



全国高等职业教育“十二五”规划教材
中国电子教育学会推荐教材
全国高等职业院校规划教材·精品与示范系列

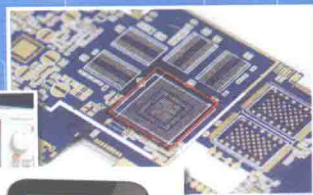
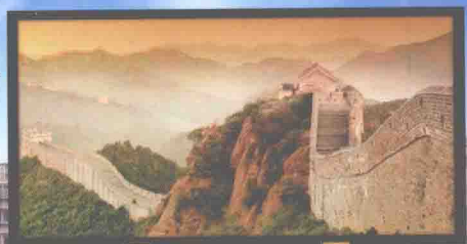
院级精品课
配套教材

平板显示技术

◎ 谢莉 主编

◎ 陈刚 副主编 ◎ 王钧铭 主审

- 平板显示器件种类与主要参数
- 显示光学基础 • 液晶显示器
- 等离子体显示器
- 有机发光二极管显示
- 发光二极管显示
- 场发射显示器 • 场离子显示器
- 真空荧光显示 (VFD)



今日努力, 将成就明日梦想, 加油!

- ◆ 根据快速发展的平板显示技术行业的技能需求来设置课程内容
- ◆ 在国家示范专业建设课程改革成果基础上, 与企业技术人员共同编写
- ◆ 采用理实一体化教学, 注重知识的实用性, 有利于就业与职业发展
- ◆ 配有免费的电子教学课件、思考题参考答案, 详见前言

中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

全国高等职业教育“十二五”规划教材
中国电子教育学会推荐教材
全国高等职业院校规划教材·精品与示范系列

院级精品课
配套教材

平板显示技术

谢 莉 主 编
陈 刚 副主编
王钧铭 主 审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

平板显示技术作为新型产业技术,近年来取得了飞速发展。本书根据教育部最新的职业教育教学改革要求,结合国家职业院校骨干专业课程建设成果及行业企业职业岗位技能需求编写而成,主要介绍主流显示器件,如液晶显示器(LCD)、等离子体显示器(PDP)、发光二极管显示器(LED),以及具有发展前景的有机发光二极管显示器(OLED)和场发射显示器(FED),如场离子显示(FID)和真空荧光显示(VFD)等,内容丰富全面,讲解侧重于器件的结构、工作原理、主要工艺及驱动原理等。

本书既可作为高等职业院校电子信息类、通信类、自动化类、机电类等专业的教材,也可作为开放大学、成人教育、自学考试、中职学校和培训班的教材,以及显示器领域技术人员的参考书。

本书配有电子教学课件、习题参考答案及精品课网站等,详见前言。

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。

图书在版编目(CIP)数据

平板显示技术/谢莉主编. —北京:电子工业出版社,2015.2

全国高等职业院校规划教材.精品与示范系列

ISBN 978-7-121-25334-8

I. ①平… II. ①谢… III. ①平板显示器件—高等职业教育—教材 IV. ①TN873

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第310179号

策划编辑:陈健德(E-mail: chenjd@phei.com.cn)

责任编辑:谭丽莎

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:12.5 字数:320千字

版 次:2015年2月第1版

印 次:2015年2月第1次印刷

定 价:35.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言



人们天生喜爱图像，通过作为人机界面的显示器，人们可以获得大量的图文信息，还可以借助显示器进行各种交流，进而通过交流参与许多社会活动，享受生活乐趣。在信息社会飞速发展的今天，显示器行业充满活力，并已成为世界电子信息工业的一大支柱产业。

在众多的显示器中，液晶显示器一枝独秀地立于平板显示领域，并将在相当长一段时间内处于平板显示器的霸主地位，但其他显示器件也不甘落后，如发光二极管显示器(LED)以其独特的优势，在大屏幕显示中占据优势，而有机发光二极管显示器(OLED)也在加紧研制过程中，经过近二三十年的发展，显示器件作为信息产业的重要组成，正加速推进平板化进程。21 世纪的电子显示的舞台将是平面显示技术的春天。随着平面显示技术的飞速发展，行业企业需要大量的专业技能人才，因此高等职业院校开设了相应的专业课程。

本书根据教育部最新的职业教育教学改革要求，结合国家职业院校骨干专业课程建设成果及行业企业职业岗位技能需求编写而成。全书分为 7 章，第 1 章介绍显示技术和显示光学技术的基础知识，为后续章节的学习打好基础，第 2 章到第 7 章分别介绍液晶显示器、等离子体显示器、有机发光二极管显示、发光二极管显示、场发射显示器、场离子显示器和真空荧光显示技术。

本书由南京信息职业技术学院谢莉副教授主编，王钧铭教授主审。其中第 1 章由南京信息职业技术学院陈刚编写，第 2~4 章、第 6~7 章由南京信息职业技术学院谢莉编写，第 5 章由常州裕成光电有限公司葛海涛编写。本书在编写过程中得到了清华大学高鸿锦教授、南京平板显示协会薛文进会长的大力支持，同时也得到了南京中电熊猫液晶显示科技有限公司的帮助，在此一并表示感谢。

