武	电子科技大学
	谢泉	贵州大学	卞树檀	第二炮兵工程大学
	吴瑛	解放军信息工程大学	刘纯亮	西安交通大学
	金伟其	北京理工大学	毕卫红	燕山大学
	胡秀珍	内蒙古工业大学	付跃刚	长春理工大学
	贾宏志	上海理工大学	顾济华	苏州大学
	李振华	南京理工大学	韩正甫	中国科学技术大学
	李晖	福建师范大学	何兴道	南昌航空大学
	何平安	武汉大学	张新亮	华中科技大学
	郭永彩	重庆大学	曹益平	四川大学
	刘缠牢	西安工业大学	李儒新	中科院上海光学精密机械研究所
	赵尚弘	空军工程大学	董友梅	京东方科技集团
	蒋晓瑜	装甲兵工程学院	蔡毅	中国兵器科学研究院
	仲顺安	北京理工大学	冯其波	北京交通大学
	黄翊东	清华大学	张有光	北京航空航天大学
	李勇朝	西安电子科技大学	江毅	北京理工大学
	章毓晋	清华大学	张伟刚	南开大学
	刘铁根	天津大学	宋峰	南开大学
	王艳芬	中国矿业大学	靳伟	香港理工大学
	苑立波	哈尔滨工程大学		
丛书责任编辑	盛东亮	清华大学出版社		

序

FOREWORD

我国电子信息产业销售收入总规模在 2013 年已经突破 12 万亿元,行业收入占工业总体比重已经超过 9%。电子信息产业在工业经济中的支撑作用凸显,更加促进了信息化和工业化的高层次深度融合。随着移动互联网、云计算、物联网、大数据和石墨烯等新兴产业的爆发式增长,电子信息产业的发展呈现了新的特点,电子信息产业的人才培养面临着新的挑战。

(1) 随着控制、通信、人机交互和网络互联等新兴电子信息技术不断发展,传统工业设备融合了大量最新的电子信息技术,它们一起构成了庞大而复杂的系统,派生出大量新兴的电子信息技术应用需求。这些“系统级”的应用需求,迫切要求具有系统级设计能力的电子信息技术人才。

(2) 电子信息系统的功能越来越复杂,系统的集成度越来越高。因此,要求未来的设计者应该具备更扎实的理论基础知识和更宽广的专业视野。未来信息系统的设计越来越要求软件和硬件的协同规划、协同设计和协同调试。

(3) 新兴电子信息技术的发展依赖于半导体产业的不断推动,半导体厂商为设计者提供了越来越丰富的生态资源,系统集成厂商的全方位配合又加速了这种生态资源的进一步完善。半导体厂商和系统集成厂商所建立的这种生态系统,为未来的设计者提供了更加便捷却又必须依赖的设计资源。

教育部 2012 年颁布了新版《高等学校本科专业目录》,将电子信息类专业进行了整合,为各高校建立系统化的人才培养体系,培养具有扎实理论基础和宽广专业技能的、兼顾“基础”和“系统”的高层次电子信息人才给出了指引。

传统的电子信息学科专业课程体系呈现“自底向上”的特点,这种课程体系偏重对底层元器件的分析与设计,较少涉及系统级的集成与设计。近年来,国内很多高校对电子信息类专业课程体系进行了大力度的改革,这些改革顺应时代潮流,从系统集成的角度,更加科学合理地构建了课程体系。

为了进一步提高普通高校电子信息类专业教育与教学质量,贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020 年)》和《教育部关于全面提高高等教育质量若干意见》(教高【2012】4 号)的精神,教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会开展了“高等学校电子信息类专业课程体系”的立项研究工作,并于 2014 年 5 月启动了《高等学校电子信息类专业系列教材》(教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材)的建设工作。其目的是为推进高等教育内涵式发展,提高教学水平,满足高等学校对电子信息类专业人才培养、教学改革与课程改革的需要。

