



21世纪全国本科院校电气信息类**创新型**应用人才培养规划教材

平板显示技术基础

王丽娟 编 著



介绍平板显示技术的基本原理及先进技术
彰显光电及显示领域经验
突出先进显示技术的制作工艺及最新发展
符合指导性专业规范要求



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国本科院校电气信息类创新型应用人才培养规划教材

平板显示技术基础

王丽娟 编著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书主要讲述当代显示的主流液晶显示器，高端显示的有源矩阵液晶显示和薄膜晶体管；新一代显示的代表有机发光显示；以及未来时尚显示的柔性显示、3D显示、触摸屏技术等新型的显示技术。分别从显示原理、器件结构、工艺技术及驱动方案等方面深入浅出地阐述，并分析面临的问题和技术挑战，提供了一套学习现在、发展明天、展望未来的整体知识体系。

本书适合作为电子类等相关专业本、专科学生的教材，也可供技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

平板显示技术基础/王丽娟编著. —北京: 北京大学出版社, 2013. 4

(21世纪全国本科院校电气信息类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-22111-2

I. ①平… II. ①王… III. ①平板显示器件—高等学校—教材 IV. ①TN873

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 026410 号

书 名: 平板显示技术基础

著作责任者: 王丽娟 编著

策划编辑: 程志强 郑 双

责任编辑: 程志强

标准书号: ISBN 978-7-301-22111-2/TN·0097

出版发行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> 新浪官方微博:@北京大学出版社

电子信箱: pup_6@163.com

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

印 刷 者: 北京宏伟双华印刷有限公司

经 销 者: 新华书店

787mm×1092mm 16开本 27印张 630千字

2013年4月第1版 2013年4月第1次印刷

定 价: 52.00元

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

举报电话:010-62752024 电子信箱:fd@pup.pku.edu.cn

序

1897年德国人布劳恩发明了第一只阴极射线管(CRT)，实现了电信号到光信号的转变，掀起了信息显示技术的第一幕。显示技术的飞速发展，不断给人们的生活带来了翻天覆地的变化。20世纪60年代CRT开始广泛普及，使人们的生活变得丰富多彩。进入21世纪，全球显示产业发生了革命性的变化，平板显示技术取代了传统的阴极射线管显示技术成为主流显示技术，逐渐覆盖到人们生活的各个领域。

作为平板显示技术主流的液晶显示器，从无源矩阵液晶显示器的小型计算器等简单应用开始，逐渐发展到薄膜晶体管有源矩阵液晶显示器的手机、笔记本、液晶电视等高端应用领域，成为现阶段主流的平板显示技术。有机发光显示(OLED)是一种自发光显示技术，近几年快速发展，在手机、数码相机等中小型产品中逐渐看到了OLED屏幕的身影，有望成为新一代平板显示技术的主流。新型显示技术的不断开发与应用，如触摸屏技术、3D技术、柔性显示等，更展现出显示技术的无限魅力，让人们对未来的显示技术充满渴望。

平板显示的产业化总是以东北亚为核心。我国的TFT-LCD产业规模已接近全球的20%，有机发光显示等下一代技术也在迎头赶上。产业的持续发展需要大批的专业人才，需要研究机构的持续创新，需要大学与企业人才培养方面的互助。平板显示技术涉及光学、电子学、材料、化工等多个领域，是典型的交叉学科，同时又具有鲜明的工程学特征。一本高质量的教材是培养相关人才的基础。

《平板显示技术基础》是作者根据在光电信息领域多年的生产实践、科研和教学实践经验，并充分吸收国内外信息显示领域最新发展的基础上编著的。本书详细介绍了液晶显示技术、多种薄膜晶体管技术、有机发光显示技术等平板显示的多个重要领域。尤其在深入浅出地阐明基本原理和基本概念的基础上，较详细地介绍了平板显示的新工艺、新技术、新知识及应用实例，既保证了平板显示的系统性、完整性，又兼顾了可读性和实用性。本书适合作为光电信息类和材料科学类学生的教材，也可作为显示技术相关专业人员的参考用书。

京东方科技集团资深总监、研究员

邵喜斌

2012年9月

前 言

当今信息化时代，平板显示进入了突飞猛进的发展阶段。液晶显示已成为现阶段平板显示的主流，高端的显示厂商正进入高速扩产和建厂阶段。有机发光显示在当今时代开始飞速发展，很有希望成为新一代显示的主流。新型的柔性显示，也是越来越得到人们的青睐。在这个信息科技高速发展的时代，需要与时代吻合的高技术人才，需要与时俱进的高知识人才，更需要具有创新能力的人才。本书的编写就是要培养应时代而腾飞的新一代具有高知识、高技术含量的大学生，要培养一批有扎实的理论基础，并与实际工作技术能力相结合，满足企业需求、自信充实的大学生，更要在潜移默化中培养具有实际设计及科研能力的大学生。

