

新型显示技术

(上册)

高鸿锦 董友梅 等 编著

XINXING XIANSHI JISHU



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

TN873

51

V1

014058498

新型显示技术

(上册)

高鸿锦 董友梅 等 编著



TN873



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

51

V1



北航

C1745252

内 容 简 介

本书对显示领域主要显示技术的原理、器件结构及工艺、驱动电路及应用进行了全面介绍,并深入介绍了液晶显示技术、器件工艺和原材料。

全书共 18 章,分上下两册。上册第 1 章至第 6 章分别为显示器导论、光度与色度、图像质量与显示器性能、液晶化学、液晶物理学和液晶光学,内容侧重在基础理论;第 7 章至第 9 章分别为常用液晶显示器的显示模式、薄膜晶体管有源矩阵液晶显示器和有机发光二极管显示,内容侧重在器件技术。下册第 10 章至第 13 章分别为彩色 PDP 基础、量子点显示技术、场致发射显示和无机电致发光,内容侧重在器件技术;第 14 至第 18 章分别为液晶显示器用原材料、三维显示、触摸屏技术、投影显示和平板显示器光电性能的测试技术与标准,内容为相关技术。

本书可作为大专院校相关专业的本科生和研究生教材,也可供广大从事显示器工作的专业人士参考,更是众多显示器件爱好者的良师益友。

图书在版编目(CIP)数据

新型显示技术. 上 / 高鸿锦等编著. -- 北京:北京邮电大学出版社, 2014. 8

ISBN 978-7-5635-4045-7

I. ①新… II. ①高… III. ①液晶显示器—基本知识②平板显示器件—基本知识
IV. ①TN141.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 145952 号

书 名: 新型显示技术 (上册)

著作责任者: 高鸿锦 董友梅 等 编著

责任编辑: 孔玥

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号 (邮编: 100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫丰华彩印有限公司

开 本: 720 mm×1 000 mm 1/16

印 张: 19.75

字 数: 396 千字

印 数: 1—3 000 册

版 次: 2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-4045-7

定 价: 39.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

序

(一)

在我们人生中,至今为止发生的最大一件事莫过于互联网的出现和普及。互联网及其信息通信技术与各个专业领域技术的相互融合,与各行各业和人类生活方方面面的相互融合,正在深刻改变着人类社会及其产业生态,人类正步入从未有过的转型变革时代,背后的推动力量之一就是显示技术的进步。

CRT 显示技术推动了人类历史上第一次显示革命,拓展了人类社会信息传递和交流的范围和形式。以 TFT-LCD 技术为代表的新型显示技术,正推动着显示领域的第二次革命。第二次革命的意义更深远,在实现信息传递方式多样性、显示品质高质化的同时,让任何时间、任何地点、任何人、任何设备、任何网络、任何数据的互动交流成为现实,促进了信息社会的进步和互联网时代的到来。CRT、PDP 等显示技术的共同基础是真空电子技术,从 CRT 到 TFT-LCD 是显示技术发展进程中一个时代中断和新时代的开始;TFT-LCD 是半导体与光电子技术、材料技术高度发展的结晶,TFT-LCD、AMOLED、柔性显示等新型显示技术的共同基础是半导体技术,可统称为半导体显示,从 TFT-LCD 到 AMOLED 是显示技术的发展和延伸。TFT-LCD、AMOLED、柔性显示、立体显示、虚拟实境显示等新型半导体显示技术不仅为人们提供了更加轻松美妙的显示品质,而且由于其新技术、新材料、新工艺的不断进步,为系统产品提供了集成和创新平台,正在极大改变现有电子信息产业生态和商业模式。正因为如此,日、韩等国家和我国台湾地区将该产业定位为国家/地区重要战略产业;美、英等国家仍在核心材料、装备及下一代延伸技术给予了战略性关注和投入。

这场显示革命对中国影响巨大。上世纪 80 年代,国家将 CRT 作为发展电子信息产业的重要突破口,并取得重大成功;但在 TFT-LCD 取代 CRT 的第二次革命过程中,我们比其他国家起步晚了近十年,经历了“缺芯少屏”之痛。可喜的是,自 2003 年以来,京东方、天马、龙腾、华星光电、中电熊猫等中国显示器件厂商,历经磨难,奋斗拼搏,成功进入了半导体显示产业领域,拥有了 4.5 代、5 代、6 代和 8.5 代 TFT-LCD 生产线,5.5 代 AMOLED 的生产线也已经建成投产,年新增专利申请数量也位居全球前列。上游材料和设备的本地化配套快速进展,改善了下游整机企业关键部件的本地化配套环境。我国显示产业的全球影响力和竞争力不断上升,已经成为全球半导体显示产业领域的一支重要力量。