本系列教材定位于高等学校电子信息类专业的专业课程,适用于电子信息类的电子信

息工程、电子科学与技术、通信工程、微电子科学与工程、光电信息科学与工程、信息工程及其相近专业。经过编审委员会与众多高校多次沟通,初步拟定分批次(2014—2017年)建设约100门课程教材。本系列教材将力求在保证基础的前提下,突出技术的先进性和科学的前沿性,体现创新教学和工程实践教学;将重视系统集成思想在教学中的体现,鼓励推陈出新,采用“自顶向下”的方法编写教材;将注重反映优秀的教学改革成果,推广优秀的教学经验与理念。

为了保证本系列教材的科学性、系统性及编写质量,本系列教材设立顾问委员会及编审委员会。顾问委员会由教指委高级顾问、特约高级顾问和国家级教学名师担任,编审委员会由教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会委员和一线教学名师组成。同时,清华大学出版社为本系列教材配置优秀的编辑团队,力求高水准出版。本系列教材的建设,不仅有众多高校教师参与,也有大量知名的电子信息类企业支持。在此,谨向参与本系列教材策划、组织、编写与出版的广大教师、企业代表及出版人员致以诚挚的感谢,并殷切希望本系列教材在我国高等学校电子信息类专业人才培养与课程体系建设中发挥切实的作用。

吕志伟 教授

前言

PREFACE

信息既非物质也非能量,却是构成世界的要素。到 20 世纪初,人们真正认识到信息是资源,正确利用它可以极大地提高劳动生产率。

从信息技术的发展趋势看,目前起主要支撑的是电子技术,特别是微电子技术;发展中的是光电子技术,信息的探测、传输、存储、显示、运算和处理已由光子和电子共同参与来完成,已应用在光电信息处理、光通信、光存储和光电显示等领域;正在崛起的是光子学技术。

2008 年 8 月,在南京召开的教育部“电子信息与电气学科教学指导委员会”之“电子科学与技术专业教学指导分委员会”整理修改的《普通高等学校电子科学与技术本科指导性专业指导规范》指出,电子科学与技术学科涵盖光电子技术、微电子技术、物理电子技术、电子材料与元器件、电磁场与微波五个专业方向。

“硅谷”的出现促进了微电子工业的迅速发展,并直接产生了全球的新经济。20 世纪末,光电子技术在通信领域的应用取得了突破,推动了光电子产业的发展。近十几年来,光电子技术成为当今发展最快、应用日趋广泛的重要高新技术之一,很多国家认为光电子技术与产业将成为 21 世纪的支柱产业之一。面对光电子技术的迅猛发展,美国、德国、日本、英国、法国竞相将光电子技术引入国家发展计划,美国还在亚利桑那大学建立了全球关注的第一个“光谷”。我国在 863 计划、973 计划和国家攻关计划中,光电子技术都有大量立项。

随着光电子技术的发展,对信息显示的要求越来越高,现如今许多信息都是通过显示设备提供的。现代显示技术及设备作为光电子技术的重要组成部分,近年来发展迅速,应用广泛。显示设备作为人机交换的窗口,在信息技术高度发展时期得到了长足的进展,也孕育和培育出了一代又一代新产品。目前流行的几种显示技术有阴极射线显示(CRT)、液晶显示(LCD)、等离子显示(PDP)、发光二极管(LED)、激光显示(LPD)等。

伴随显示技术的迅猛发展,讲述各种显示设备结构原理和显示器维护修理的书籍较多,但是系统全面涉及现代显示技术及其典型设备的书籍少,而“现代显示技术及设备”这门课程又是光电子专业重要专业课程。本书紧密跟踪世界最流行的光电显示设备,目的是培养学生跟踪和掌握国内外现代显示领域的新理论、新知识、新技术和新成果的能力,使毕业班学生成为能从事现代电子技术专业领域的研究、设计、制造的应用研究型或基础研究型专门人才。

本书第 1 章绪论概述现代显示技术及设备在光电子技术专业中的重要位置、显示技术的发展历史、显示设备的分类、显示参量与人的因素以及显示接口等。第 2 章讲述古老而又充满活力的显示设备——阴极射线管。第 3~5 章讲述目前市场上主流的显示设备:液晶、等离子、发光二极管等,包括其显示原理、基本结构、驱动电路、产业现状以及发展趋势等。第 6 和第 9 章讲述另一类,即工业或大型商用显示设备,包括激光和大屏。第 7 章简要介绍

