

高等院校光信息科学与技术专业系列教材

光存储与显示技术

Optical Information Storage and
Display Technology

罗钧 付丽 编著

Luo Jun Fu Li

清华大学出版社



光存储与显示技术

Optical Information Storage and
Display Technology

罗 钧 付 丽 编著

Luo Jun Fu Li

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

光存储与显示已渗透到科学技术的各个领域,成为信息科学的重要组成部分。为了紧跟现代信息技术的发展,满足相关专业教材和科研的需要,作者编写了本教材。

本书对光存储和显示技术及其系统原理做了较为全面的叙述,全书共分6章,第1章为概述,第2章至第6章可看作两大部分内容:光存储技术和光显示技术。第2章和第3章,重点介绍了DVD光盘系统的读写原理、结构、特点及其主要技术,以及各种高密度存储技术,如光全息存储、光致变色存储、蓝光光存储等。第4章至第6章阐述了显示技术的概况和各种显示器件,重点介绍了阴极射线管显示器、等离子体显示器、真空荧光显示器、发光二极管等的基本结构、原理及应用。

本书可作为高等学校工科光电类专业本科生的教材和研究生的参考用书,也可供从事计算机及信息处理的科技人员参考。

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

光存储与显示技术/罗钧,付丽编著.--北京:清华大学出版社,2012.3

(高等院校光信息科学与技术专业系列教材)

ISBN 978-7-302-27254-0

I. ①光… II. ①罗… ②付… III. ①光存储—高等学校—教材 ②图形显示—高等学校—教材

IV. ①TP333.4 ②TN27

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第227271号

责任编辑:盛东亮

封面设计:常雪影

责任校对:焦丽丽

责任印制:李红英

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:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:12.75 字 数:311千字

版 次:2012年3月第1版 印 次:2012年3月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:20.00元

产品编号:031566-01

参 考 文 献

1. 陶世荃. 光全息存储[M]. 北京: 北京工业大学出版社, 1998.
2. 姚建铨, 于意仲. 光电子技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
3. 朱京平. 光电子技术基础[M]. 第2版. 北京: 科学出版社, 2009.
4. 梅遂生. 光电子技术[M]. 第2版. 北京: 国防工业出版社, 2008.
5. 张记龙. 光电信息技术与应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2008.
6. 亢俊健, 贾丽萍, 朱月红. 光电子技术及应用[M]. 天津: 天津大学出版社, 2007.
7. 江月松, 李亮, 钟宇. 光电信息技术基础[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005.
8. 余理富, 汤晓安, 刘雨. 信息显示技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
9. 徐端颐. 高密度光盘数据存储[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
10. 张江凌, 金海. 信息存储技术原理[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 2000.
11. 周海宪, 程云芳. 全息光学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
12. 新居宏任, 栗田泰市郎, 酒井重信. 显示器的应用[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
13. 谷千束. 先进显示器技术[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
14. 西田信夫. 大屏幕显示[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
15. 大石严, 畑田丰彦, 田村. 显示技术基础[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
16. 于美文. 光全息学及其应用[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1996.
17. 杨小丽. 光电子技术基础[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2005.
18. 郑光昭. 光信息科学与技术应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.
19. 杨永才, 何国兴, 马军山. 光电信息技术[M]. 第2版. 上海: 东华大学出版社, 2009.
20. 张永红, 狄红卫. 光电子技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2005.
21. 李娜. 信息存储新领域——全息存储及材料[J]. 科技与创新, 2007(14): 234.
22. 余鹏. 全息光存储综述及发展状况[J]. 记录媒体技术, 2005, 2: 12~17.
23. 胡万晶. DVD机的纠错和调制技术[J]. 家电维修技术, 2009, 2: 15~17.
24. 刘相伟. 光盘的调制编码技术[J]. 记录媒体技术, 2008, 3: 49~50.
25. 张建民, 张灵峰, 刘晓艳. EFM-plus技术在DVD中的应用研究[J]. 电视技术: 2003(1): 19~20.
26. 张绍高. DVD的调制方式EFM-plus(8/16调制)[J]. 电声技术, 1998(7): 14~16.
27. 沈伟. 试论真空荧光光显示屏技术发展[J]. 真空电子技术, 2004(3): 47~48.
28. 聂永红, 唐培和. 显示器性能指标探讨[J]. 沿海企业与科技, 2003(1): 25~26.
29. 刘嵘. 超分辨掩膜结构光盘[J]. 记录媒体技术, 2003(5): 16~17.
30. Steve Sechrist. 2008年消费电子展回顾[J]. 现代显示, 2008(7): 24~25.
31. 钟芹. DVD光学头的基本原理[J]. 记录媒体技术, 2006(2): 60~62.
32. 徐娜, 沈晓东. 电致变色材料的研究进展及发展前景[J]. 稀有金属, 2010, (4): 610~615.
33. 李维谔, 郭强. 液晶显示应用技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2000.
34. 赵立杰. 光盘信号及伺服处理的研究[D]. 大连: 大连理工大学. 2002: 2~10.