本书编写时参考了《普通高等学校电子科学与技术本科指导性专业规范(讨论稿)》和《普通高等学校光电子信息科学与工程本科指导性专业规范(讨论稿)》中显示原理和显示技术知识领域的要求。本书是作者根据在光电技术和信息显示领域多年的科研和教学实践经验，结合多年的生产实践经验，并充分吸收了国内外显示领域最新发展的基础上编写而成的。本书力求深入浅出地阐明平板显示技术的原理和先进的显示技术，并重点介绍液晶显示和有机发光显示的制作工艺技术和最新发展。内容力求作到理论知识的系统性和完整性，又兼顾可读性和实用性。

本课程的参考学时为 64 学时，本书主要内容包括：平板显示器的种类及性能参数；液晶显示原理及制作工艺技术；广视角原理与技术；有源矩阵液晶显示器结构及材料；薄膜晶体管原理及结构、制作工艺技术；有机发光显示原理及制作工艺技术、驱动原理及全彩色化技术；触摸屏技术及 3D 技术等。

本书共 12 章，第 1 章是平板显示简介；第 2—4 章是液晶显示器的原理和制作技术；第 5 章是有源矩阵液晶显示器的结构与材料；第 6—9 章是薄膜晶体管的原理与技术；第 10—11 章是有机发光显示原理与技术；第 12 章是新型的显示技术。

本书第 2—11 章由王丽娟编著，第 1 和 12 章由宋贵才编著。全书由王丽娟负责修改和定稿。京东方科技集团资深总监邵喜斌研究员为本书提出了许多宝贵意见并为本书作序。在本书的编写过程中得到了长春工业大学教务处及化学工程学院的大力支持。同时还得到了长春理工大学理学院、京东方科技股份有限公司、成都天马微电子有限公司、中科院长春应用化学研究所等单位的支持和帮助，在此向他们表示衷心的感谢！编者曾经在吉林彩晶数码高科显示器有限公司工作，原公司的很多同事为本书的编写提



供了宝贵的支持。研究生张伟和秦海涛在书稿的整理、插图绘制等方面做了大量的工作。北京大学出版社的程志强老师和其他相关工作人员为本书的出版付出了辛勤的劳动。在此一并向他们表示感谢!

由于编者学识与水平所限，书中难免存在缺点和不足，恳请广大读者批评指正。

编 者
2013年1月

目 录

第 1 章 平板显示技术简介	1	4.4 传统的液晶注入工艺	129
1.1 显示技术的发展	2	4.5 切割工艺	132
1.2 显示器的种类	7	4.6 贴片工艺	133
1.3 显示器件的性能对比	18	4.7 液晶显示器的模块工艺简介	135
1.4 显示器的性能参数	20	4.8 COG 工艺	137
本章小结	29	4.9 COF 工艺	140
本章习题	30	本章小结	144
第 2 章 液晶显示器基础	32	本章习题	145
2.1 液晶的特点	33	第 5 章 有源矩阵液晶显示器的结构 ..	147
2.2 液晶的种类	34	5.1 有源矩阵液晶显示器的结构	149
2.3 液晶的物理性质	39	5.2 CCFL 背光源	150
2.4 液晶的电光效应	47	5.3 LED 背光源	152
2.5 液晶显示器的种类	57	5.4 玻璃基板	159
2.6 TN 型液晶显示器的显示原理	60	5.5 彩膜	159
2.7 超扭曲向列相液晶显示器	64	5.6 阵列的单元像素	164
本章小结	68	5.7 液晶显示器的驱动原理	165
本章习题	69	本章小结	173
第 3 章 液晶显示器的广视角技术	71	本章习题	174
3.1 视角产生的原因	73	第 6 章 薄膜晶体管的工作原理	177
3.2 广视角技术简介	79	6.1 薄膜晶体管的半导体基础	178
3.3 膜补偿技术	80	6.2 MOS 场效应晶体管	180
3.4 MVA 技术的显示原理	83	6.3 薄膜晶体管的工作原理	185
3.5 PVA 技术的显示原理	92	6.4 薄膜晶体管的直流特性	191
3.6 ASV 技术的显示原理	93	6.5 薄膜晶体管的主要参数	196
3.7 IPS 技术的显示原理	96	本章小结	200
3.8 FFS 技术的显示原理	103	本章习题	200
3.9 OCB 技术	110	第 7 章 薄膜晶体管的结构与设计	203
本章小结	111	7.1 a-Si:H TFT 结构概述	204
本章习题	112	7.2 背沟道刻蚀结构的 a-Si:H TFT ..	206
第 4 章 液晶显示器的制屏和模块工艺	115	7.3 背沟道保护型结构的	
技术	115	a-Si:H TFT	213
4.1 制屏工艺简介	116	7.4 其他结构的 a-Si:H TFT	222
4.2 PI 取向工艺	117	7.5 薄膜晶体管阵列的设计	225
4.3 ODF 工艺	123	本章小结	241
		本章习题	241