中国半导体显示产业发展初期,产业基础薄弱,加上过山车般周期影响,价格大起大落,日子艰难。在这一阶段,为了能生存下去,我深入研究了产业发展规律,在2010年初提出了一个观点:标准显示屏价格每36个月会下降50%,若保持价格不变,显示产品性能必须提升一倍以上。这一周期还将继续缩短。我将其称为“生存定律”。生存定律最核心的观点就是技术和产品要不断创新,遵循这一定律,我们度过了最艰难的阶段,实现了良性发展。创新是我们发展的根本推动力。

伴随互联网时代来临,显示应用在经过笔记本式计算机、显示器、电视、手机和平板电脑四次应用浪潮之后,正在迎来第五次应用浪潮。车载、工控、医疗、穿戴和公共显示将成为第五波显示应用浪潮的主力军。据国际数据公司 DisplaySearch 分析,到2020年,全球显示屏仍将保持4.1%的年复合增长率,其中,高性能 a-Si TFT-LCD、LTPS TFT-LCD、Oxide TFT-LCD、LTPS AMOLED、Oxide AMOLED 等高性能显示器件将保持两位数的增长。在新技术、新应用引领下,全球显示产业发展前景依然广阔。

坚持自主创新,发展以 TFT-LCD、AMOLED 为代表的半导体显示产业已成为我国政府和业界的共识和战略选择!十年磨一剑,中国半导体显示产业已经打下了较为坚实的全球竞争力基础,但我们不能满足于现状,我们必须继续创新进取,成为全球领先乃至领导者。为此,我们必须改变,引领这个变革的新时代,不断创新观念、技术和应用。以颠覆性创新的智慧和勇气,提升价值,实现转变,为中国,为整个世界!

实现上述愿景,需要政府、企业、高校和研究机构等各界同仁的共同携手努力。特别是在人才培养和知识普及方面,更需要走在产业发展前面。借此机会,我们大家要感谢清华大学、北京大学、中科院理论物理所、长春光机所等单位为培养中国显示人才所做的努力。感谢高鸿锦、董友梅等众多教授和业内资深专家为开设“液晶与平板显示技术高级研修班”所做出的辛勤劳动,并在此基础上撰写、出版了《液晶与平板显示》一书,该书历经5次印刷,发行量超过万册,为我国显示技术和产业的发展做出了历史性的贡献,本次改版为《新型显示技术》,更是顺应了行业的发展趋势。改版后的《新型显示技术》,除对原有内容进行更新外,还补充了立体显示、量子点显示、触摸屏等新兴技术。我相信本书的出版,会为我国新型显示技术和产业的发展做出更大贡献。

我愿意向一切有志于显示领域的青年学生、科研人员、业内伙伴、政府领导推荐本书。它不仅是一本教科书,也是一本关于显示比较全面的高级科普书。这不仅是一本书,更是几代中国科技工作者和产业人发展中国自主技术和产业的梦想和情怀。

让我们携手共进,不断推动中国新型显示技术和产业发展!

京东方科技集团董事长

王东升

2014年8月1日

序

(二)

一、中国新型显示产业发展“风景这边独好”

近年来以薄膜晶体管液晶显示技术(TFT-LCD)为主导的平板显示器(FPD)产业的迅速发展,给人们的生活与工作带来革命性的变化。人们上班时用的计算机配有液晶显示器(LCD monitor),下班回家看的是液晶电视,出差旅行随身带的是液晶显示的笔记本式计算机与移动电话(手机)。21世纪前10年信息时代的特征就是一场平板化革命,正在横扫3C(计算机、通信、家电)市场。由于平板显示技术的革命性进步,高清电视、平板电脑、智能手机的普及使“大屏小屏人人有”已成为当今“科技走进生活”最亮丽的风景线与捷报“屏传”:被誉为“工程诺贝尔奖”的美国工程院最高奖德拉普尔奖,2012年授予液晶显示技术的发明者,2013年授予手机发明者,2014年授予锂离子电池发明者。正是这三项基础研究的成就奠定了新一轮世界工业革命的技术基础。

