

王秀峰 程 冰 编

现代 显示材料与技術

XIANDAI
XIANSHI CAILIAO YU JISHU



化学工业出版社

现代显示材料与技术

王秀峰 程冰 编



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

现代显示材料与技术/王秀峰, 程冰编. —北京: 化学工业出版社, 2007. 9
ISBN 978-7-122-01027-8

I. 现… II. ①王…②程… III. 显示材料 IV. TN104.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 135855 号

责任编辑: 路金辉 傅聪智

装帧设计: 3A 艺术设计工作室

责任校对: 凌亚男

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 北京市兴顺印刷厂

850mm × 1168mm 1/32 印张 6 $\frac{3}{4}$ 字数 177 千字

2007 年 10 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 20.00 元

版权所有 违者必究

前 言

人类社会已经进入了信息化时代。信息的获取与交流是每一个现代人的基本生活需求。生理上，人类依靠视觉、听觉、嗅觉、味觉和触觉来获得信息，而视觉是获得外界信息的主要途径，正所谓百闻不如一见。事实上，传统的印刷型文字和图片早已不能满足人们的要求。随着电视、手机、网络、商场、银行的全面覆盖，我们无时无刻不在与各种人机交互界面打交道。进入 21 世纪后，信息变得越来越密集，各种多媒体手段竞相传递着动态的视频和静态的电子画面。人们越来越希望通过最简单和最有效的途径来获得大量的信息，尽情追求现代显示技术带来的乐趣和方便。

显示材料和显示技术就是在这样的需求下不断发展，各种新型显示材料和技术不断被开发出来。显示材料和技术已经成为各国研究的热点之一，全球市场竞争也达到了白热化程度。主要工业化国家每年举办的电子和消费产品展示中，显示器和各种新型显示技术、显示材料产品也最能吸引参观者的目光，不论是在国防、军事、宇航、工业领域，还是在商业、教育、文化、体育、传媒领域，显示器都有极其重要的价值和地位。

阴极射线管显示器（CRT）与其他显示技术相比的最大优势在于其画质优良和价格低廉，长久以来一直是电视机和计算机显示器的最佳选择。第二次世界大战中，作为电子装置和雷达的显示屏，CRT 正是得此契机快速成长起来的。如今在技术上，CRT 面临着薄膜晶体管液晶显示器（TFT-LCD）、等离子体显示器（PDP）等各种平面显示器的挑战，其市场主导地位已经开始动摇。LCD 的亮度、视角广度等问题已经获得改善，其产品大型化、稳定性和动态随性等问题逐步得到解决。同时，这又给了尺寸可大型

化的等离子体显示器发展的空间和机会。现在 LCD 和 PDP 已经用在家庭壁挂式电视机、计算机显示器、工业显示设备及航空显示设备等，价格也在批量生产之后稳步降低。

平板显示技术是信息时代对终端显示的基本要求。场发射显示器 (FED) 技术原理与阴极射线管类似，其特点是可以做到大屏幕、平板、高亮度、省电、无视角限制，适用于车内或是户外显示广告牌。薄膜电致发光显示器 (TFELD) 正在走向成熟，以电子墨水显示原理为代表的新一代电泳显示技术和产品已经引发了显示技术革命。电子纸张将会给报纸、杂志和广告传媒等需要轻便、柔性、清晰、双稳态、节能的领域带来巨大商机，并使消费者获益。除此以外，目前有几十种显示器技术正在研究和发展之中。各种显示技术各具优势，在竞争中求发展。现代显示技术正朝着全固体化平板显示、主动发光、大视角、高分辨率、响应速度快、抗震能力强以及使用温度范围宽等方向发展，逐渐成为可商业化的理想平板显示器件。

虽然平板显示技术和市场发展很快，也有许多关于显示器件原理和技术的论文、专利，但是系统全面地介绍目前正在迅速成长的、重要的平板显示技术的专著还很少。本书紧紧围绕平板显示、大屏幕显示、环保显示等显示技术发展要求，力求给读者呈现显示材料和显示技术领域国内外最新的研究成果和市场发展状况。