第 8 章 液晶显示器的阵列工艺技术 ...	244
8.1 阵列工艺概述	245
8.2 清洗工艺	245
8.3 溅射工艺	247
8.4 CVD 工艺	249
8.5 光刻工艺	252
8.6 干刻工艺	256
8.7 湿刻工艺	265
8.8 TFT 阵列工艺中常见缺陷	270
本章小结	273
本章习题	274
第 9 章 多种薄膜晶体管	276
9.1 多晶硅薄膜晶体管	277
9.2 氧化物薄膜晶体管	299
9.3 化合物薄膜晶体管	303
9.4 有机薄膜晶体管	305
本章小结	309
本章习题	309
第 10 章 有机发光显示原理	311
10.1 有机发光显示特点	313
10.2 有机材料的半导体性质	316
10.3 有机发光二极管的发光原理	322
10.4 有机发光二极管的器件结构	334
10.5 有机小分子发光二极管	341
10.6 聚合物发光二极管	345
本章小结	350
本章习题	351
第 11 章 有源矩阵有机发光显示技术	353
11.1 OLED 的结构和发光方式	354
11.2 AMOLED 面板的 TFT 技术	358
11.3 OLED 的驱动原理	366
11.4 全彩色 AMOLED 显示	380
本章小结	385
本章习题	385
第 12 章 新型显示技术	388
12.1 激光显示技术	389
12.2 3D 技术	394
12.3 触摸屏技术	401
12.4 电子纸技术	408
12.5 柔性显示技术	411
本章小结	413
本章习题	414
参考文献	416

第 1 章

平板显示技术简介

随着科技的发展,平板显示技术也不断推陈出新,从最开始的阴极射线管显示技术发展到现在以液晶为主流的平板显示技术,以及不久的将来再到有机发光显示技术等,都给人们的生活带来了巨大的变革,使得人们的生活更加舒适方便。通过对本章的学习,可以掌握平板显示技术的内容、种类。



教学目标

- 了解平板显示技术的定义;
- 掌握平板显示技术的种类;
- 了解平板显示技术的特点;
- 掌握平板显示技术的性能参数。



教学要求

知识要点	能力要求	相关知识
显示技术的发展	了解平板显示的发展	CRT 显示器
显示技术的种类	(1) 掌握显示技术的种类 (2) 了解各种平板显示的结构 (3) 掌握各种平板显示的原理	平板显示器
显示器的性能对比	(1) 了解各种平板显示器的性能 (2) 了解各种平板显示的用途	
显示器的性能参数	(1) 了解各种性能参数的定义 (2) 了解各种性能参数的作用	



推荐阅读资料

- [1] 高鸿锦,董友梅.液晶与平板显示技术[M].北京:北京邮电大学出版社,2007.
- [2] 谷千束.先进显示器技术[M].北京:科学出版社,2002.
- [3] 中华液晶网.<http://www.fpdisplay.com/>.



基本概念

平板显示器：Flat Panel Display，缩写为 FPD，是显示器件屏幕对角线的长度与整机厚度之比大于 4:1 的显示器。

CRT 显示器：Cathode Ray Tube，为阴极射线管，是一种利用高能量电子束轰击荧光屏发光的显示器。

1.1 显示技术的发展

在过去 10 多年里，信息技术的空前发展宣告了第三次工业革命的来临，计算机技术和计算机网络快速发展，移动电话以及电子贸易蓬勃发展，这些新通信技术的革命造就了一个“信息时代”的 21 世纪。作为信息时代的一个重要环节就是信息显示技术，显示技术在人类知识的获得和生活质量的改善方面扮演着重要的角色。显示技术是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。



引例 京东方 110 英寸全球最大尺寸的超高清显示屏亮相

2012 年 11 月 16 日，全球最大尺寸(110 英寸)UHD 级超高清显示屏亮相第十四届高交会，是我国在平板显示领域的最新突破性进展。集众多高端技术于一体：超大尺寸面板拼接曝光技术、超大尺寸先进工艺制程技术、高帧速面板设计技术、超大尺寸拼接镜像同步扫描技术、120Hz 高频驱动技术、局域动态背光技术等先进技术。具有 178°超宽视角、4 倍于 FHD 的 UHD(Ultra HD)超高清级别(分辨率高达 3840×2160)，给现场观众身临其境般的逼真视觉享受。亮度高达 1000nits，10bit 色彩技术可呈现 10.7 亿色，最大程度上还原了真实色彩，如图 1.1。该款显示屏计划在京东方 8.5 代线投产，可广泛应用于办公场所、大型数字显示屏、高端影院等处。