回顾世纪之初前十年,作为阴极射线管(CRT)为主导的彩电第一生产大国与出口大国,我国的彩电事业曾经面临平板化革命(以平板显示器尤其是LCD取代CRT)的严重威胁。尽管当初,我国建设了三条上百亿元投资的5代TFT-LCD生产线,但产能只占到世界的5%,其余95%份额被韩国(47%)、我国台湾地区(37%)和日本(11%)所瓜分。我国在平板化革命来临时所处的弱势对我国刚刚兴旺起来的信息产业无疑是一个颠覆性的威胁。因此,在2004年院士大会上,国务委员陈至立在报告中对出席会议的一千多两院院士提出一个沉甸甸的问题:韩国这样一个小国,政治又是不那么稳定,但为什么在液晶显示工业却占了世界第一?这是令院士们颇具挑战性的问题。

2010年我国电子信息产业的一个重大的突破就是中国大陆自主建设的首条高世代液晶面板生产线——京东方合肥6代线的建设,填补了中国大陆32英寸以上液晶屏的制造空白,标志着信息产业在关键技术上实现突破。这条生产线自量产后,仅用了两个多月的时间综合良品率已经达到95%以上,达到国际领先水平,并于2011年5月实现满产。这充分说明我国本土企业已完整掌握了液晶显示的核心技术。2011年,党和国家领导人习近平在安徽调研时视察了京东方合肥6代线。习近平充分肯定了京东方在开展研发工作、提高自主创新能力方面所作的努力和取得的成果,并强调

战略性新兴产业代表着科技创新和产业升级的方向,决定着未来经济发展的制高点,一定要大力培育和发展。

平板显示产业作为中国战略性新兴产业之一,得到了政府和企业的高度关注,至今已投资近3 000亿元。国家发改委和工信部2013年根据《2010—2012年平板显示产业发展规划》执行情况的评估结果,制定了进一步的政策。2013年,中国平板显示行业的重点工作是:政府将利用财政税收政策促进平板显示产业链的配套,企业加强TFT-LCD生产线的研发,缩小在液晶、玻璃基板、彩色滤光片、偏振片、发光材料、驱动芯片等关键材料和设备、AMOLED、低温多晶硅和氧化物背板、4K×2K超高清等技术方面与日韩企业的差距。

近两年,全球主要平板显示企业陆续到大陆投资建线:在建的8.5代线有广州 & LG(韩国)、苏州 & 三星(韩国)、昆山 & 友达(台湾地区)及计划中的南京熊猫 & 夏普(日本)8.5G。中国企业北京京东方8.5G与深圳华星8.5G已先后达到满产,在建及计划建设的还有:合肥 & 京东方8.5G,重庆 & 京东方8.5G,以及深圳华星第二条8.5G。中国大陆正在成为世界平板显示产业的投资热点。中国大陆到2015年底预计有9条8.5G生产线,总产能5 650万 m^2 /年,而8代线以上的海外产能,以基板总面积/年排序:韩国4 818万 m^2 /年,台湾地区1 419万 m^2 /年,日本1 024万 m^2 /年。计及8代以下的总产能,2015年底中国大陆TFT-LCD产能将超过日本和台湾地区,占世界第二位,其中最适合生产TV屏的8.5G生产线的产能将达世界第一。

在此高速发展、“风景这边独好”的形势下,平板显示产业决不能像个别行外“经济学家”主张的全部交给市场,而是要像国务委员刘延东在十一届政协一次科协与科技联组会上指示的:为防止全国各地液晶热与“产能过剩”,应该强调“政、产、学、研、用”相结合,实施正确的发展战略,支持、培育我国的TFT-LCD产业。我们相信:我国新型显示产业发展将有可能突破国产芯片产业发展长期徘徊不前的局面,在世界显示产业发展上后来居上,实现2020产能世界第一。

事实上,在2004年年底,胡锦涛总书记在视察中国科学院知识创新工程试点展览时就提出要吸取我国发展半导体技术的教训,要大力发展自主创新的科学技术与产业。我国要突破在平板化革命中所处的弱势,发展自主创新的新型显示产业,首当其冲的就是要培养中国的新型显示科学技术科研与产业人才。呈现在读者面前的《新型显示技术》一书就是为上述人才战略服务的一本有益的教科书。