光信息科学与技术既是信息科学与技术的重要组成部分,又是 21 世纪光子学的重要应用,它涵盖了光信息的产生、检测、处理、传输、存储以及显示等诸多方向。在过去 30 年中,光子学有了巨大的进步,光电子成为我国重要的产业支柱,光通信技术、平板显示技术、光电检测技术、激光加工技术、光盘存储技术都先后形成了独立的高技术产业,并渗透到国防、医疗、能源、交通等各行各业。因此对于高层次人才的需求极为迫切。同时,光信息科学与技术虽然与电子科学技术有天然的联系,但它是一个平行于电子科学技术的独立的信息科学与技术,对于人才的知识结构、实践能力以及科学素养有独特的要求。我国自 1999 年后,有近百所大学设立了光信息科学技术的本科专业,光学工程、光学、物理电子学以及通信工程、凝聚态物理等相关学科也迅速发展。为了适应这个专业人才培养的需要,清华大学出版社特组织出版了这套光信息科学与技术系列教材。

鉴于光信息科学与技术本身发展非常迅速,知识更新快,而本科生主要是打好专业基础,因此本系列教材在选材、框架结构、讲授方法等都十分注意处理好当前最新知识和长远应用的基础知识的关系,并且注意本套丛中各个教材的搭配与衔接,以便读者对于光信息科学与技术专业有一个全面的认识。

希望本系列教材能够为我国光电子产业的人才培养与技术进步做出贡献。

清华大学出版社

前言

PREFACE

光电技术是现代高科技产业发展的核心之一,是 21 世纪的先进科学技术,它的发展对国民经济和国防建设有着巨大的引领和推动作用。作为光电技术在信息技术领域两方面的基本应用——光存储技术和光显示技术,已渗透到科学技术的各个领域,并得到了广泛的应用。本书全面系统地介绍了光存储和显示技术,主要用作本科光电信息类专业的专业选修课教材,也希望能为光电技术相关科研人员和工程技术人员提供有益的帮助。

伴随着信息资源的数字化和信息量的迅猛增长,人们对信息的存储和显示提出了更高的要求,各种存储技术和显示设备不断涌现。激光技术的发明和机械电子类单元技术的运用,使得信息的存储和显示技术逐渐发展和成熟。信息的存储是将有用数据通过写入装置暂时或永久地存储在某种存储介质中,并可利用读出装置从存储介质中再现原始数据的技术。其发展历经了纸张书写、微缩照片、机械唱盘、磁带、磁盘的演变过程,发展至目前采用光信息存储技术的阶段。在这个高度信息化的社会中,作为人机交互的界面,显示器被广泛地应用于各种设备和系统,社会和市场的需求促使显示器技术必须不断进行变革和创新,更加重视人性化和智能化的完善。世界各地也在积极地推进各种显示器技术的研究和开发。书中深入浅出地介绍了各类显示器的工作原理及其硬件装置。