图 1.1 京东方 UHD 级超清显示器(京东方)

1.1.1 显示技术的飞速发展

进入 21 世纪，人们需要性能更好、更能符合未来生活需要的新一代显示技术，以迎接所谓的“4C”，即计算机(computer)、通信(communication)、消费类电子(consumer

electronics)、汽车电子(car electronics)以及“3G”(第三代手机)时代的到来。纵观移动通信设备的演变,充分展现了显示技术飞速发展的历程,如图 1.2 所示。

			
1G	2G/2.5G	3G	3G以上
有声通信	数字手机	数字通信	未来手机
通话 翻页 发、接短信	网页浏览 音乐 游戏	电影、音乐 视频会议 购物	钱包式计算机 办公设备 柔性显示

图 1.2 移动通信设备的演变

1.1.2 显示技术发展的时代

1897年,德国人布劳恩发明了第一只阴极射线管,实现了电信号到光信号的转变,称为信息显示技术的起点。因此,显示技术的发展划分为3个时代。

1. 第一代显示——CRT显示

阴极射线管(CRT)显示是第一代显示器,改变着人类的生活,辉煌了半个多世纪,现在已经十分成熟,再实现技术上的新突破非常困难。CRT显示由于体积庞大、功耗高、有辐射、无法应用到移动电话及笔记本电脑等便携式设备中等问题,生存和发展都受到平板显示技术严峻的挑战。而且,CRT显示在数字化、高分辨率、小型化、轻薄方面不如平板显示器,除了电视机和显示器外,很少涉及其他应用领域,制约了其发展。当前平板显示技术的成本也逐渐下降,CRT显示技术的唯一成本优势也变得越来越不明显。CRT与平板显示器的对比,如图1.3所示。

在20世纪80年代,拥有CRT电视是很多人的梦想。在20世纪90年代,CRT电视已变得家喻户晓;在21世纪初,孩子们已经不知道什么是CRT电视了。CRT显示器为了在发展中寻求生存,在竭力开发新的超薄型CRT,但也无法摆脱逐渐衰退的局面。目前,第一代显示已接近尾声,逐渐退出了历史的舞台。

2. 第二代显示——LCD显示

液晶显示被誉为第二代显示,具有体积小、重量轻、省电、无辐射、便于携带等优点,是现今人们最熟悉、最常见的显示器,占据平板显示市场份额的80%以上,产品范围覆盖整个应用领域,在当今时代锋芒毕露,成为平板显示领域的主流。

回顾液晶显示技术的发展历程是艰辛曲折的。1968年,第一台基于动态散射效应的液晶显示器诞生。1985年液晶显示器产业开始商业化。1986年开始,进入液晶显示器的

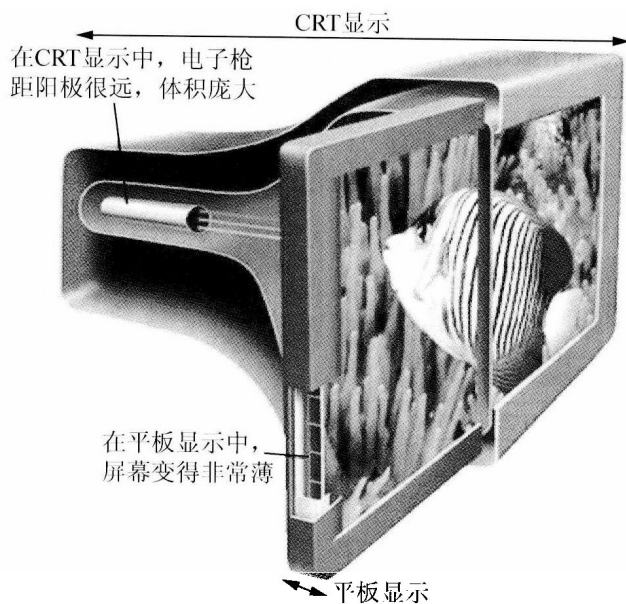


图 1.3 CRT 显示和平板显示的对比

早期发展阶段, 主要用于电子表、计算器等方面。20 世纪 80 年代末 90 年代初, STN-LCD 及 TFT-LCD 生产技术的出现使 LCD 产业进入到高速发展期, 但存在画面延时, 色彩还原不够真实, 可视角度低等缺点, 仍然生存在 CRT 显示器阴影下。2001 年以后, LCD 技术开始走向成熟发展之路, 2003 年 LCD 成本大幅下降, 响应时间提高, 扩展了 LCD 的应用。从 2004 年开始, LCD 已经开始慢慢取代 CRT 显示器成为显示设备的主流。2005 年广视角技术的应用解决了由于可视角度不同造成的色彩衰退现象。在各项技术发展的同时, 也逐渐改善了背光源技术、倍频刷新和画面插黑技术、高色域技术等。科技永远向前进步, LCD 技术的发展使人们的未来更多广阔和光明。