受编者的学识和水平所限，书中难免有不少错误和疏漏，恳请读者批评指正。

为方便教学，本书配有免费的电子教学课件、习题参考答案，请有需要的教师登录华信教育资源网(<http://www.hxedu.com.cn>)免费注册后进行下载，如有问题请在网站留言或与电子工业出版社联系(E-mail:hxedu@phei.com.cn)。

编 者



目 录



| | |
|------------------------------|------|
| 第 1 章 显示技术与显示光学基础 | (1) |
| 1.1 平板显示器件的种类与主要参数 | (1) |
| 1.1.1 显示器件的发展历史 | (1) |
| 1.1.2 显示器件的种类及特点 | (3) |
| 1.1.3 显示器件的主要参数 | (6) |
| 1.1.4 主要显示器的用途与市场比较 | (9) |
| 1.2 显示光学基础 | (11) |
| 1.2.1 视觉光学基础 | (11) |
| 1.2.2 光度学基础 | (15) |
| 1.2.3 色度学基础 | (21) |
| 1.2.4 显示器发光基础 | (29) |
| 思考与练习题 1 | (31) |
| 第 2 章 液晶显示器 | (32) |
| 2.1 液晶的基本概念 | (32) |
| 2.1.1 液晶发展简史 | (32) |
| 2.1.2 液晶的分类 | (33) |
| 2.2 液晶用于显示的性能 | (37) |
| 2.2.1 液晶的物理特性及其测定方法 | (37) |
| 2.2.2 液晶的光学性质 | (47) |
| 2.3 LCD 的电气光学效应及其分子排列 | (49) |
| 2.3.1 液晶的电气光学效应及各种显示方式 | (49) |
| 2.3.2 液晶显示器的基本结构 | (50) |
| 2.3.3 液晶分子的排列及实现方法 | (50) |
| 2.4 各种类型的液晶显示器 | (52) |
| 2.4.1 扭曲向列型 (TN-LCD) | (52) |
| 2.4.2 超扭曲向列型 (STN-LCD) | (54) |
| 2.4.3 铁电型 (FLC) | (56) |
| 2.4.4 反铁电型 (AFLC) | (60) |
| 2.4.5 宾—主型 (GH-LCD) | (62) |
| 2.4.6 电控双折射型 | (63) |
| 2.4.7 高分子分散型 | (66) |
| 2.4.8 彩色 LCD 的各种显示方式 | (68) |

| | | |
|--------------|-----------------------|-------------|
| 2.5 | LCD 的驱动方式 | (71) |
| 2.5.1 | 普通点阵液晶显示器件的静态驱动技术 | (73) |
| 2.5.2 | 普通点阵液晶显示器件的动态驱动技术 | (74) |
| 2.5.3 | 灰度显示法 | (78) |
| 2.6 | 有源矩阵液晶显示器件 (AM-LCD) | (79) |
| 2.6.1 | 二端有源器件 | (80) |
| 2.6.2 | 三端有源器件 | (81) |
| 2.7 | LCD 的宽视角技术 | (83) |
| | 思考与练习题 2 | (91) |
| 第 3 章 | 等离子体显示器 | (92) |
| 3.1 | PDP 的分类与特点 | (92) |
| 3.1.1 | PDP 的定义与分类 | (92) |
| 3.1.2 | PDP 的发展史 | (93) |
| 3.1.3 | PDP 的特点 | (97) |
| 3.2 | 气体放电的物理基础 | (98) |
| 3.2.1 | 气体放电的伏安特性 | (98) |
| 3.2.2 | 辉光放电的发光空间分布 | (99) |
| 3.2.3 | 帕邢定律及影响着火电压的因素 | (101) |
| 3.3 | 彩色 AC-PDP | (102) |
| 3.3.1 | PDP 的结构 | (102) |
| 3.3.2 | PDP 的放电气体和三基色荧光粉 | (103) |
| 3.3.3 | PDP 发光机理 | (105) |
| 3.3.4 | PDP 的壁电荷和存储特性 | (107) |
| 3.3.5 | PDP 的工作原理 | (108) |
| 3.3.6 | 壁电荷的擦除方式 | (109) |
| 3.3.7 | PDP 的寿命 | (110) |
| 3.4 | PDP 的驱动和多灰度级实现方法 | (111) |
| 3.4.1 | PDP 的 ADS 驱动原理 | (111) |
| 3.4.2 | 多灰度级的实现方法 | (113) |
| 3.5 | 彩色 AC-PDP 的制造材料和工艺 | (114) |
| 3.5.1 | 彩色 AC-PDP 的主要部件及其制作材料 | (115) |
| 3.5.2 | 丝网印刷技术和光刻技术 | (117) |
| 3.5.3 | 前基板的关键制造工艺 | (119) |
| 3.5.4 | 后基板的关键制造工艺 | (121) |
| 3.5.5 | 总装工艺 | (124) |
| 3.6 | PDP 的应用及展望 | (125) |
| 3.6.1 | PDP 面临的挑战 | (125) |
| 3.6.2 | PDP 的应用领域 | (126) |