本书全面系统地叙述了光电技术的基本理论、基础技术及系统装置,并加入了一些有关领域的新成果。全书分为 6 章,第 1 章光存储与光显示技术概述,主要介绍了光存储和光显示技术的发展和研究方向。第 2 章光盘存储系统,首先介绍了光盘是一种新的高密度信息存储介质及其存储系统的组成,并以 DVD 光盘为例详细介绍了信息存储的结构和技术。第 3 章高密度光存储技术,详细介绍了几种高密度存储技术。第 4 章光显示技术,介绍了显示技术的应用和功能要求,并对各种显示器的基本特性和用途进行了比较,最后介绍了显示器的市场动向和最新发展趋势。第 5 章、第 6 章分别介绍了几种发光型显示器和非发光型显示器的原理和基本技术。

在编写过程中,作者遇到了众多困难。原因是多方面的,例如,信息存储和显示技术更新周期短,新技术不断出现,由此很难及时地汲取和整理新的内容;信息存储和显示以多学科为基础,应用领域较广泛,而存储器和显示器的品种繁多,物理属性差异很大,由此真正领会其中的基本理论需要知识和经验的积累;并且,涉及光信息存储和显示的论著较多,造成内容选择在深度和广度上很难把握。

全书由罗钧、付丽编著,张洁副教授参与了本书的校对工作,王倩、肖向海、彭加新、

李义军、徐宝岭等在插图、资料搜集和校稿过程中做了不少工作,在此向他们表示衷心的感谢。

“光存储与显示”课程是重庆大学光电工程学院为光电信息工程专业本科生新设立的(专业)课程,该课程由黄尚廉院士亲自拟定,并就课程建设做了(较具体的)指导工作。在此基础上,为了解决该课程目前国内尚无合适教材的紧迫问题,笔者在重庆大学进行教材立项,着手开展了本教材的编写工作。在此,衷心感谢重庆大学对本教材的编写工作给予的大力支持与资助。

本书编写过程中参考了光存储技术和光显示技术方面的相关教材、专著、资料,这些著作作为本教材的编写提供了重要的支持和依据。关于所引用的内容,在本书末尾都以参考文献的形式给出。在此,向所有参考文献的作者表示诚挚的谢意!

本书可作为高等院校光电信息类专业高年级本科生、研究生和工程技术人员学习光存储与显示技术的教材或参考用书。

由于光电技术是一门发展迅速的新技术,再加上作者水平、时间和精力所限,因此本书还有许多不尽如人意的地方。书中难免存在疏漏、不妥和错误之处,殷切希望广大读者谅解并给予批评指正。

作 者

目 录

CONTENTS

第 1 章 光存储与光显示技术概述	1
1.1 光电技术	1
1.2 光存储技术	1
1.2.1 光存储技术的基本概念.....	1
1.2.2 光存储技术的发展及研究方向.....	2
1.3 光电显示技术	4
1.3.1 光电显示技术的基本概念.....	4
1.3.2 光电显示技术的发展及研究方向.....	4
本章小结.....	7
习题.....	7
第 2 章 光盘存储系统	8
2.1 光盘存储系统及主要组成	8
2.1.1 光盘驱动器.....	8
2.1.2 光盘存储的分类及特点	10
2.1.3 只读存储光盘	13
2.1.4 写一次光盘	15
2.1.5 可擦重写光盘	18
2.1.6 光盘存储系统的技术指标	20
2.2 DVD 光盘结构	21
2.2.1 DVD 光盘的物理结构.....	22
2.2.2 DVD 光盘的数据结构.....	23
2.2.3 DVD 光盘的功能.....	24
2.3 信号处理.....	26
2.3.1 EFM 调制	29
2.3.2 EFM+调制	30
2.3.3 直流成分的抑制	32
2.4 光学头的光路系统.....	33