二、东隅已逝 桑榆非晚 后来居上 全球第一

我国液晶显示(LCD)科技事业始于1969年,迄今历时近40春秋。近40年历程,既充满光辉,也历尽艰辛。上世纪70年代初,国家还处在“文革”的余难之中,尽管科研基金短缺,大学招收的工农兵学员素质参差不齐,液晶显示科研(尤其是清华大学提出的大屏幕液晶投影电视的课题)被当时的“文革领导小组”认为对工农兵宣传有重要意义,还能在困难的夹缝中生存发展。代表性的研究力量体现在清华大学化学系(液晶材料合成研究)及基础部物理教研组(液晶物理与显示技术研究)。在这两个单位的我国第一代液晶研究前辈披星戴月、呕心沥血的拼搏下,我国的液晶事业基本与国际

同步,特别是改革开放的1978年,清华大学招收了我国首届的液晶化学与液晶物理的研究生,我国液晶显示的科研教育走上了学科发展的快车道。当时,我国南方发展并生存至今的无源液晶显示产业的技术骨干很多是这些毕业研究生,即第二代液晶人。作为该批研究生中的一员,我手中还保留有已故的两位前辈老师为我们手刻的讲义:一本是清华大学化工系液晶科研组王良御先生的《液晶化学基础》(1979,12),另一本是清华大学液晶物理研究小组童寿生教授译的《液晶显示》。后一本讲义的作者只署中文名字“马丁·托皮亚斯”,直到我手头有了 H. Kelker 与 R. Hatz 编著的 *Handbook of Liquid Crystals* (Verlag Chemie, 1980) 的影印本,才从成千上万的文献中查到该讲义的原著名为 M. Tobias, *International Handbook of Liquid Crystal Displays* 1975—76 (Ovum: London, 1975)。作为这个时期的学术顶峰是我的博士论文导师谢毓章教授在科学出版社出版的我国第一本《液晶物理》专著,该书论述的完整性堪与国际上的名著,如1991年诺贝尔物理奖得主 P. G. de Gennes 的《液晶物理学》相媲美。Tobias 的《液晶显示》只介绍了海尔迈耶(G. H. Heilmeyer)1968年发明的动态散射(DS)显示技术及海尔费里希(W. Helfrich)1971年发明的扭曲向列液晶显示技术(TN)。前者是液晶显示概念的诞生,因此海尔迈耶与发明室温液晶的 G. W. Gray 被分别授予五千万日元的日本京都奖。而后者(TN)是使 LCD 真正走向工业化的关键性发明,后来发展的 STN 与 TFT-LCD 都是 TN 原理的延伸,为此,海尔费里希获得首届欧洲物理学会凝聚态物理最高奖——惠普奖及法国国际创新大奖。对全球的液晶显示研究者和产业界人士来说,1968年是液晶显示的元年,在这一年美国 RCA 公司在广播中向世界报告:公司的博士研究生海尔迈耶等人提出并发明液晶动态散射显示技术(DSM-LCD)。这条消息引起了法国原子能委员会的兴趣。当时,正在原子能所工作的物理学家 P. G. de Gennes 组织了一个由结晶学、化学、材料缺陷、光学、核共振和理论专家组成的多学科研究小组,在巴黎市郊奥赛开展液晶物理的基础研究。研究中,德热纳认识到序参数、相变等概念是处理液晶复杂系统的物理基础,并在此基础上写出专著《液晶物理学》。并于1991年获得诺贝尔物理学奖。

1968年,44岁的日本物理学家江崎玲于奈(因发明江崎二极管而获1973年诺贝尔物理学奖)正在美国 IBM 实验室工作,他立即将 RCA 发明液晶显示技术的消息介绍给日本的重点大学和大公司,这引起了日本理化学研究所科学家小林骏介的兴趣。小林骏介1969年到美国学习,回到日本后开始液晶基础研究,成为日本液晶研究的学术带头人, he 现在是东京理科大学教授、液晶研究所所长,被誉为“日本液晶之父”。日本液晶显示产业后来的成功发展,与基础研究先行的经验分不开。

但对美国 RCA 公司来说,1968年却是让他们追悔不已的一年。当海尔迈耶在20世纪60年代初发明了液晶显示技术后,公司对此相当重视,一直将其列为重大机密项目,直至1968年才在一项最新成果的报道中向世界披露,但这时,RCA公司的一些领导人一方面局限于传统半导体产品,一方面又过分强调初出茅庐的动态散射方式液晶显示技术的缺点,诋毁其产业化。为此,液晶专利被卖出,研究小组成员外流,包括正在那里做博士后的德国物理学家海尔费里希。作为和我一起研究液晶生物膜理论