| | |
|------------------------|-------|
| 3.6.3 展望 | (127) |
| 思考与练习题 3 | (127) |
| 第 4 章 有机发光二极管显示 | (128) |
| 4.1 有机发光二极管的显示原理与分类 | (128) |
| 4.1.1 有机发光二极管的发展 | (128) |
| 4.1.2 有机发光二极管的显示原理 | (130) |
| 4.1.3 有机发光二极管的分类 | (132) |
| 4.2 有机发光二极管制备工艺 | (132) |
| 4.2.1 基片清洗 | (133) |
| 4.2.2 表面预处理 | (134) |
| 4.2.3 阴极隔离柱技术 | (136) |
| 4.2.4 有机薄膜或金属电极的制备 | (136) |
| 4.2.5 彩色化技术 | (137) |
| 4.2.6 OLED 器件封装技术 | (138) |
| 4.2.7 OLED 器件的寿命和稳定性 | (139) |
| 4.3 有机发光二极管显示驱动技术 | (141) |
| 4.3.1 静态驱动器原理 | (141) |
| 4.3.2 动态驱动器原理 | (143) |
| 4.3.3 带灰度控制的显示 | (145) |
| 思考与练习题 4 | (146) |
| 第 5 章 发光二极管显示 | (147) |
| 5.1 发光二极管的概念及半导体基础 | (147) |
| 5.1.1 发光二极管的概念 | (147) |
| 5.1.2 能带 | (148) |
| 5.1.3 p-n 结 | (151) |
| 5.1.4 复合理论 | (154) |
| 5.2 p-n 结注入发光 | (156) |
| 5.2.1 同质 p-n 结 | (156) |
| 5.2.2 异质结 | (157) |
| 5.3 发光二极管的发光效率与提高方法 | (158) |
| 5.3.1 发光效率 | (158) |
| 5.3.2 如何提高 LED 的发光效率 | (158) |
| 5.4 发光二极管的主要制造工艺 | (160) |
| 5.4.1 单晶制作技术 | (160) |
| 5.4.2 外延生长技术 | (161) |
| 5.4.3 扩散技术 | (164) |
| 5.5 发光二极管的材料 | (164) |
| 5.5.1 二元合金 | (164) |

| | | |
|--------------|----------------------|--------------|
| 5.5.2 | 三元合金 | (165) |
| 5.5.3 | 四元合金 | (166) |
| 5.5.4 | 蓝色 LED 材料 | (166) |
| | 思考与练习题 5 | (167) |
| 第 6 章 | 场发射显示器和场离子显示器 | (168) |
| 6.1 | 场发射显示器的显示原理与关键工艺 | (168) |
| 6.1.1 | FED 显示原理 | (168) |
| 6.1.2 | 场致发射电流的不稳定性和不均匀性 | (169) |
| 6.1.3 | FED 平板显示器的构成 | (170) |
| 6.1.4 | FED 关键工艺技术材料 | (171) |
| 6.2 | 场离子显示器的工作原理与优点 | (174) |
| 6.2.1 | 场离子发射原理 | (174) |
| 6.2.2 | FID 的结构和工作原理 | (177) |
| 6.2.3 | FID 的优点及发展前景 | (178) |
| | 思考与练习题 6 | (179) |
| 第 7 章 | 真空荧光显示 (VFD) | (180) |
| 7.1 | VFD 的结构与工作原理 | (181) |
| 7.1.1 | VFD 的结构 | (181) |
| 7.1.2 | 工作原理 | (182) |
| 7.2 | VFD 的电学和光学特性 | (182) |
| 7.2.1 | 电压电流二极管特性 | (182) |
| 7.2.2 | 电气及光学特性 | (183) |
| 7.2.3 | 截止特性 | (183) |
| 7.3 | VFD 的构成材料 | (183) |
| 7.3.1 | 玻璃 | (184) |
| 7.3.2 | 阴极材料 | (184) |
| 7.3.3 | 金属材料 | (184) |
| 7.3.4 | 厚膜材料 | (184) |
| 7.3.5 | 荧光粉 | (184) |
| 7.4 | VFD 的驱动 | (186) |
| 7.4.1 | 静态驱动 | (186) |
| 7.4.2 | 动态驱动 | (186) |
| 7.4.3 | 矩阵驱动 | (187) |
| 7.5 | VFD 的制造工艺 | (188) |
| 7.6 | VFD 的基本设计 | (189) |
| | 思考与练习题 7 | (190) |