本书的出版得到了很多支持和帮助，感谢国家自然科学基金项目 (50372038) 对本书的资助，也感谢闫河硕士为本书图片的加工所做的工作。

由于市场竞争、前沿研究内容的技术保密等因素，书中的缺漏和欠妥之处在所难免，恳请读者批评、指正 (exw@sust.edu.cn)，以便日后修改和完善。

编 者
2007 年 8 月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 信息媒体的革命	3
1.2 显示器的主要功能与性能	7
1.2.1 显示器的主要功能	7
1.2.2 显示器的主要性能	9
第 2 章 显示器的分类、特性与用途	12
2.1 显示器的分类	12
2.1.1 阴极射线管显示技术	13
2.1.2 液晶显示技术	16
2.1.3 等离子显示技术	18
2.1.4 投影机	19
2.1.5 激光显示技术	20
2.1.6 电致发光显示技术	21
2.1.7 有机电致发光显示技术	21
2.1.8 半导体发光二极管显示技术	22
2.1.9 场致发光显示技术	23
2.1.10 场离子显示技术	24
2.2 显示器的基本结构	25
2.3 显示器件技术的开发史	26
2.4 显示器件的市场发展动向	29
第 3 章 电子墨水显示技术	33
3.1 电子墨水显示原理	33

3.1.1	旋转球电子墨水显示	33
3.1.2	微胶囊电子墨水显示	34
3.2	电子墨水的组成及材料	36
3.2.1	电泳颗粒	37
3.2.2	染料	37
3.2.3	电荷控制剂	37
3.2.4	分散介质	38
3.3	微胶囊化电子墨水显示的特点	39
3.4	电子墨水显示技术的应用	42
3.5	电子显示器的驱动方式	43
3.6	电子墨水显示的现状与展望	44
第4章	激光显示	48
4.1	激光显示原理及技术优势	48
4.2	激光显示器件的展望	52
第5章	电致发光显示	56
5.1	电致发光的发展史	56
5.2	电致发光的材料	57
5.2.1	基质材料	58
5.2.2	发光中心材料	59
5.3	电致发光的显示原理	60
5.3.1	高场电致发光	60
5.3.2	低场电致发光	62
5.3.3	有机电致发光	62
5.4	电致发光显示的特性与驱动	63
5.4.1	驱动电路	63
5.4.2	发光强度控制	63
5.5	电致发光的发展趋势	64
第6章	有机电致发光显示技术	66
6.1	有机电致发光显示简介	66

6.2	有机电致发光显示技术的种类及原理	67
6.3	有机电致发光器件的结构	70
6.4	有机电致发光的材料	71
6.4.1	电极材料	72
6.4.2	载流子输送材料	72
6.4.3	发光材料	73
6.5	有机电致发光器件全彩色显示技术	74
6.5.1	RGB 像素独立发光	74
6.5.2	光色转换	75
6.5.3	彩色滤光膜	75
6.6	有机电致发光器件的工艺流程	76
6.7	新型 OLED 显示技术——PLED	76
6.8	有机电致发光显示技术的优势及劣势	78
6.9	有机电致发光显示的市场前景	79
第 7 章	半导体发光二极管显示	81
7.1	半导体发光二极管显示原理及显示结构	81
7.1.1	半导体发光二极管工作原理	81
7.1.2	半导体发光二极管的显示结构	83
7.2	半导体发光二极管的显示材料	84
7.3	半导体发光二极管的封装工艺	85
7.3.1	支架式 LED	85
7.3.2	普通片式 LED	86
7.3.3	功率 LED	86
7.3.4	大功率 LED	88
7.4	半导体发光二极管及显示器参数	91
7.4.1	光学参数	91
7.4.2	半导体电参数的意义	92
7.4.3	显示器参数	93
7.5	半导体发光二极管显示的特点和应用	93
7.5.1	半导体发光二极管的特点	93