当前液晶显示电视最大的画面尺寸已经做到 108 英寸, 机身尺寸为 2572mm×1550mm×202mm, 分辨率为全高清 1920×1080 像素, 夏普的 ASV 液晶电视如图 1.4 所示。苹果让手机和 iPad 不断推陈出新, 在硬件上精致到了极点, 配备的仍是液晶显示屏, 在很长一段时间还将称霸市场。触控和 3D 技术的飞速发展不断吸引着人们的眼球, 如图 1.5 所示。这些都标志着液晶显示器正处在发展的兴旺阶段, 未来将还会持续很长时间的热度。

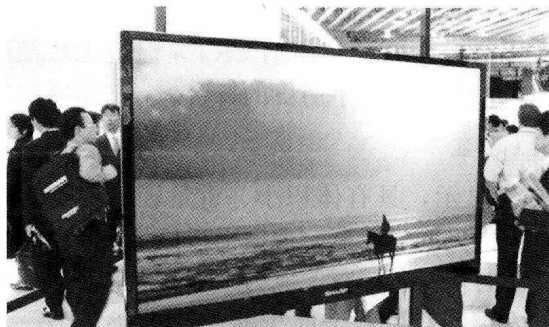


图 1.4 夏普的 108 英寸液晶电视

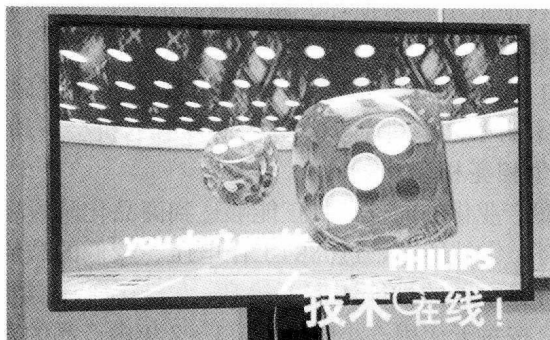


图 1.5 日商电子集团 52 英寸裸眼 3D 液晶显示器



小知识：倍频刷新与画面插黑技术

倍频刷新技术是指在原本仅有的 60Hz 画面更新率提升到了 120Hz。在提升画面更新率的同时，也要利用画面处理器来内插画面。在两幅画面中间插入一幅新画面，补充动态的不足。当前主流的面板画面更新率在每秒 120 张以上时，才能实现倍频刷新。

画面插黑技术是指在画面更新率倍增的同时，两幅画面之间插入全黑的画面，消除肉眼的视觉残留现象。

3. 新一代显示——OLED 显示

尽管液晶显示随着技术和工艺的不断成熟，已经从小屏到大屏逐步占领了所有显示设备领域。但随着新技术的不断涌现，被取代只是时间问题。有机发光显示在近几年大放异彩，在手机、平板计算机、数码相机、平板电视等产品中逐渐看到了 OLED 屏幕的身影，在新一代显示中崭露头角，被业界人士认为是最有前景的新一代显示器。

有机发光显示(Organic Light Emitting Diode, OLED)。具有自发光特性、对比度高、响应时间快、可视角度大、色彩饱和度好、超薄等特点，比液晶显示器性能更优越。像液晶显示一样，OLED 的发展由 PMOLED(Passive Matrix OLED, 无源矩阵有机发光显示)发展到 AMOLED(Active Matrix OLED, 有源矩阵有机发光显示)技术。最初应用到小型移动式设备上，随着基板尺寸的慢慢变大，开始应用到笔记本计算机、显示器以及平板电视上。当前韩国三星和 LG 分别开发出 55 英寸的 AMOLED 电视，标志着 OLED 开始走向大尺寸应用。



引例：三星的 AMOLED 手机与苹果的液晶手机 iPhone 竞争

2010 年，三星发布了 Galaxy S 系列手机，采用自己独有的 AMOLED 屏幕，具备超薄、大屏幕、高分辨率、大可视角度、高对比度、高色彩饱和度，且集触控一体化，成为苹果的液晶手机 iPhone 最强的竞争对手。

4. 未来显示——柔性显示

未来的显示是那种薄如纸可以随意折叠的显示器。不论是即将消失的 CRT，还是当今时代主流的 LCD，都属于传统的刚性显示器。而柔性显示器具有耐冲击、抗震能力更强；重量轻、体积小，携带方便；采用类似报纸印刷的卷带式工艺，成本更加低廉等优

点。试想可以卷曲、掉在地上不容易损坏、超轻的显示器，或者可以戴在手腕上像手表那样观看影像的未来显示器，是多么让人渴望。

从 2000 年开始，由于新材料、新显示技术的出现，为柔性显示的发展注入了一股强大的活力，世界许多国家为了能够进一步掌握未来发展的机会，纷纷开始了柔性电子领域的研究，很多显示样机争相亮相。