第1章 显示技术与显示

光学基础

1.1 平板显示器件的种类与主要参数

1.1.1 显示器件的发展历史

研究表明,在人的各种感觉器官从外界获得的信息中,视觉信息占60%,听觉信息占20%,触觉信息占15%,味觉信息占3%,嗅觉信息占2%,近2/3的信息是通过眼睛获得的,由此也就促进人们对显示技术的研究开发,从而使得图像显示成为显示中最重要的方式。

1897年,德国的K. F. 布劳恩发明了阴极射线管,用于在测量仪器上显示快速变化的电信号。第二次世界大战期间,它又被用来显示雷达信号。战后,电视技术的发展成为显示技术发展的重要基础。20世纪50年代初期,电子束管开始用于计算机的输出显示。50年代初期制成了电致发光显示器件,用于探索交、直流粉末型和交、直流薄膜等显示技术,并逐步提高了亮度和发光效率。20世纪60年代制成了液晶显示器件。这一时期还出现了等离子体显示和发光二极管显示,并对电致变色显示和电泳显示等进行了研究。激光器出现以后,激光在显示上的应用受到重视,产生了全息显示。为了军事指挥中心的需要,人们研制出了多种大屏幕显示设备。20世纪70年代初期,微型计算机的出现和大规模集成电路技术的发展,使显示设备的处理部件得到重大改进,显示软件也得到相应的发展。因此,以电子束管为基础的图形、图像、彩色显示设备的应用进入一个新的发展时期。

20世纪,阴极射线管(CRT)由于很低的价格、无可匹敌的性价比、高亮度和高对比度,非常好的发光效率(10 lm/W)、强大的颜色显示性能、非常长的使用寿命(可达10万小时),

平板显示技术



极快的响应速度等优势，在图像显示器件中占了绝对统治地位，如电视机显示器等绝大多数都采用 CRT。与此同时，平板显示器也在迅速发展，其中液晶显示器以其大幅度改善的质量、持续下降的价格、低辐射量等优势在中小屏幕显示中开始代替 CRT。而另一种适合大屏幕的显示器件——等离子显示器（PDP），也逐渐发展并且商品化。

近十年，显示器件的研究制造开始进入人类社会文化活动的中心，并且在技术和商业上取得了重大进展。人类在现代生活中追求轻、薄且具有便携性能的显示器件，以便随时随地获取信息。由于 CRT 大尺寸带来的大体积和质量让人无法接受，且屏内有光散射，图像有闪烁，最大的显示尺寸被限制在 114 cm，无数字寻址，图像有畸变，应用电压很高（2 万伏左右），彩色分辨率有限，因此各种各样的平板显示技术被广泛地应用于多种不适合 CRT 技术的场合。随着各类平板显示器件的相互竞争，使得平板显示技术迅速成长，导致 CRT 市场迅速萎缩（如图 1-1 所示），同时显示市场又在不断寻求新的显示技术。平板显示技术中实现商品化的主流产品只有 LCD 和 PDP。时下这些热门的平板显示器又遇到了新的显示器件，如 OLED、FED 和柔性显示器件的挑战，而这些新的显示器件又有可能取代 LCD、PDP，就如 LCD、PDP 取代 CRT 那样。但是，很难预计今后数年这些新的显示器件在市场上是获得成功还是以失败告终。但可以预计直到 2016 年，LCD 在平板显示世界中的主导地位不会发生改变，因为目前没有任何平板显示技术可以挑战 LCD 技术。2016 年以后，在电子纸、柔性显示和印刷显示领域中将会产生新的技术突破。

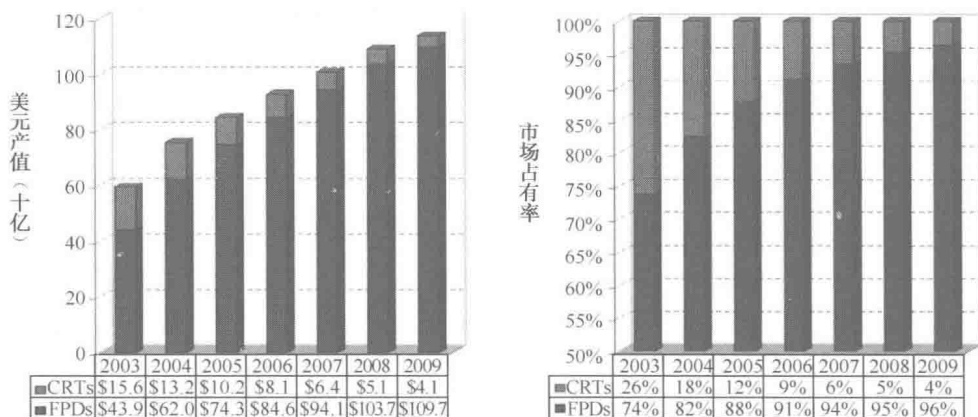


图 1-1 CRT 与平板显示器的对比

信息时代的一个重要环节就是信息显示技术，它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。电子显示产业是信息产业的重要组成部分，全球 2005 年显示产品销售总额约为 720 亿美元，到 2010 年达到 1 000 亿美元。平板显示产业作为新兴产业，目前正步入快速发展期。