7.5.2	发光二极管显示的应用	94
7.6	半导体发光显示技术的应用前景	95
第 8 章	场发射显示	98
8.1	场发射显示原理	98
8.1.1	碳纳米管显示技术	99
8.1.2	表面传导电子发射显示技术	102
8.1.3	圆锥发射体显示技术	106
8.1.4	弹道电子表面发射显示技术	107
8.2	场发射显示的发光材料及其组件	107
8.3	FED 存在的问题	109
8.4	场发射显示技术的发展趋势	110
8.4.1	场发射显示技术的市场前景	110
8.4.2	SED 显示技术在 FED 中的地位	111
第 9 章	场离子显示	113
9.1	场离子显示的显示原理	113
9.2	场离子显示的主要显示材料	120
9.2.1	金属场发射材料	120
9.2.2	硅及表面敷 TiN、BN 膜硅场致发射材料	120
9.2.3	金刚石薄膜场致发射材料	121
9.2.4	多孔硅场致发射材料	122
9.2.5	GaAs 和 GaN 场致发射材料	123
9.3	场离子显示技术的发展趋势	123
第 10 章	荧光管显示	125
10.1	荧光显示屏的结构及工作原理	125
10.2	灯丝及驱动方法	127
10.2.1	灯丝	127
10.2.2	灯丝电源	129
10.3	栅极与阳极	132

10.3.1	栅极与阳极	132
10.3.2	透明导电膜	133
10.4	荧光粉的特性	133
10.4.1	荧光粉的发光频谱	133
10.4.2	荧光粉的温度特性	134
10.5	基本驱动电路	134
10.5.1	静态驱动	134
10.5.2	动态驱动	135
10.6	荧光显示屏的电源	136
10.6.1	典型的供电电路	136
10.6.2	电源的特性要求	136
10.6.3	亮度调整	137
10.7	常见问题及处理	138
10.7.1	非标准电源驱动灯丝	138
10.7.2	虚像	139
10.7.3	阴影	140
10.7.4	滤色板的选择原则	140
10.7.5	其他	141

第 11 章 液晶显示

11.1	液晶晶相和液晶物理性质	143
11.1.1	液晶的晶相	143
11.1.2	液晶的物理性质	147
11.2	液晶显示器的分类	148
11.3	液晶显示技术原理	149
11.3.1	被动矩阵式液晶显示原理	151
11.3.2	主动矩阵式 LCD 工作原理	153
11.4	液晶显示器构成与彩色的实现	155
11.5	液晶的驱动方式	156
11.5.1	静态驱动——段式液晶	157
11.5.2	动态驱动	158
11.6	ITO 玻璃的基本知识	160

11.7	液晶显示的技术参数	161
11.8	液晶新兴技术	162
11.8.1	超宽视角技术	162
11.8.2	超黑晶技术	163
11.8.3	其他新型技术	164
第 12 章	等离子体显示技术	166
12.1	等离子体	166
12.2	等离子体显示技术原理	168
12.2.1	日光灯的发光原理	168
12.2.2	等离子体显示原理	168
12.3	等离子体显示器制造工艺	172
12.4	等离子体显示技术的优缺点	173
12.5	等离子体显示器发展历程和未来展望	174
第 13 章	其他显示技术	179
13.1	新型背投显示技术	179
13.1.1	LCD 背投技术	180
13.1.2	DLP 背投技术	180
13.1.3	LCOS 背投技术	187
13.2	电致变色显示技术	190
13.2.1	电致变色的发展历史和种类	191
13.2.2	电致变色材料	192
13.2.3	电子变色的原理与器件结构	193
13.2.4	应用前景	195
13.3	立体显示技术	196
13.3.1	立体电视技术的发展概况	196
13.3.2	立体电视技术的基本原理	198
13.4	头盔显示技术	199
13.4.1	头盔显示器的发展过程	200
13.4.2	头盔显示器的应用	200
参考文献		203

第 1 章

概 述

材料被列为现代人类文明的三大支柱之一。目前，各国都在新材料方面寻求突破，以占领科技的最高点。美国、日本、欧盟等国家和地区都把开发新材料加入到他们最新的国家发展计划中，加以重点支持。美国国家关键技术委员会甚至把新材料列为影响经济繁荣和国家安全的六大关键技术的首位。我国国家中长期发展规划确定了 8 个对增强综合国力最具战略影响的高科技领域，新材料技术就是其中的重点之一。由此可见，新材料的开发与应用不仅对国民经济，且对国家安全也具有非常重要的意义。