当今柔性显示还处在产业化的前夜，真正能够达到商品化阶段还有相当一段距离。面临的技术瓶颈和挑战主要有：①性能差，过高的工作电压、较低的载流子迁移率、不稳定的材料和器件特性，使得柔性显示器的性能还需要提高；②寿命低，柔性显示多采用有机材料、结构松散、产品寿命短，按每天使用 5 小时计算，1~2 年内产品的寿命就到期了，在生产和使用中也容易损坏；③生产设备不成熟，造成产品成品率低，成本和价格也相应上升，阻碍了产业化的进展；④相关高科技技术还未匹配，如柔性的衬底生产加工技术、纳米电子技术、柔性的半导体封装技术等还未成熟。整体来看，柔性显示技术的研究尚在起步阶段。



引例：三星的柔性 AMOLED

2010 年，三星发布的 4.5 英寸柔性 AMOLED 分辨率为 800×480 像素，厚度仅为 0.3mm，在弯曲的时候不会损害、也不会让图像扭曲失真，在屏幕卷曲成直径 1cm 的圆筒状时，仍能正常工作，具备目前手机屏幕所没有的耐冲击性，在观看视频时用锤子敲击数千下仍能显示。

2012 年三星发布可弯曲的柔性显示器，意味着用户手机或者平板显示屏掉在地上后也不容易损坏，如图 1.6 所示。

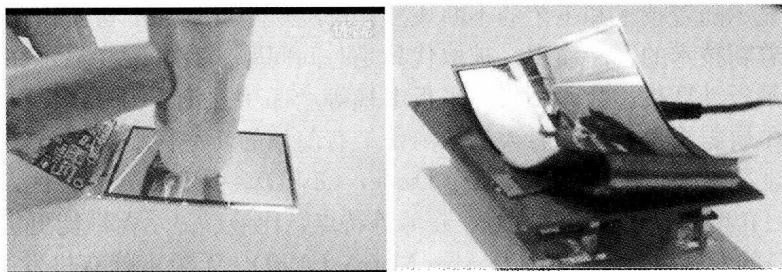


图 1.6 三星的柔性 AMOLED(zol.com.cn)

2009 年，韩国 LG 显示器开发出可穿戴式 OLED 显示器，如图 1.7 所示。画面尺寸为 4 英寸，QVGA 具有 320×240 像素，100ppi，167 万色显示，衬底基板采用 $76\mu\text{m}$ 的钢片，面板整体厚度 0.3mm，可弯曲的曲率半径为 2 英寸，重 8g。OLED 的有源矩阵驱动采用的是非晶硅 TFT。



图 1.7 韩国 LG 的可戴在手腕上的柔性 OLED

1.2 显示器的种类

显示技术研究的内容很多，主要有各种显示方式的基本原理和结构、各种发光材料发光机理的研究、各种显示器件的制造工艺、显示器件的驱动与控制技术，以及显示器件上、下游产业链中所用的各种材料。因显示器的种类不同，显示技术研究的内容也不同，本节主要介绍显示的种类、简单原理和结构。

1.2.1 显示器的分类

显示器的组成部分包括电光转换效应而形成图像的显示器件、周边电路及光学系统等三大部分。根据显示器件的不同，显示器有多种分类方法。按显示器显示图像的方式，分为投影型、空间成像型和直视型3种。按显示器的形态，分为阴极射线管显示器和平板显示器两种。按发光方式，分为主动发光型和非主动发光型两种。按是否含有源器件，分为无源矩阵和有源矩阵两种。每种显示器又包括很多种。

1. 投影型显示器

投影型显示器是用显示器显示图像后，再经光学系统放大后投影到屏幕上的一种显示器，具有大屏幕、高清晰、成本低的优势，分背投型和前投型两种。背投电视可以做到80~100英寸，前投电视可以做到200英寸。显示尺寸大幅度增大，但整机成本不用像其他平板显示那样大幅度增大。根据使用的图像源不同，投影型显示器分为CRT投影技术、LCD投影技术、DLP投影技术。

1) CRT 投影技术

CRT投影显示利用CRT和光学系统组成投影管，光线投射到屏幕上显示图像，是实现最早、应用最为广泛的一种投影技术。如三枪投影机，采用了3个投影管，把输入信号源分解成红、绿、蓝三基色，控制电子束分别打到CRT的荧光粉发光，光线投射出来，经光学透镜系统放大、汇聚、在屏幕上显示彩色图像，如图1.8所示。