完整的显示器一般由因电光转换效应而形成图像的显示器件、周边电路、光学系统等部件组成。显示器件为核心，包括：

- ① 各种显示方式的基本原理和结构；
- ② 各种发光材料发光机理的研究；
- ③ 各种显示器的制作工艺；



④ 显示器件上、下游产业链中所用各种材料的选择。
 周边电路的技术重点是：显示器件的驱动与控制技术。
 光学系统的技术重点是：辅助光学系统的设计与制作。
 本书以显示器件为重点内容进行讲解。

1.1.2 显示器件的种类及特点

显示器件的分类方法有多种，通常按器件技术分为直视型、投影型及空间成像型，如图 1-2 所示；按显示器的形态可分为阴极射线管显示器（Cathode Ray Tube, CRT）和平板显示器（Flat Panel Display, FPD）。平板显示器没有电子束管，作为大屏幕显示时不存在投射距离问题，因此是一种比较理想的显示器。由于它多采用矩阵控制，所以又叫作矩阵控制平板显示或简称为矩阵显示。它所控制的显示材料有场致发光材料、发光二极管、等离子、液晶等。

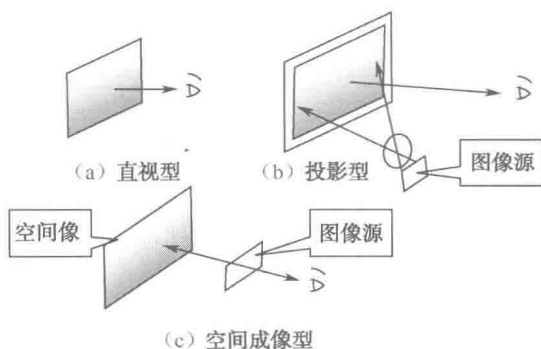


图 1-2 显示器按技术分类

直视型显示器是目前显示器的主流。按屏是否主动发光，显示器分为主动发光型和非主动发光型两大类。主动发光型显示是指利用电能使器件发光，显示文字和图像的显示技术。非主动发光型显示是指器件本身不发光，用电路控制它对外来光的反射率和透射率，借助于太阳光或照明光实现显示的显示技术。图 1-3 中列出了已产业化和具有发展前景的电子显示器件。除了传统的阴极射线管（CRT）显示器外，其他显示器件都是平板显示器（FPD）。



图 1-3 显示器件分类



投影型显示器是大屏幕、高清晰的一种显示器件，可分为背投和正投两种。

现在流行的背投可以分为三种，第一种叫作液晶（LCD）式背投，第二种叫作 DLP 背投，第三种叫作 LCoS 背投。其基本的原理都是通过物理透镜组的组合，把图像用投影的方式投射到屏幕的背部，这样就可以实现画面的重现。

液晶式背投（如图 1-4 所示）的原理是采用一块精度相当高的液晶显示片，用幻灯机般的架构把图像透射出来，属于穿透式成像。而另外一种比较流行的 DLP 架构（如图 1-5 所示），来自于美国德州仪器公司，由它所开发的数字微反射器件——DMD 组件是 DLP 的核心部件，DMD 上面集成了多个微型的可活动镜片，用于反射灯光。正常来说，一个具备 800×600 清晰度的 DMD 组件，里面容纳的可动镜片就有 480 000 个可活动镜片，这些镜片负责把带有颜色信号的光投射出来，经过物镜组打到屏幕上，形成图像。这种 DMD 组件采用的是反射式投影系统，因此其亮度、对比度都超越了穿透式液晶系统，画质上有了大大的提高。