材料方面的发展引领了显示技术的不断发展，人们也越来越喜欢图像，原因在于它比文字或声音来得更直观。随着网络技术的发展，进入多媒体时代后，一场以信息通信媒体为核心的大变革正在进行当中。显示器作为不可或缺的人机界面在这场革命中起到了举足轻重的作用。虽然一个世纪之前显示器行业就已存在，但是该行业目前仍然充满活力。新型的显示技术正一个个被开发出来，已有的显示技术在传统生产工艺和技术上也不断发展，日趋成熟。即使是“老迈”的传统显示器 CRT（阴极射线管）也正在进行新的革新。LCD（液晶显示）的诞生使得世人为之一振，人们在惊叹其轻便的外观和低功耗时，发现其存在制造大屏幕的困难。现在随着新型显示技术的发展，更轻便、功耗更低、可以随意折叠的新一代显示器产品已呼之欲出，极有可能取代目前的显示技术，预示着一场新的显示器革新。

CRT 技术问世 100 多年来，经过不断改进，性能得到了极大

的提高,功能日趋完善,其用途早已不局限在电视领域,已经被广泛使用在制造行业上。随着人类生活水平的提高,CRT显示器辐射大、无法实现平板和超大屏幕的缺点越来越明显。LCD在生产生活中的应用已经相当普遍。例如掌上游戏机、电子宠物、电子表、计算器、手机显示屏以及部分家电的显示装置,都使用了液晶显示器。液晶显示器的优点相当多:轻薄短小,可大幅节省摆放空间,其体积仅为一般CRT显示器的20%,重量则只有10%;相当省电,耗电量仅为一般CRT显示器的10%;液晶显示器没有辐射,不伤人体,画面也不会闪烁,可以避免眼睛因长时间注视屏幕而感到疲倦;液晶显示器除了可放置于桌上之外,也可以悬挂于墙上。但是,液晶显示也存在可视角小、响应时间长、亮度和对比度低等缺陷。PDP(等离子体显示)技术也是一种被寄予希望的显示技术,最大的优势在于其可较容易地实现超大平板显示。作为新一代显示器,PDP不但超薄超轻,还具有液晶显示无法有的超宽视角,其抗干扰能力强,可以做到纯平无失真。此外,PDP显示还保留了液晶显示无辐射的优点;但是,目前PDP显示器造价相对昂贵,所以40英寸以下的显示器一般不采用PDP制造,而且PDP显示器还存在“烧屏”的缺点。

其他显示技术,如EPID(电泳显示技术)、LPD(激光显示技术)、EL(电致发光显示技术)、OLED(有机电致发光显示技术)、FED(场发射显示技术)、FID(场离子显示技术)、VFD(荧光管显示技术)、LED(发光二极管显示技术)等,都属于未来的显示技术。这些技术开发时间短,还存在着不少使用和生产的问题尚未解决,因此这些显示技术要成为主流的显示技术还有一个过程。以这些技术为基础的显示器件也未被投入大规模的生产。然而,由于这些显示技术有着自己的独特优势,所以各国对于这类显示技术都投入了相当大的精力进行研究。可以预见,随着研究的深入,在不远的将来这些显示技术中的一些将在技术上获得突破,进入大规模生产,人类将进入一个全新的显示时代。

1.1 信息媒体的革命

索尼公司生产的代号为 Librie 的电子图书浏览器（如图 1-1 所示），在其普通的玻璃屏幕之下隐藏着惊人的技术革命。与传统的平板显示技术（如 LCD 和 PDP）相比，这种显示设备不仅轻便时尚，其显示技术在工作效率方面也具有当代显示器产品所难以企及的优势。例如，在保持静止图像的时候，这种显示设备甚至可以不耗费任何能源。目前的显示器件都无法做到这点，只有传统纸张才能实现这一功能。换句话说，这类显示设备只有在翻页的时候才会消耗电能。根据精确计算，四节 3A 电池就可以支持用户完成高达一万余次的翻页操作。