(1987—1989)的合作者,海尔费里希曾告诉我,其实他在 RCA 后期就告诉海尔迈耶应把依靠液晶分子电致流动不稳的动态散射方式改为依靠液晶分子介电电致转动的扭曲向列模式,但 RCA 上层不接受这个改进方案,结果海尔费里希只好打道回欧洲,在瑞士罗氏公司与马丁·沙特在 1971 年美国《应用物理快报》上发表一篇不到两页的论文,公布了液晶扭曲向列模式的发明,这就是沿用至今,广泛应用于电视、手机、PC、平板电脑显示的平板显示技术原理。

对发明液晶平板显示技术另一个重要贡献是把液晶显示(LCD)的无源简单多路驱动向有源矩阵薄膜晶体管(TFT)驱动演化,这是西屋电气公司的 T. 彼得·布罗迪发明的,因此,被誉为“工程诺贝尔奖”——美国工程科学院最高奖——德雷珀奖 2012 年 2 月授予液晶显示上述四个发明人:海尔迈耶、马丁·沙特、海尔费里希与布罗迪。我国液晶显示科学教育事业在无源 TN、STN 是上乘的,因此,我国从 1985 年至 1990 年代发展起来的无源 TN 及 STN 生产线的产能至今已居世界第一。但是,这个第一在 21 世纪 TFT-LCD 占主导的国际 LCD 产业中是无足轻重的。从 1990 至 2003 年,我国的 LCD 被 TFT-LCD 的兴起远远抛在后面,其过程与我国半导体产业在从晶体管向大规模集成电路转型时的困境如出一辙。这个衰退过程的原因虽然是多方面的,但人才培养衰落是最主要的原因。在只追求发表 SCI 论文的急功近利的环境下,应用技术研究(常常出不了顶级杂志论文)被冷落甚至得不到基金的支持,因此,当第一代液晶研究者退休后,液晶显示物理专业从重点大学消失殆尽。我国从 1969 年建立的液晶显示事业成“东隅已逝”的败势。

令人庆幸的是,以发展液晶材料为己任的液晶化学研究则一直被坚持下来,并已传承到第三代。在产学研结合的正确路线指引下,清华大学化学系与石家庄民营经济合作已逾廿年,创建了有自主创新、产量规模世界第五的“永生华清液晶材料厂”。2007 年 5 月,该厂启动了国家支持的 TFT-LCD 材料量产的专项工程,发展国产 TFT-LCD 的材料。该厂近年更名为“石家庄诚志永华显示材料厂”,已成为我国最大的液晶材料厂家。清华大学化学系教师、科研人员与研究生在产学研的艰难跋涉中,不仅始终追随着液晶显示工业发展的脚步,而且还在新型 FPD 技术[如有机发光二极管显示(OLED)]的研发上走在国家的前列。在这些教师中不仅涌现有曾经长期担任 FPD 行业协会的领导,还有他们为我国近年建立的 TFT-LCD 第 5 代线输送的技术骨干。在他们的领导与支持下,清华液晶技术工程研究中心自 2003 年以来一直致力于平板显示行业专业人才的培训,所开设的“液晶与平板显示技术高级研修班”从 2003 年开始到 2011 年,已举办 11 期,学员 300 人。与此同时,至今仍在各地分别针对企业的不同要求举办内容相近但专题有所选择的培训班,共轮训 1 200 多人。为我国 LCD 产业东山再起,度过彩电由 CRT 向 FPD 转型的难关,培养了人才,根据这一时期的培训教材,出版了被国内 TFT-LCD 产业界视为最重要的技术参考手册的《液晶与平板显示技术》一书。