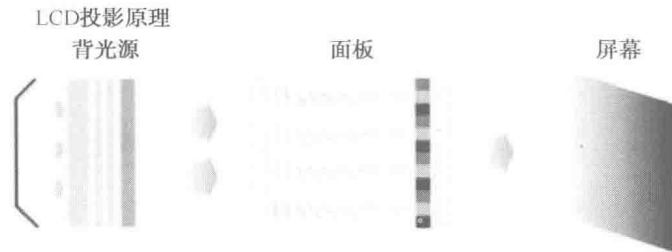


图 1-4 LCD 投影原理

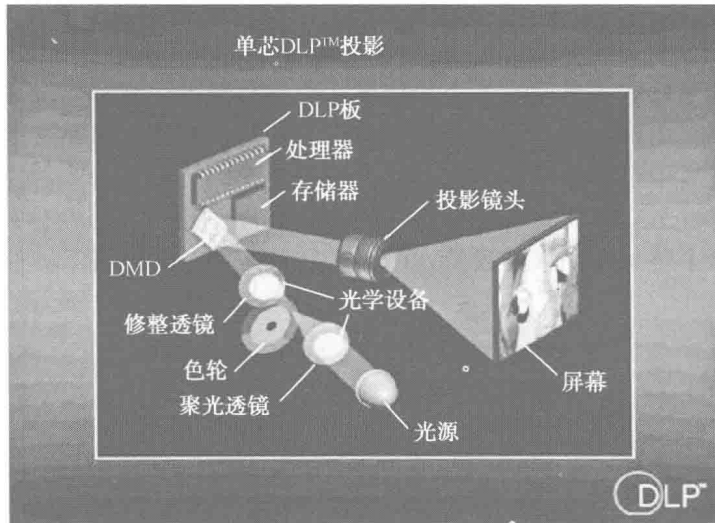


图 1-5 DLP 投影原理

LCoS（如图 1-6 所示）采用了非常相似的思想。和 DMD 一样，LCoS 器件非常小，大多数不足 6.45 cm^2 。这两种技术都采用了反射的方法，即通过器件把来自光源的光线反射到用于聚光和成像的透镜或棱镜上。但是，LCoS 不是通过微小反射镜的打开和关闭控制光的，而是使用液晶来控制反射光的数量的。

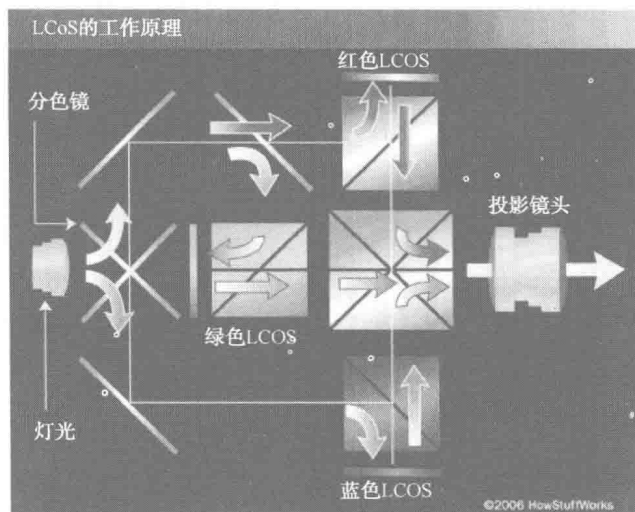


图 1-6 LCoS 投影原理

正投基本上与背投差不多，除了有 LCD、LCoS 和 DLP 以外，它还使用了在背投界短暂出现过的 CRT 投影。这个技术也叫作三枪投影技术，它是采用超高亮度 CRT 制作而成的投影系统，图像来源于三个非常小而且精密的 CRT 显像管（如图 1-7 所示）。这三个显像管采用了独立的三原色重现架构，把红、绿、蓝三个电子三原色信号分别分配到三组显像管上扫描形成高亮图像，这种显像管经过特殊处理，其输出的亮度是正常电视机亮度的好几倍，因此不能够用人眼直接观看。显示器发出的高亮图像信号经过透镜组的折射，投射到屏幕上形成图像。CRT 投影由于造价过高，在背投上得不到很大的应用，所以昙花一现般的在背投界消失了。

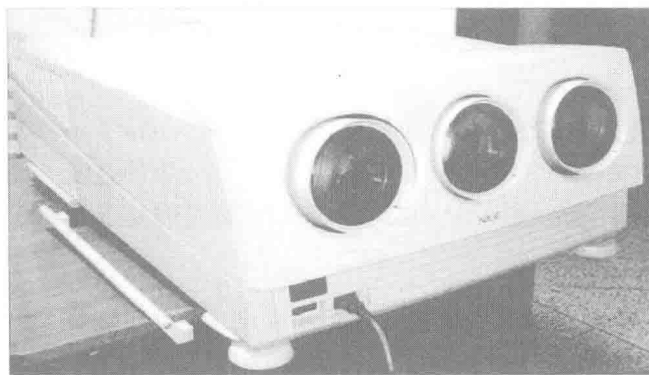


图 1-7 CRT 投影机

空间成像型显示器是空间虚拟图像，也是投影的一种，其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（如图 1-8 所示）是虚拟现实系统中重要的视觉设备，它的核心部件是两个显示器和位置跟踪器。头盔显示器可屏蔽来自真实世界的干扰光线，佩戴了头盔显示器之后，人能感觉到真实的视觉效果。头盔显示



器内置了两个能与计算机相连的 LCD 或 CRT 小型彩色液晶显示器, 由计算机程序控制输出不同的图像。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。头盔显示器中的位置跟踪器能够跟踪头部移动, 能够获得头部 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, 从而使头盔显示器能模拟不同观察角度的真实景象。



图 1-8 头盔显示器

1.1.3 显示器件的主要参数

由于显示器件可用来重现图像图形、显示信号波形和参数, 因此对显示器件来说最重要的是显示彩色图像的质量。下面介绍与表征所显示的图像质量有关的主要参数。

1. 辉度和亮度 (L ——单位: 坎得拉每平方米, 即 cd/m^2)