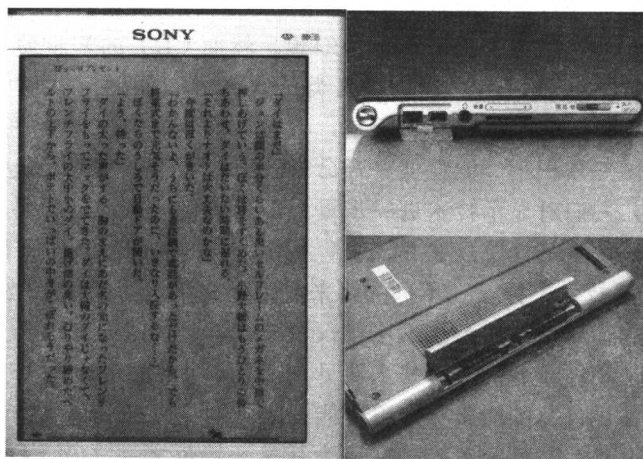


图 1-1 Librie 的电子图书浏览器

此外，这种新型显示器可以以任何尺寸、任何形状出现在消费者面前，所以它对于显示器技术来说具有划时代的意义。从此人们不用再受显示器显示尺寸的局限，理论上甚至可以制造出无限大的显示屏。

Librie 显示器的显示原理非常特殊。首先，其表面由一种包含黑白两色的微型球状颗粒所组成，它们被均匀分布无色液体中。

当反向充电的时候，微型球状颗粒中的白色物质受电场影响会移动到颗粒的顶部，并且使得用户肉眼可以识别该微型球状颗粒的颜色，于是图像就产生了。

这种显示器特殊之处在于其还能实现柔板显示，即像纸张一样可以被弯曲折叠。实现这一技术的主要因素在于该显示器使用了一种轻便的薄塑料保护层，而且该显示器还专门设计了可以弯曲的电子元件，以实现显示器的真正可折叠。

当这类显示器设备实现动态化显示时，标志着显示技术进入了一个新纪元。换句话说，现在人类正处在显示技术革命的重要时期。两千年前，造纸术的发明具有非凡的意义，这使得人类可以容易地记录历史，使人类文明得以传承和延续，但其显然没有动态图像来得生动和直接。随着 CRT 技术的成熟，人类进行了一次显示的革命，动态图像的获得不再是幻想。然而 CRT 的笨重使得它变得越来越不够灵活，尤其是当人类进入无线互联网时代时，CRT 的缺点变得令人难以忍受。于是，不但要求显示的效果要好，还要求显示设备体积小、能耗低、寿命长。随着人类对自身安全 and 环境的重视，人们对显示技术进一步提出了无辐射、无污染的要求。

Librie 也许能像过去的 CRT 显示技术一样，或者像目前的 LCD 显示技术一样，在不远的将来成为具有统治力的显示技术。

当然，新型的显示技术不仅仅只有 Librie，LPD（激光显示技术）也是一种新型的显示技术 [见图 1-2(a)]。由于出色的显示能力——其显色范围能覆盖人眼所能观察到的绝大部分色彩空间——而备受瞩目，其色彩鲜艳丰富成为其显示特色之一。OLED（有机发光显示技术）也是一种极有发展前途的新型显示技术 [见图 1-2(b)]。这种技术的特点在于其在显示器表面加入一种有机物质，该有机物质与几种特殊塑料混合组成表面涂层，当被充电时该涂层就会发光，这与传统的液晶显示技术恰恰相反。所以有机发光显示器与传统液晶显示器相比具有低功耗以及高图像质量的优点。这也意味着这种新型产品可以克服液晶显示技术的缺陷，能在阳光下更好地使用。但是如此有特色的显示技术面临的最大问题就是其使用