了几种新型显示技术,它们是电致变色显示、场致发射显示、电致发光显示、电泳显示和铁电陶瓷显示等,代表了显示技术发展的未来。有机发光二极管(OLED)本质上属于电致发光显示设备,作者把它放在第4章——发光二极管显示技术中讲述,第7章仅简单提及。第8章讲述影视界很火的3D显示技术及设备。本书涉及许多专业词语、常用符号和字母缩写,为方便读者,附录部分对其进行了中英文对照翻译、解释,参考文献部分对其他作者的工作和成果表示了肯定和敬意。第1~5和第9章由李文峰编写,第6和第7章由李淑颖编写,第8章由袁海润编写。

本书的出版得到了国家科技支撑计划(2013BAK06B03)和陕西省科技统筹创新工程计划项目(2015KTCQ03-10)支持,在此表示感谢!

最后要感谢清华大学出版社,衷心感谢盛东亮编辑对作者的鼓励、支持及对原稿的认真编辑。

限于作者水平,书中一定存在不妥之处,希望广大读者提出批评和指正。联系方式:liwenfeng@xust.edu.cn 或 liwenfeng@zhongnanxinxi.com。

作 者

2016年1月于古城西安

目录

CONTENTS

第 1 章 绪论	1
1.1 现代显示技术及设备概述	1
1.1.1 研究显示技术的意义及其发展历史	1
1.1.2 现代显示设备分类	4
1.2 显示参量与人的因素	7
1.2.1 光的基本特性	7
1.2.2 人眼视觉特性	8
1.2.3 色彩学基础	11
1.2.4 显示设备的主要性能指标	13
1.3 显示接口	15
1.3.1 VGA 接口	16
1.3.2 DVI 接口	17
1.3.3 HDMI 接口	18
1.3.4 DP 接口	20
1.3.5 AV 接口	21
1.3.6 S 端子接口	22
1.3.7 光纤接口	22
习题 1	23
第 2 章 阴极射线管显示技术及设备	24
2.1 CRT 显示器的基本结构与工作原理	24
2.1.1 黑白 CRT 显示器的基本结构与工作原理	24
2.1.2 彩色 CRT 显示器的基本结构与工作原理	25
2.1.3 CRT 显示器的主要单元	26
2.2 CRT 显示器的驱动与控制	29
2.2.1 CRT 显示器相关技术	29
2.2.2 CRT 显示器驱控电路	31
2.3 CRT 显示器的特点、性能指标及发展历史	33
2.3.1 CRT 显示器的特点	33
2.3.2 CRT 显示器的性能指标	34
2.3.3 CRT 显示技术的发展历史	38
习题 2	40

第3章 液晶显示技术及设备	41
3.1 液晶概述	41
3.1.1 液晶的晶相	42
3.1.2 液晶的物理性质	45
3.1.3 液晶的电气光学效应	46
3.2 液晶显示设备	47
3.2.1 液晶显示设备的构造	47
3.2.2 液晶显示设备的显像原理	48
3.2.3 液晶显示器的分类	53
3.2.4 液晶显示设备的驱动	55
3.3 液晶显示器的技术参数、特点及发展史	58
3.3.1 液晶显示器的技术参数	58
3.3.2 液晶显示器的特点	59
3.3.3 液晶显示技术的发展史及产业现状	61
习题3	64
第4章 发光二极管显示技术及设备	65
4.1 发光二极管基本知识	65
4.1.1 半导体光源的物理基础	65
4.1.2 发光二极管的结构	66
4.1.3 发光二极管的驱动	67
4.1.4 发光二极管的特点及应用	67
4.2 发光二极管显示设备	70
4.2.1 LED显示设备的显示原理	70
4.2.2 LED显示设备的扫描驱动电路	71
4.2.3 LED显示设备的技术指标	73
4.3 有机发光二极管显示技术	76
4.3.1 有机发光二极管显示简介	76
4.3.2 有机发光显示设备的分类及特点	77
4.3.2 有机发光二极管前沿显示技术	78
习题4	82
第5章 等离子体显示技术及设备	83
5.1 等离子体显示设备工作原理	83
5.1.1 等离子体基本知识	83
5.1.2 等离子体显示设备的显示原理	87
5.1.3 等离子体显示设备的特点	89
5.1.4 等离子体显示设备的性能指标	91
5.2 等离子体显示设备的驱动与控制	91
5.2.1 等离子体显示设备的电路组成	91
5.2.2 等离子体显示设备的驱动电路	95
5.2.3 等离子体显示设备的产业现状	98