辉度用于评价主动发光型显示器件的发光强度; 亮度一般用于评价非主动发光型显示器件。

对显示器画面辉度或亮度的要求与环境光强度有关。下面看一下显示器的亮度或辉度应为多少才合适。

首先, 在电影院中, 电影的亮度 (或辉度) 为 $30\sim 45 \text{ cd}/\text{m}^2$; 其次, 在室内看电视, 显示器的亮度 (或辉度) $>70 \text{ cd}/\text{m}^2$; 最后, 在室外看画面, 显示器的亮度 (或辉度) $\approx 300 \text{ cd}/\text{m}^2$ 。

因此可以得出结论: 高质量的显示器画面亮度或辉度的要求为 $300 \text{ cd}/\text{m}^2$ 左右。

2. 对比度 C 和灰度

(1) 对比度 C 是指画面最大亮度 L_{\max} 和最小亮度 L_{\min} 之比, 即

$$C = \frac{L_{\max}}{L_{\min}}$$

对比度分亮场对比度和暗场对比度。暗场对比度是在全黑环境下测得的, 亮场对比度是在有一定环境光的条件下测得的。对比度与测试方法有很大关系。

电视机或显示器的对比度是在对比度和亮度控制正常位置, 在同一幅图像中, 显示图像最亮部分的亮度与最暗部分之比。对比度越高, 图像的层次越多, 清晰度越高。

在《数字电视液晶显示器通用规范》(SJ/T 11343—2006) 中规定:



LCDTV 的对比度值 $\geq 150 : 1$;

PDP、CRT 的对比度值 $\geq 150 : 1$ 。

在普通观察环境下，好的图像显示要求显示器的对比度至少要大于 $30 : 1$ 。

应注意的是，有时报道中提出的显示器件的对比度达到数百或更高，是指在没有环境光的暗室中测试的数据。因此在有环境光的情况下，有

$$C = \frac{L_{\max} + L_{\text{外}}}{L_{\min} + L_{\text{外}}}$$

$L_{\text{外}}$ ——指环境光照到显示屏上产生的亮度。

(2) 灰度是指图像的黑白亮度之间的一系列过渡层次。

灰度与图像的对比度的对数成正比，并受图像最大对比度的限制。日常生活中，一般图像的对比度不超过 100。为了使图像显示得更丰富，更有层次感，图像更柔和，人们在黑白亮度之间划分出了若干灰度等级。而在彩色显示时，灰度等级表示各基色的等级。在现代显示技术中，通常用 2 的整数次幂来划分灰度级。例如，人们将灰度分为 256 级（用 0~255 表示），它正好占据了 8 bit 的计算机空间。因此，256 级灰度又称为 8 bit 灰度级。全彩色显示时是 1 670 万色。

3. 分辨率

分辨率是指能够分辨出电视图像的最小细节的能力，是人眼观察图像清晰程度的标志，通常用屏面上能够分辨出的明暗交替线条的总数来表示。而对于用矩阵显示的平板显示器而言，常用电极数目表示其分辨力。普通电视图像要求扫描行电极数为 600；高清晰度电视图像要求行扫描行电极数 $N > 1\,000$ 。具有高分辨率、高亮度和高对比度的图像才是高清晰度的图像。分辨率一般用表 1-1 中的标准表示。

表 1-1 各种显示器分辨率标准

| | 标 准 | 分 辨 率 |
|--------|--------|-------------|
| 计算机显示器 | QVGA | 320×240 |
| | VGA | 640×480 |
| | SVGA | 800×600 |
| | XGA | 1 024×768 |
| | SXGA | 1 280×1 024 |
| | UXGA | 1 600×1 200 |
| | QXGA | 2 048×1 536 |
| 电视显示器 | NTSC | 720×480 |
| | 高清电视 | 1 920×1 035 |
| | 美国 ATV | 1 920×1 080 |
| | UDTV-1 | 3 840×2 160 |

4. 响应时间

响应时间是指显示器各像素点在激励信号作用下，亮度由暗变亮和由亮变暗的全过程



所需的时间，响应时间等于上升时间与下降时间之和。如图 1-9 所示，图像亮度从 10% 上升到 90% 所需的时间为上升时间；图像亮度从 90% 下降到 10% 所需的时间为下降时间。