寿命短。现在开发出的产品仅仅可以正常工作 10000 小时，对于电视来说，如果正常使用，其寿命也就是大约工作三年的时间。

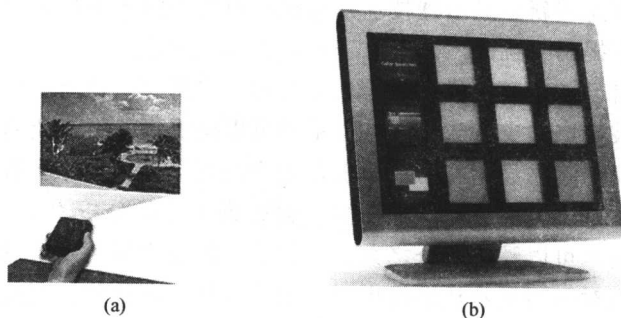


图 1-2 LPD (a) 与 OLED (b) 显示器件

OLED 显示技术的支持者——显示巨头 Eastman Kodak 公司正在着手研发新的有机材料以及化学成分，这样可以帮助显示器产品在特殊的极端环境下（如潮湿或者不密闭的环境）拥有更长的寿命。然而该类显示器在制造上还存在目前难以克服的缺点，难以实现大尺寸。对于大尺寸有机发光显示器的生产问题已经让 Eastman Kodak 公司头疼不已。这个问题在于在当显示彩色图像的时候，显示器的每一个像素都要被填充成为红黄蓝中的一种，这就对于精确度提出了很高的要求。然而对于精确度的追求无疑在大规模生产中是一个非常有难度的问题，也将大幅提高成本。不过 Eastman Kodak 似乎已经找到了解决的途径——一种名为白色有机发光显示器的新技术。在这项新技术中所有的像素都被填充成为白色，而其他的颜色用一个彩色过滤器中投射出的光线来实现，这种光线可以准确地将色彩投放到屏幕上。这种技术将制造工艺进行了最大程度的简化，从而降低了成本，也使得功耗进一步降低。

最新的显示技术将使用纳米技术来进行发光，在低温状态下，小束的碳纳米管（大约是头发直径的五十分之一）被投射到屏幕的每一个像素后。每一条纳米管道就等同于传统的电子枪来进行图像的制造。最终的纳米技术显示器的厚度将不到半英寸（1 英

寸=0.0254m), 并且其图像质量完全可以和先进的 CRT 产品媲美。

所有这些新型显示器技术都对现在市场上的主流技术“液晶显示技术”提出了挑战。分析家表示, 在巨大的压力下, 液晶技术也在加快自己前进的步伐。日本东芝公司正在研究一种新的液晶显示器保护玻璃, 这也意味着液晶显示器可以向更薄、更轻便的方向进化。其他的液晶显示器制造商也在为产品对 3D 图形的显示进行着不停的改进。美国德克萨斯州显示器咨询中心的分析表明: “先进的液晶技术可以胜任百分之九十的需求。但是市场上越来越多的特殊需求也对新型显示技术提出了要求, 也许现在这些新型技术还只能满足一些特殊的需求, 但是随着技术的进步, 其摇身一变成为市场主流的步伐将会愈来愈迅猛。”

如上所述, 新型显示技术由于其各自独特的特点而被广泛地研究。然而, 对于新技术的全面转行往往意味着生产成本的提高以及风险的飙升, 所以很多旧技术依然被使用着。CRT 显示器就是最好的例子。摩托罗拉就表示将对废弃电子枪技术继续进行研究开发, 将 CRT 带入一个新纪元。因此, 不仅仅只有新技术有生命力, 旧的显示技术依然有值得改进和提高的地方, 可以在特殊的领域发挥意想不到的作用。

即将到来的显示器领域的技术革命已经引起各大厂商的激烈竞争, 从液晶显示器领头羊三星、夏普, 到最新崛起的显示器设备生产商摩托罗拉以及它的伙伴, 都对各种有可能成为下一代主流显示的技术加以全面深入的研究。这些厂商所瞄准的就是巨大的显示器市场。

显示技术的迅速发展使得新型显示器技术得到了越来越多的政府部门的重视, 并且成为了商业领域众多公司竞相追逐的热门技术。随着对显示技术重视程度的日益提高, 在人员和资金方面对显示技术的投资也越来越大, 例如, 为了寻找一种降低其空间站以及航天飞机中显示屏幕所占据空间的方法, 美国五角大楼在过去五年中向专门进行这个领域研究的 Army Flexible Display 中心投资了