习题 5	101
第 6 章 激光显示技术及设备	102
6.1 激光基本知识	102
6.1.1 激光技术简介	102
6.1.2 激光的特性	104
6.1.3 常用激光器	107
6.2 激光显示设备	109
6.2.1 激光显示原理	109
6.2.2 常用激光显示器件	112
6.2.3 激光显示技术展望	115
习题 6	116
第 7 章 新型光电显示技术及设备	117
7.1 电致变色显示技术及设备	117
7.1.1 电致变色现象	117
7.1.2 电致变色显示器件	118
7.2 场致发射显示技术及设备	119
7.2.1 场致发射显示器件的构成及工作原理	119
7.2.2 FED 发展状况	121
7.3 电致发光显示技术及设备	121
7.3.1 电致发光现象的发展历程	121
7.3.2 ELD 的分类及其特征	122
7.3.3 ELD 的基本结构及工作原理	123
7.4 电泳显示和铁电陶瓷显示技术及设备	128
7.4.1 电泳显示技术	128
7.4.2 铁电陶瓷显示技术	129
习题 7	130
第 8 章 三维显示技术及系统	131
8.1 三维显示技术	131
8.1.1 三维显示技术概述	131
8.1.2 三维显示技术的分类	133
8.2 全息显示系统	137
8.2.1 声光调制器全息显示系统	137
8.2.2 LCD、DMD 全息显示系统	138
8.2.3 集成技术的数字全息显示系统	139
8.3 体积式三维显示系统	140
8.3.1 DepthCube 三维显示系统	140
8.3.2 Perspecta 显示系统	141
习题 8	143

第 9 章 大屏幕显示技术及系统	144
9.1 大屏幕显示技术	144
9.1.1 大屏幕显示技术概述	144
9.1.2 被动发光型大屏幕显示系统	145
9.1.3 主动发光型大屏幕显示系统	146
9.1.4 投影型大屏幕显示系统	151
9.2 HDTV 多媒体大屏幕显示墙	159
9.2.1 HDTV 多媒体大屏幕显示墙组成	159
9.2.2 HDTV 多媒体大屏幕显示墙的关键技术	161
9.2.3 HDTV 多媒体大屏幕显示墙功能	164
习题 9	166
附录 A 专业词语中英文对照索引	167
附录 B 常用符号、缩写中英文对照索引	169
参考文献	173

1.1 现代显示技术及设备概述

1.1.1 研究显示技术的意义及其发展历史

1. 研究显示技术的意义

光电子(optical electronic)技术是由光学、激光、电子学和信息技术互相渗透、交叉而形成的一门高新技术学科,具有广泛的应用前景。光电子技术包括光信号的产生、传输、调制、放大、频率转换和检测以及光信息处理等。光电子技术通常又按光子的功用分为两个层次:①光子作为信息的载体,应用于信息的获取、传输、存储、显示、处理及运算,称为信息光电子技术;②光子作为能量的载体,作为高能量和高功率的束流(主要是激光束),应用于材料加工、医学治疗、太阳能转换、核聚变等,称为能量光电子技术。光电子技术以物理学为基础,所涵盖的激光技术、光波导技术、光检测技术、光计算和信息处理技术、光存储技术、光电显示技术、激光加工与激光生物技术、光生伏特技术、光电照明技术等已逐渐形成了光电子材料与元件产业、光信息产业、现代光学产业、光通信产业、激光器与激光应用产业等 5 大类光电子信息产业,开创出了“光电子时代”。

光电子技术也是当今世界上竞争最为激烈的高新技术领域之一。许多科学家认为:光电子技术、纳米技术及生物工程技术构成当今三大高新技术,是 21 世纪的代表产业。

所谓显示(display),就是指对信息的表示。在信息工程学领域中,把显示技术限定在基于光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,将信息内容以光电信号的形式传达给眼睛产生的视觉效果。