2.5 控制系统	40
本章小结	47
习题	48
第3章 高密度光存储技术	49
3.1 光全息存储及其器件	49
3.1.1 全息图的基本描述	51
3.1.2 菲涅耳全息图	55
3.1.3 像面全息图	59
3.1.4 傅里叶变换全息图	60
3.1.5 体积全息图	62
3.1.6 全息存储系统的单元器件	63
3.1.7 全息存储材料	83
3.2 光致变色存储	86
3.2.1 光致变色研究的发展历史	86
3.2.2 光致变色存储机理	87
3.2.3 光致变色的几种反应模式和体系	88
3.3 多波长多阶存储	90
3.3.1 多波长多阶存储的基本概念	90
3.3.2 多波长多阶存储的几种相关技术	90
3.3.3 多波长多阶存储的实现	92
3.4 超分辨率存储	96
3.4.1 光学系统超分辨技术	96
3.4.2 介质超分辨率技术	99
3.4.3 超分辨掩膜	102
3.5 其他高密度光存储技术	104
3.5.1 蓝光光存储	104
3.5.2 电子俘获光存储	105
3.5.3 持续光谱烧孔存储	106
3.5.4 双光子吸收光存储	108
本章小结	110
习题	111
第4章 光显示技术	112
4.1 信息媒体中的显示技术	112
4.1.1 显示技术的应用历史	112
4.1.2 显示器的功能要求	113
4.2 显示器的基本特性与用途比较	114
4.2.1 显示器的基本特性	114

4.2.2 显示器的用途比较	116
4.3 显示器的市场动向和最新发展趋势	117
本章小结	119
习题	119
第5章 发光型显示器的原理和基本技术	120
5.1 阴极射线管	120
5.1.1 黑白CRT	120
5.1.2 彩色CRT	124
5.2 等离子体显示器	128
5.2.1 直流等离子体显示器(DC-PDP)	129
5.2.2 交流等离子体显示器(AC-PDP)	132
5.3 真空荧光显示器	137
5.3.1 VFD的基本概念	137
5.3.2 VFD的基本结构和工作原理	138
5.3.3 VFD的驱动及应用	140
5.4 场发射显示器	141
5.4.1 FED的发展	141
5.4.2 FED的显示原理	142
5.4.3 FED的制作工艺	143
5.5 电致发光显示器	144
5.5.1 ELD的基本概念	144
5.5.2 ELD的分类	145
5.5.3 几种ELD的基本结构及工作原理	145
5.6 发光二极管	150
5.6.1 LED的基本概念	150
5.6.2 LED的基本结构与工作原理	151
5.6.3 LED显示的主要技术指标	152
5.6.4 LED图文显示屏	154
5.6.5 LED图像显示屏	156
5.6.6 LED的发展及用途	157
本章小结	158
习题	158
第6章 非发光型显示器的原理和基本技术	160
6.1 液晶显示器	160
6.1.1 液晶显示器的基本概念	160
6.1.2 几种常见的液晶显示器件	163
6.1.3 液晶显示驱动器及控制器	168

6.1.4 液晶显示模块.....	181
6.2 数字微镜器件显示器	185
6.2.1 工作原理和基本结构.....	185
6.2.2 在投影显示器上的应用.....	186
6.3 电泳显示器和电致变色显示器	187
6.3.1 电泳显示器(EPID)	187
6.3.2 电致变色显示器(ECD).....	190
本章小结.....	191
习题.....	192
参考文献	193