近年来,新型平板显示技术出现了许多新进展,3D 显示、柔性显示、可穿戴式显示新技术如雨后春笋般涌现,新型平板显示产业呈现高分辨率化和有源有机发光二极管

显示(AMOLED)产业快速发展的新趋势。一是在大尺寸 TFT-LCD 显示器产业方面,4K 代表着新一轮发展平板显示的新技术,4K 分辨率相当于全高清约 4 倍影像,4K 电视(也称 UHDTV)已开始进入市场。二是 AMOLED 产业异军突起,进入快速发展阶段,AMOLED 技术将分为 5.5 代和 8.5 代两个方向发展;面向中小尺寸屏幕应用的 5.5 代技术路线已逐步趋近其技术极限,后续主要是如何提高生产效率;面向大尺寸屏幕应用的 8.5 代生产技术还在摸索中,由于基板面积骤然变大,均匀性、再现性等指标还很难达到量产的要求,合格率不足 15%;由于 AMOLED 在分辨率、寿命等其他特性方面没有比 TFT-LCD 更大的优势,三星公司将 AMOLED 转向了柔性 AMOLED 的方向,进一步实现差异化显示。为追赶这些日新月异的、已不是“平板显示”可一而概之的新型显示技术,《液晶与平板显示技术》的作者们对原书进行了重大的扩充与改写,吸收了前述各种新型显示技术的介绍,使得产业界的技术人员掌握新技术,对一线产业工人进行新技术培训有了新型显示技术新的“圣经”。

这本《新型显示技术》就是他们最近几年对我国骨干显示国有大企业技术人员与产业工人培训所用的新教材。这本书不仅提供了当代 TFT-LCD 生产所需的基础知识,也提供了正在研发中的所有未来有希望的其他 FPD 技术的详细介绍,尤其是高鸿锦教授写的导论,是我迄今为止看到的关于我国与国际 FPD 产业及其历史最为详尽的评述。因此本书不仅对科研技术人员有益,也对领导我国信产部门的政府官员有益。本书是教科书,也是关于 FPD 的高级科普书。

相信本书的出版一定能为我国当前正在崛起的平板化革命——液晶及其他新型显示技术与产业的迅速发展做出历史性的贡献。从我国 LCD 发展史角度来看,我们满怀信心地说,我国的新型产业正处在“东隅已逝,桑榆非晚”的新发展时期,我国的新型显示产业一定能后来居上,登上全球第一的制高点,政府要抓住机会加大支持,产学研人员也不要错失良机,投入其中。一句话,大家努力吧!

中科院院士
欧阳钟灿
2014-7-7

前 言

互联网时代,显示无处不在。

2007 年我们编写出版了《液晶与平板显示技术》一书,该书是在清华大学继续教育学院和清华液晶中心主办的清华大学平板显示技术高级研修班讲义的基础上编制而成,该书 2007 年发行,已经 5 次印刷,发行量超过万册。

从 2007 年至今的 7 年间,受益于 ICT 新技术和新产品创新,显示技术的格局发生了变化,平板显示概念已难以包容立体显示、曲面显示、柔性显示等新的显示技术。在这样的背景下,应广大读者的要求,我们在《液晶与平板显示技术》一书的基础上重新编著了本书。除对原有 14 个章节内容进行了更新外,还新增加了立体显示、量子点显示、触摸屏技术以及测试技术与标准等 4 个章节。新版《新型显示技术》力图向读者全面展现当今世界显示行业技术与产业的现状与发展趋势。

本书作者都是多年从事显示技术教学的教师 and 第一线的研发人员。第 1 章、第 2 章、第 3 章和第 14 章由清华大学化学系高鸿锦编写(其中的 14.10 节由 3M 公司北京技术中心堵光磊编写);第 4 章和第 6 章分别由清华大学化学系唐洪和杨傅子编写;第 5 章由英国 Exeter 大学阮丽贞编写;第 7 章、第 11 章、第 15 章和第 16 章分别由京东方科技集团公司董友梅、薛建设、武延兵和白峰编写;第 8 章由北京大学微电子学研究所刘晓彦编写;第 9 章由清华大学化学系有机电致发光实验室王立铎、段炼编写;第 10 章由 TCL 工业研究院朱昌昌编写;第 12 章和第 18 章由清华大学电子工程系应根裕编写;第 13 章由复旦大学先进材料实验室谷至华编写;第 17 章由牡丹集团阎双耀编写。高鸿锦和董友梅负责全书的统稿。