现代显示技术是将电子设备输出的电信号转换成视觉可见的图像、图形、数码及字符等光信号的一门技术。它作为光电子技术的重要组成部分,近年来发展迅速,应用广泛。

人们经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 的信息是通过眼睛获得的。所以图像显示已成为信息显示中最重要的方式。

随着光电子技术的发展,对信息显示的要求越来越高,现如今许多信息都是通过显示技术提供的。在信息量急剧增长、各种记录形式不断涌现、传播媒体快速进步和多样化的信息社会里,人们面对显示屏的时间越来越长,可以说显示技术已是不可缺少的技术之一,已经

渗透到当今工业生产、社会生活和军事领域中,已成为电子信息产业的一大支柱,因此对显示技术及显示设备提出了越来越高的要求。

现代显示设备是发光器件中按功能而划分出来的一类器件。显示设备作为人机交换的窗口,在信息技术高度发展时期得到了长足的进展,也孕育和培育出一代又一代新产品。

我国是世界上最大的显示终端生产国和消费国,在各类电子终端产品、产量方面均位于世界前列。2014年,我国彩电产量超过1.3亿台,其他电子终端产品也持续增长,手机面板市场需求巨大。

经过10多年的发展,我国平板显示产业从无到有、从小到大,已成为世界第三大生产地。统计数据显示,2010年开始,中国大陆的产能短短3年时间增长近3倍。近年来,我国平板显示产业工程项目规模持续快速增长。2013年我国以液晶面板为代表的平板显示产业规模达1070亿元,同比增长44.6%,在全球市场占有率提升至11.4%。

不过,虽然近年来我国显示产业有了长足发展,但距离显示强国的目标还相距甚远。以2013年为例,我国全年液晶面板整体自给率仅为25%,液晶面板仍是国内四大宗进口商品之一,金额近500亿美元,仅次于石油、芯片和铁矿石。平板显示产业发展依然任重道远。新型平板显示产业中上游设备、零配件和材料附加值高、重要性强,关键材料和设备发展滞后将给产业带来严峻考验。与面板企业相比,国内材料厂商起步更晚,技术基础薄弱,70%以上的关键材料和零配件仍依赖进口,核心工艺设备均被少数国外厂商垄断,在基板玻璃、液晶材料、偏光片、光学膜等上游关键材料配套方面受到的制约仍然较大。另外,我国上游配套企业基本属于中小企业,技术与资本沉淀不足,技术研发投入有限,在与实力雄厚的国际大厂竞争中劣势明显。2014年,随着我国平板显示产业全球市场份额进一步增大,材料与设备配套能力的缺失对产业发展的制约将更加凸显。如何解决核心技术受制于人、企业规模过小,缺少积累以及发展环境不甚合理等问题,是决定我国平板显示产业下一步能否健康可持续发展的关键所在。

2. 显示技术的发展历史

自1897年德国人布劳恩(Braun)发明阴极射线管(cathode ray tube, CRT)以来,随着电视广播媒体和计算机等媒体的出现和发展,显示设备产业取得了极大的进步。

全世界第一只球形彩色布劳恩管(CRT)于1950年问世。当时由于它的体积大、重量沉,而且还拖了一个“尾巴”,就有人认为不超过10年,它就会被某些平板显示器(flat panel display, FPD)所替代。虽然存在体积、重量方面的缺点,如CRT电视机只能做到40英寸^①以下。但人们关心的屏幕上显示图像的质量,如亮度、对比度、分辨率、视野角、刷新频率和响应时间等综合性的视觉性能,迄今为止,许多平板显示设备的工作性能都不如CRT。而且由于它的工作原理很巧妙,本身及相应配合线路简单、成本低,所以在显示设备中,CRT的性价比是比较高的。2001年,CRT市场规模仍达到了2.74亿只,价值250亿美元。

然而,到了1983年,日本一家钟表厂的科技人员对传统反射型的液晶显示器(liquid crystal display, LCD)作了一些改进,除偏光片外,又在其背面加上了背景光源,在前面加上