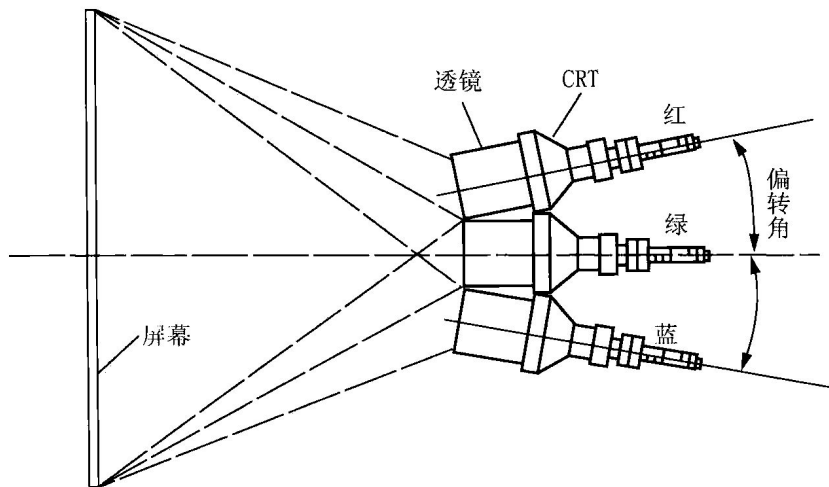


图 1.8 三枪投影机结构图

CRT 投影机由于亮度低，只适合安装在环境光较弱的场所，且机身庞大、不宜搬动，在投影方面已逐渐被 LCD 和 DLP 投影技术取代。

2) LCD 投影技术

LCD 投影技术利用液晶的电光效应改变液晶分子在电场下的排列状态，从而影响液晶像素单元的透光率和反射率，产生不同灰度级及颜色数的图像，主要有液晶板投影机、液晶光阀投影机和反射式液晶投影技术。

液晶板投影机利用液晶面板作为成像器件，并用电寻址的投影技术。液晶光阀投影机利用 CRT 光和液晶光阀作为成像器件，并用光寻址的投影技术。二者都是利用了液晶的透射特性。以三片式液晶面板投影机说明透射式投影原理。首先，利用光学系统把强光通过分光镜形成 RGB 三束光，分别透射过 RGB 三色液晶屏；接着，信号源调制液晶屏，通过控制液晶单元的透光或阻断来控制光路；然后，经过三片液晶屏的光线在棱镜中汇聚，由投影镜头投射到屏幕上实现彩色显示，如图 1.9 所示。目前三片式是液晶投影机的主要机型。

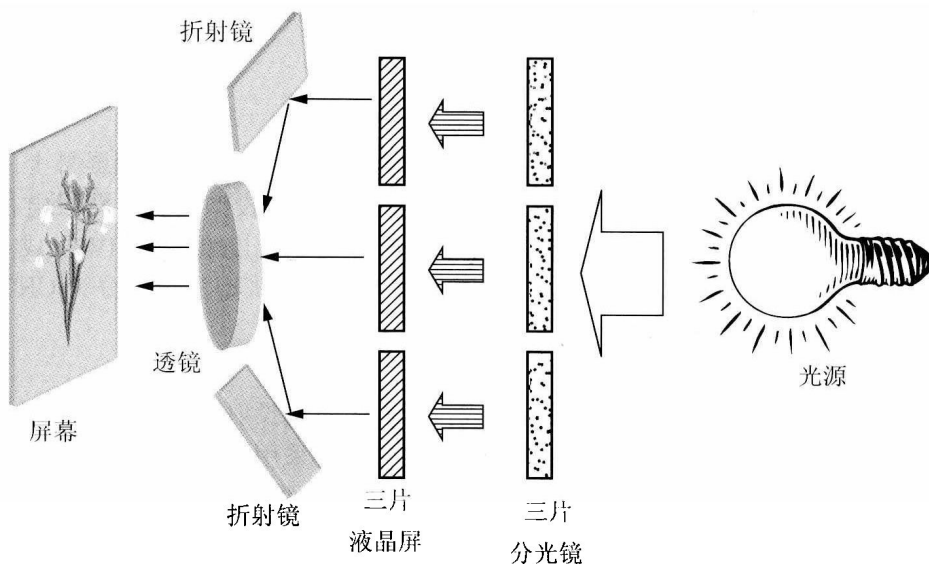


图 1.9 三片式 LCD 投影显示原理

反射式液晶投影技术是利用液晶的反射特性，用 LCOS 面板调变由光源发出来的光线，反射后投入到屏幕上的一种投影显示技术。与前两种不同的是不再利用光源穿过 LCD 来调控光线，而是利用了 LCOS 的反射进行调控光线。LCOS 是 Liquid Crystal On Silicon 的缩写，是在半导体硅上的液晶显示。LCOS 的优点是可大幅度降低成本，具有高清晰度。与一般的 TFT LCD 面板不同的是，TFT LCD 的上下基板都是玻璃，而 LCOS 面板的上基板是玻璃，下基板是半导体硅材料，实际上是 LCD 与半导体工艺的结合。