新型显示技术覆盖面广、更新速度快,虽然作者尽力向读者介绍最新技术成果和应用热点,但鉴于作者自身能力、学识所限,书中错误与不足之处在所难免,敬请读者多多批评指正。

本书在编写与出版过程中得到显示产业界同仁和清华液晶中心以及《平板显示文摘》编辑部各位同事的支持和帮助,在此表示衷心感谢。

编著者

目 录

第 1 章 导论	1
1.1 多媒体时代的显示器	1
1.1.1 信息媒体与人类社会	1
1.1.2 多媒体与显示器	2
1.1.3 多媒体时代的显示器需求	3
1.1.4 作为人机界面的显示器	4
1.1.5 阴极射线管(CRT)显示器	5
1.1.6 平板显示	7
1.2 液晶显示器	8
1.2.1 平板电脑和智能手机的成长将成为 TFT-LCD 产业成长的主要驱动力	9
1.2.2 大尺寸应用格局有所变化,但电视仍将是 大尺寸 TFT-LCD 的主要应用	10
1.2.3 产业分布状况	12
1.2.4 主要技术发展情况	15
1.3 有机电致发光显示器	17
1.4 等离子显示器(PDP)	18
1.5 FPD 其他的新技术、新产品	19
1.5.1 发光二极管	19
1.5.2 场发射显示器	20
1.5.3 数字光处理器	22
1.5.4 硅基液晶显示器	23
1.5.5 MEMS 光干涉调制显示	24
1.5.6 电子纸(E-PAPER)	25
1.6 中国液晶产业现状及其发展趋势	27
1.6.1 发展历程	27
1.6.2 发展现状	28
1.6.3 抓住产业升级换代时机,大力发展我国平板显示产业	29

本章参考文献·····	32
第 2 章 光度与色度 ·····	34
2.1 人眼的构造和感光机理 ·····	34
2.1.1 人眼的构造 ·····	34
2.1.2 感光机理 ·····	35
2.2 光的特性与人眼视觉特性 ·····	35
2.3 人眼的分辨能力和视觉残留 ·····	37
2.4 光度学的几个基本物理量 ·····	38
2.5 颜色的基本特性与颜色混合 ·····	40
2.6 色调特性与 γ 值修正 ·····	48
本章参考文献·····	49
第 3 章 图像质量与显示器性能 ·····	51
3.1 图像信息的产生与传输 ·····	51
3.2 图像中的像素 ·····	51
3.3 图像的逐行扫描与隔行扫描 ·····	52
3.4 逐行扫描目前还是有用的概念 ·····	53
3.5 电视图像的基本参数 ·····	55
3.6 显示器的主要性能 ·····	57
3.7 信息数字化与显示器分辨率 ·····	62
3.8 关于 On/Off 响应时间与 GTG 响应时间 ·····	64
本章参考文献·····	66
第 4 章 液晶化学 ·····	67
4.1 概述 ·····	67
4.1.1 液晶的发展史 ·····	67
4.1.2 液晶的分类 ·····	68
4.1.3 液晶的相态结构 ·····	69
4.2 液晶的化学结构与性质的关系 ·····	70
4.2.1 末端基团的作用 ·····	72
4.2.2 侧向基团的作用 ·····	79
4.2.3 连接基团 ·····	84
4.2.4 环体系 ·····	88
4.3 显示用单体液晶材料 ·····	91
4.4 显示用混合液晶材料 ·····	97

4.4.1 混合液晶的性能参数与显示的关系	98
4.4.2 混合液晶	100
4.4.3 混合液晶的分类及所用单体液晶组分的相互关系	102
4.4.4 混合液晶的分类介绍	103
本章参考文献	114
第5章 液晶物理学	116
5.1 概述	116
5.1.1 什么是液晶	116
5.1.2 液晶研究的发展历史	117
5.1.3 液晶的类型	119
5.2 液晶的静态理论	123
5.2.1 序参数的引进	123
5.2.2 梅尔-绍珀平均场理论	123
5.2.3 朗道-德然纳模型	124
5.2.4 液晶的连续体理论	125
5.3 液晶连续体弹性理论的应用	126
5.3.1 在外场中液晶的能量	127
5.3.2 弗里德里克斯转变	127
5.3.3 挠曲电效应	131
5.4 液晶中的缺陷	132
5.4.1 缺陷的类型	132
5.4.2 向列相液晶中的纹影织构——轴向向错	134
5.4.3 胆甾相液晶中的一种向错——格兰德然-喀诺劈	135
5.5 液晶的流体动力学理论及其应用	135
5.5.1 埃瑞克森-莱斯里理论	135
5.5.2 梅索维克兹实验	137
5.5.3 动态弗里德里克斯效应	138
5.6 电流体动力学不稳定性	143
本章参考文献	144
第6章 液晶光学	145
6.1 液晶中常见的光学现象	145
6.1.1 向列相液晶中的双折射	145
6.1.2 手征向列相液晶中的圆双折射	148
6.1.3 旋光性	149