^① 1英寸≈2.54厘米,下同。

了微型彩色滤光片,改变为透射型彩色 LCD,从此开创了平板显示的新纪元。接着,日本政府又组织企业和高等院校的研究所共同攻关,先后投资达 200 亿美元,在此基础上研制出薄膜晶体管液晶显示器(TFT-LCD)。如今 TFT-LCD 已逐步替代了计算机显示器的彩色显示器(color display tube, CDT),并向大屏幕发展,进入 TV 领域,2005 年已形成价值 240 亿美元的庞大显示设备产业。也就是说,CRT 构筑了大众媒体时代的现代工业社会,LCD 则构筑了以个人媒体为主导的现代信息社会。

另外,显示技术已不再局限于以前的 CRT 和 LCD,等离子体显示器(plasma display panel, PDP)和有机电致发光(electro luminescence, EL)效应等多种新型的显示技术和显示方式已在多媒体市场上闪亮登场。PDP 不仅能用于 40 英寸以上的彩色显示器,还能用于高清晰度电视(high definition television, HDTV),从而进入家用显示器领域,并成为专业显示设备。不过由于种种原因,最终没有普及,令人唏嘘。最近几年还出现了有机发光二极管平板显示器(organic light emitting diode, OLED)及场致发射显示器(field emission display, FED)。OLED 甚至可以折叠,被誉为“梦幻显示器”,可用于可视移动多媒体。

在大屏幕显示方面,除了当前教学和商业用投影机主流产品透射式 LCD 投影机外,近期开发的直观式 HDTV 大屏幕显示系统把 HDTV、PAL 和 NTSC 制式普通电视以及计算机的 VGA^①、SVGA^②、XGA^③ 等全在一个大屏幕上显示,被称为多媒体大屏幕显示墙(multimedia display wall, MDW),还有蓝光 LED 和高亮度、超高亮度 LED 组成的三基色全彩色 LED 大显示屏。由于其使用寿命长、环境适应能力强、价格性能比高、使用成本低等特点,在大屏幕显示领域得到了广泛的应用。

如今的显示设备世界,无论是市场还是技术都处于急剧变化的时期。各种显示器的应用范围不断扩大,以争夺未来潜在的大市场。2002 年全世界显示设备销售额为 500 亿美元,预计到 2025 年将达到 5000 亿美元。

有关显示技术的展望如表 1.1 所示。

表 1.1 显示技术展望

显示设备	发展趋势	显示设备	发展趋势
阴极射线管	提高分辨率,小型化、平板化	电致变色显示器	改进可靠性
真空荧光显示器	多色,矩阵显示的实际使用	液晶显示器	彩色,小电视的实际使用
交流等离子体显示器	驱动的简化	发光二极管	高亮度,蓝 LED 的实际使用
直流等离子体显示器	提高电视显示效率	电致发光显示器	矩阵显示商品化
电泳显示器	改进可靠性		

① VGA(video graphics array)是 IBM 于 1987 年提出的一个使用模拟信号的计算机显示标准,通常指 640×480 的分辨率。

② SVGA(super video graphics array,高级视频图形阵列)是厂商为 IBM 兼容机推出的标准,分辨率为 800×600。

③ XGA(extended graphics array)是一种计算机显示模式,支持最大 1024×768 分辨率,屏幕大小从 10.4 英寸、12.1 英寸、13.3 英寸到 14.1 英寸、15.1 英寸都有。

1.1.2 现代显示设备分类

如上所述,当今光电显示设备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。从电子表、计算器的数字显示板,手机、MP3、MP4 的显示屏,CD、DVD、数码相机的小监视屏,汽车仪表板,个人计算机的显示器,电视接收机到演讲用的投影仪,交通信息、股票交易所等用的电子告示板,甚至用在体育场等公共场所的巨型显示屏等。根据收视信息的状态可分成以下几种。

1. 直观型

原则上把显示设备上出现的视觉信息直接观看的方式称为直观型(direct view type)。按设备的形态又可分为以下 3 种形式。

1) 电子束型

采用适当的控制电路控制真空管内的电子束(CRT),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 主要用于人机接口的信息显示器,被称为视频显示终端(visual display terminal, VDT)。用于显示的彩色 CRT 被称为彩色显示器(color display tube, CDT);与此相对,用于电视机的彩色 CRT 被称为彩色显像管(color picture tube, CPT)。