3) DLP 投影技术

DLP 投影技术 (Digital Light Processing technology) 是数字光处理器将表面数字微晶装置作为反射镜，将图像投影到屏幕上的一种投影显示技术，如图 1.10 所示。数字光处理器由光源、镜头、色轮、DMD 组成。表面数字微晶装置 (Digital Micromirror Device, DMD)，上面带有数万只非常微小的可动镜片，取代传统液晶投影机中的液晶面板，负责呈现图像。色轮是 DLP 的色彩来源，采用红、绿、蓝三原色或者采用红、绿、蓝、白四色混色后显示各种

色彩。DLP 投影技术原理是根据电流控制 DMD 上的微小镜片的角度，光源的光线经色轮混色后照射到 DMD 上，被反射，经镜头合成需要的图像呈现在屏幕上。

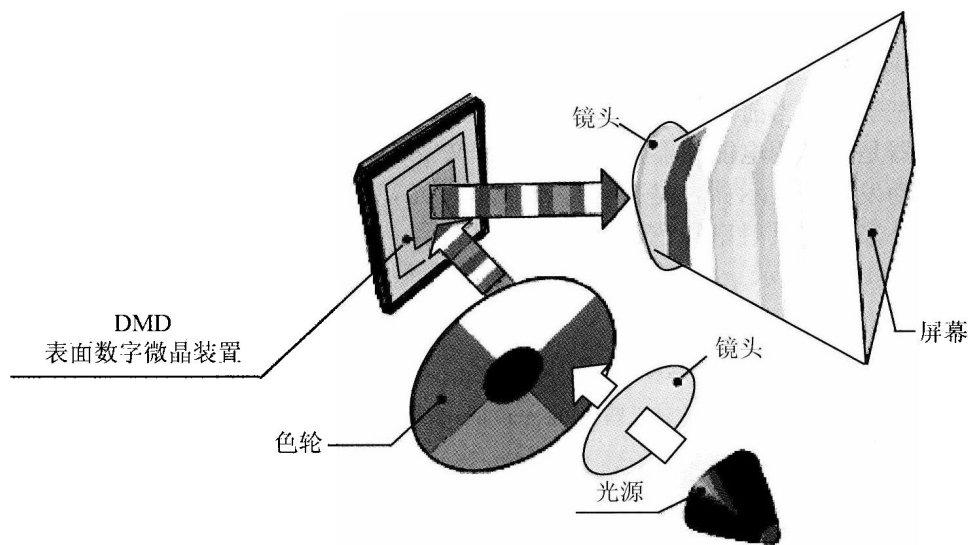


图 1.10 DLP 投影技术原理

2. 空间成像型显示器

空间成像型显示器是空间虚拟图像，也是投影显示的一种，代表技术是头盔显示器 (Head Mounted Display, HMD) 和全息显示器。头盔显示器是虚拟现实系统中重要的视觉设备，由两个显示器和位置跟踪器组成。显示原理为：①两个彩色液晶显示器与计算机相连，由程序控制输出不同的图像，并根据人眼的视差原理组合成可在人脑中产生的三维立体图像；②位置跟踪器能够跟踪头部移动，获得头部 6 个自由度的移动信号并将这些动态信号输入计算机，计算机根据头部位置和移动方向的变化能及时匹配并输出相应的图像。

头盔显示器能模拟不同观察角度的真实景象，还能屏蔽来自真实世界的干扰光线，能感受到真实的视觉效果，如图 1.11 所示。

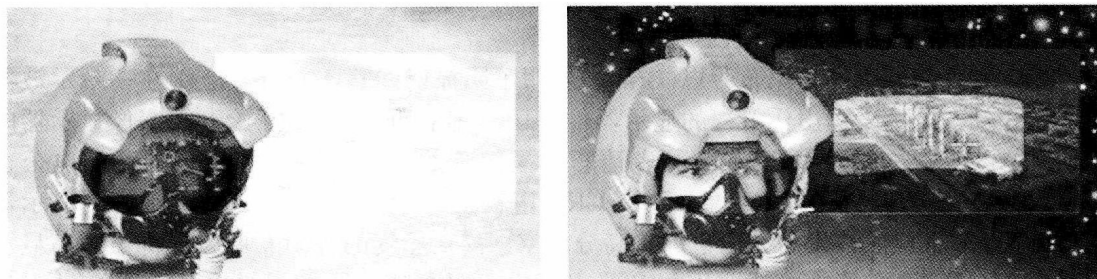


图 1.11 头盔显示器(www.chinaqking.com)



小提示：头盔显示器可以为飞行员安上慧眼

2007 年，视觉系统国际公司设计的头盔显示器系统在 F-35 战机上进行了首次飞行实验。飞行员的