6.1.4	相长干涉和选择反射	151
6.1.5	喀诺劈	153
6.1.6	正交偏振器之间的手征向列相	154
6.2	光学方法在液晶物理研究和测试中的应用	156
6.2.1	液晶盒中的光导波及其在液晶物理研究中的应用	157
6.2.2	液晶双折射率的测定	167
6.2.3	液晶分子预倾角的测试	172
	本章参考文献	175
第7章	常用液晶显示器的显示模式	176
7.1	扭曲向列型液晶显示模式 TN-LCD	176
7.1.1	TN-LCD 盒结构	176
7.1.2	TN-LCD 盒实现显示的条件及光学性质	177
7.1.3	TN-LCD 常用的几种模式	179
7.1.4	TN-LCD 的视角特性	180
7.1.5	材料和器件参数对 TN-LCD 特性的影响	182
7.2	超扭曲液晶显示模式 STN-LCD	183
7.2.1	STN-LCD 盒结构	183
7.2.2	STN-LCD 实现显示的条件	184
7.2.3	STN-LCD 的光学性质	184
7.2.4	材料和器件参数对光学特性的影响	186
7.2.5	STN-LCD 的有色模式	188
7.2.6	STN-LCD 的黑白化和彩色化	189
7.2.7	STN-LCD 的畴	191
7.3	TFT-LCD 的宽视角技术	193
7.3.1	TFT-LCD 盒结构	194
7.3.2	TFT-LCD 有源方式的构成与驱动原理	195
7.3.3	TFT-LCD 宽视角技术	195
7.4	宾主型液晶显示模式	200
7.4.1	双色染料特性及显示特性	200
7.4.2	常用 GH-LCD 器件及特性	202
7.4.3	不同 GH-LCD 性能比较	208
	本章参考文献	209
第8章	薄膜晶体管有源矩阵液晶显示器	210
8.1	概述	210

8.2 薄膜晶体管有源矩阵液晶显示结构与原理	214
8.2.1 TFT AM LCD 屏的结构	214
8.2.2 TFT 的结构与特性	216
8.2.3 TFT 有源矩阵及像素的结构	226
8.2.4 彩色 TFT-LCD 模块的结构	227
8.3 薄膜晶体管有源矩阵液晶显示组件的制备	231
8.3.1 TFT-LCD 显示组件的制造工序	231
8.3.2 TFT 阵列基板制备中的关键工序简介	235
8.3.3 非晶硅 TFT 阵列基板的制备工序	241
8.3.4 低温多晶硅 TFT 阵列基板的制备	244
8.3.5 新兴的 LCOS 投影显示技术	247
本章参考文献	248
第 9 章 有机发光二极管显示	250
9.1 有机发光二极管显示简介	250
9.1.1 有机发光二极管显示发展过程	250
9.1.2 有机发光二极管显示原理	252
9.1.3 有机发光二极管显示分类	253
9.2 有机发光二极管显示材料	253
9.2.1 有机电致发光材料特点和分类	253
9.2.2 小分子有机电致发光材料	254
9.2.3 聚合物电致发光材料	260
9.3 有机发光二极管制备工艺	263
9.3.1 ITO 玻璃基片清洗与表面预处理	263
9.3.2 阴极隔离柱技术	265
9.3.3 有机薄膜或金属电极的制备	266
9.3.4 彩色化技术	267
9.3.5 OLED 器件封装技术	268
9.3.6 OLED 器件的寿命和稳定性	269
9.4 有机发光二极管显示驱动技术	271
9.4.1 静态驱动器原理	271
9.4.2 动态驱动器原理	273
9.4.3 带灰度控制的显示	275
9.4.4 有源驱动有机电致发光显示器	276
9.5 新型有机发光二极管显示技术	284
9.5.1 白光 OLED 显示与 OLED 照明技术	284

9.5.2 透明 OLED 技术	287
9.5.3 叠层 OLED 和多光子发射 OLED	288
9.5.4 表面发射 OLED	289
9.5.5 喷墨打印制备 OLED	289
9.5.6 柔性电致发光器件.....	291
9.5.7 微显示 OLED	293
9.5.8 3D OLED 电视技术	294
本章参考文献	296