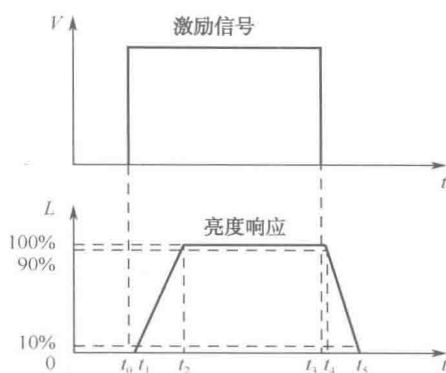


图 1-9 响应时间的表示

显示器件中，一个像素的响应速度与显示画面整体的响应速度不一定一样。一般使用比较实用的方法，即用画面整体的响应速度来表示。

在电视图像显示中要求响应时间 $t < 1/30 \text{ s}$ ($\approx 33 \text{ ms}$)。电子显示器件中主动显示器的响应时间较短 ($< 0.1 \text{ ms}$)，而非主动显示器的响应时间 ($10 \sim 500 \text{ ms}$) 要长得多。

5. 显示色

显示色为主动发光型显示器件所发光的颜色，非主动发光型显示器透射或反射光的颜色称为显示色。

显示色根据显示原理和显示材料不同，可分为黑白、单色、多色和全彩色四大类。

对于日常生活中需要的电视显示技术，可以做到全色显示的有：阴极射线管显示器 (CRT)、液晶显示器 (LCD)、等离子显示器 (PDP) 和发光二极管显示器 (LED)。

6. 发光效率

发光效率是指发光显示器件所发出的光通量与器件所消耗的功率之比，单位为流明每瓦 (lm/W)。

发光效率高说明功耗 (相对而言) 小，特别是对于手提显示器来说就更重要了。目前手提电脑使用的液晶 (LCD) 屏，主要是其微小的功耗 ($\mu\text{w}/\text{cm}^2$) 起了主要的作用。

表 1-2 简单地给出了各种显示器的发光效率数据，以便进行比较。

表 1-2 各种显示器的发光效率比较

| 名称 | 发光效率 | 备注 |
|-------------------|------------------------------|-----------|
| 真空荧光管显示器 (VFD) | 最高 $\approx 10 \text{ lm/W}$ | |
| 发光二极管显示器 (LED) | $1 \sim 4 \text{ lm/W}$ | 材料不同，效率不同 |
| 有机发光二极管显示器 (OLED) | 15 lm/W | |
| 等离子显示器 (PDP) | 1 lm/W | |
| 其他 | 0.1 lm/W | |



7. 工作电压和消耗电流

(1) 工作电压——驱动显示器件（进行显示）所要施加的电压（V）。

(2) 消耗电流——驱动时所流过的电流（A）。

两者的乘积为消耗功率（W），即

$$\text{消耗功率} = \text{工作电压} \times \text{消耗电流}$$

施加的工作电压可分为直流电压和交流电压两种（即直流驱动和交流驱动）。针对相当成熟的集成电路 IC 而言，希望显示器的工作电压与 IC 的驱动电压相匹配，这样可以大大降低驱动电路的成本。

如果显示器的工作电压 $\leq 45\text{ V}$ ，则容易采用 IC 驱动。例如，LCD、LED 和 VFD 的工作电压较低，在 $0.5 \sim 40\text{ V}$ 之间，因此发展较好；而 PDP 的工作电压在 200 V 左右，要求使用具有耐高压的 MOS 晶体管集成电路来驱动，因此 PDP 驱动部分的成本相对较高。

8. 视角

视角一般用面向画面的上下左右的有效视场角度来表示。在国际电工委员会公布的文件中对视角进行了规定，即在屏中心的亮度减小到最大亮度的 $1/3$ 时（也可以是 $1/2$ 或 $1/10$ 时）的水平和垂直方向的视角。也就是说，首先测量屏中心点的亮度 L_0 ，然后水平移动测量仪器的位置，分别在中心点的左右水平方向测得亮度为 $L_0/3$ 时，得到的左视角和右视角的和即为水平视角；采用同样的方法，在垂直方向测得上、下视角的和即为垂直视角。

在《数字电视液晶显示器通用规范》（SJ/T 11343—2006）中规定：水平视角 $\geq 120^\circ$ ；垂直视角 $\geq 80^\circ$ 。

9. 存储功能

切断施加电压后仍能保持显示状态的功能称为存储功能。

显示器的存储功能除了可以降低显示器件的功耗外，还有利于简化驱动电路，特别是采用多路传输驱动的时候更是如此。

10. 寿命

对于实用化的显示器件，要求使用寿命 $\geq 30\,000$ 小时。

不同类型的显示器受显示原理的控制，其寿命略有不同，已经实用化了的显示器 LED、VFD、PDP、LCD、ELD、CRT，其连续工作寿命按顺序加长，一般在 $104 \sim 105\text{ h}$ 之间。

1.1.4 主要显示器的用途与市场比较

在平板显示技术中，液晶显示器具有体积小、质量轻、工作电压低、功耗小、无辐射，对人体健康无害、抗干扰能力强等优点，已经在便携式显示器市场中得到了广泛的应用，并占整个平板显示市场的 90% 以上的份额。图 1-10 列出了目前电视市场中各类显示器的市场占有率。在未来 $5 \sim 10$ 年内，液晶显示器仍将占据显示市场的主要份额。