2) 平板型

平板型显示器(flat panel display, FPD)厚度一般小于显示屏对角线尺寸的 1/4,就像一块平板。这类显示器包括液晶显示器(LCD)、等离子体显示器(PDP)、电致发光显示器(electro luminescence display, ELD)和全彩色 LED 大屏幕显示器等。平板结构的优点,一是在使用上最方便,无论大型、小型、微型都很适用,它可以在有限面积上容纳最大信息量;二是在工艺上适于大批量生产。

3) 数码显示设备

它指小型电子设备中显示 0~9 或 A~Z 英文字母的显示设备。这类设备体积小、耗电少,主要包括发光二极管(light emitting diode, LED)、真空荧光管(vacuum fluorescent display, VFD)、辉光放电管(glow discharge display, GDD)、电泳显示器(electro phoretic display, EPD)、电致变色显示器(electro chromism device, ECD)等。

2. 投影型

把由显示设备或者光控装置所产生的比较小的光信息经过一定的光学系统放大投射到大屏幕后收看的方式称为投影型(projection type)。根据投射光线和投影位置的不同,又可分为以下两种方式。

1) 前投式

前投式(front projection type)和在电影院一样,是从投射光线来的一侧观看投放在屏幕上影像的方式。这种方式容易获得比较大的画面,适合在公众场合使用。但当室内不够暗或有照明时,会因屏幕的反光使图像反差降低。

2) 背投式

背投式(rear projection type)是从投射光反方向观看屏幕透射光的方式。这种方式即使在室内有光线的情况下也无大碍,只是屏幕后面需设完全黑暗的投影室。如果画面的对角线在2 m以下,利用镜子对投射光进行适当地折射处理,可以把包括屏幕及光学系统在内的所有部件集成起来,这种电视机形状适于家用。

3. 空间成像型

空间成像型(space imaging type)是指采用某种光学手段(如激光)在空间形成可供观看图像的方式。从原理上说,图像大小与显示器无关,图像可以很大。空间成像显示因为图像具有纵深而大大提高了真实感和现场感。

从显示原理的本质来看,光电显示应用系统利用了发光和电光效应两种物理现象。所谓电光效应是指加上电压后物质的光学性质(如折射率、反射率、透射率等)发生改变的现象。因此,根据像素本身发光与否,又可将显示设备分为以下两大类。

1) 主动发光型

在外加电信号作用下,主动发光(emissive)型器件本身产生光辐射刺激人眼而实现显示,比如CRT、PDP、ELD、激光显示器(laser projection display,LPD)等。

2) 被动显示型

在外加电信号作用下,被动显示(passive)型器件单纯依靠对光的不同反射呈现的对比度达到显示目的。人类视觉所感受的外部信息中,90%以上是由外部物体对光的反射,而不是来自物体发光。所以,被动显示更适合人的视觉习惯,不会引起疲劳。当然,在黑暗的环境下是无法被动显示的,这时必须为器件配上外光源。比如LED、各种光阀管(light valve, LV)投影仪等。

按显示屏幕大小分类,有超大屏幕(大于 4m^2)、大屏幕($1\sim 4\text{m}^2$)、中屏幕($0.2\sim 1\text{m}^2$)和小屏幕(小于 0.2m^2)。

按色调显示功能分类有黑白二值色调显示、多值色调显示(三级以上灰度)和全色调显示。

按色彩显示功能分类有单色(monochrome)黑白或红黑显示、多色(multi-color)显示(三种以上)和全色显示。

按显示内容、形式分类有数码、字符、轨迹、图表、图形和图像显示。

按成像空间坐标分类有二维平面显示和三维立体显示。

按所用显示材料分类有固体(晶体和非晶体)、液体、气体、等离子体、液晶显示等。

按显示原理分类有阴极射线管(CRT)、真空荧光管(VFD)、辉光放电管(GDD)、液晶显示器(LCD)、等离子体显示器(PDP)、发光二极管(LED)、场致发射显示器(FED)、电致发光显示器(ELD)、电致变色显示器(ECD)、激光显示器(LPDP)、电泳显示器(EPD)、铁电陶瓷显示器(transparent ceramics display,PLZT)等。

将上述分类归纳整理后,可用图1.1综合表示。