1.1 光电技术

光电技术是20世纪后期出现的新兴技术,经过短短数十年发展,在全球高科技的竞争中,光电技术已与微电子技术一起,并列为现代高科技产业发展的两大核心技术。作为21世纪的尖端科学技术,光电技术已经渗透到许多领域,例如红外与微光技术、光子技术、光电探测技术、光电跟踪技术、光存储技术、光电显示技术、光电材料和制造技术等,并以自身的迅猛发展带动了众多科学领域的技术发展。光电技术发展的巨大推动力是应用,光电技术的应用领域非常广泛,如军事、航天、工业、环境保护、生物医学等。广泛应用的光电技术对信息产业的发展起到了巨大的引领和推动作用,在与电子信息学科的互相交流和共同发展的过程中,形成了规模巨大的光电信息产业,掀起了21世纪新的信息产业革命,宣告了多媒体时代的来临。在当今多媒体时代,无论是发达国家还是发展中国家,都把光电技术作为重点技术,投入大量的物质资源与智力资源加以发展。

1.2 光存储技术

1.2.1 光存储技术的基本概念

随着科学技术的迅猛发展,人类社会已经进入了信息化社会,信息存储、信息显示、信息转换等信息科学随之成为现代科学技术的热门课题。光存储技术,也称为激光存储技术,它在国民经济建设及现代科学技术中具有非常重要的地位,是继磁记录之后新兴起的重要信息存储技术。近年来,光存储不仅在技术上取得了重大突破,在商业性规模生产方面也获得了巨大成功,逐渐形成了一个引人注目的高科技产业。以光盘为代表的光学数字式数据存储技术已成为当代信息社会中不可缺少的信息载体,并且因其渗透性极强和自成体系而备受社会关注。光信息存储,包括信息的“写入”和“读出”两个过程。信息的“写入”是利用激光的单色性和相干性,将要存储的信息通过调制激光聚焦到记录介质上,使介质的光照微区

(直径一般在微米量级以下)发生物理或化学变化,从而完成信息的记录。而信息的“读出”是利用低功率密度的激光扫描信息轨道,根据光电探测器检测信号记录区和未记录区反射率的不同,再通过解调得出信息的过程。光存储所使用的记录介质包括光盘、光卡、光带等。光盘以其记录密度高、存储容量大而成为使用的主流。

无论是传统的 CD 光盘、DVD 光盘,还是 21 世纪初兴起的蓝光光盘等光存储介质,采用的存储方式都是二进制数据存储方式。先将需要存储的信息通过一定的编码方式转化成二进制代码,以此控制激光器对应输出“0”和“1”两种状态的光束,将此激光束聚焦到表面光滑平整的光存储介质上,使介质的光照区发生物理或化学变化,产生一个一个微小的坑孔以实现信息的记录。为了识别数据,定义光盘上激光刻出的小坑就代表二进制的“1”,空白处则代表二进制的“0”。激光发生器和光电探测器是各种光驱设备中最主要的部分。光驱上的激光发生器实质上就是一个激光二极管,要读取数据时,控制产生对应波长的激光光束,经过一系列处理后照射到光盘表面那些微小的坑孔上,然后经由光电探测器捕捉反射回来的光信号从而识别存储的数据。如果未反射激光就表明那里是一个小坑,则知道它代表一个“1”;反之,如果激光被反射回来,就知道那里存储的是一个“0”。通过在光驱中做高速旋转,光盘上的“0”和“1”代码就被连续地读取出来了,最后计算机就将这些二进制代码转换为原来的信息,从而实现了光盘数据的读取。

另一种发展相当成熟的信息存储手段——磁存储,已广泛应用于许多领域,如计算机数据的存储、音频与视频信号的记录等。磁存储使用磁性薄膜作为记录介质,方法是利用铁磁材料在撤去外磁场后能保留一部分剩余磁性的特点,使这些材料具有存储效应。磁存储技术经历了数百年的发展过程,在一段时间里仍将起重要作用。然而,磁存储的存储密度在物理上受到超顺磁性的限制(即当磁畴体积过于缩小时,使已磁化的磁畴保持定向排列的各向异性能量会接近磁畴的内能,而引起自发的去磁)。近年来,人们对大容量和高速率的信息存储技术的需要日益迫切,光存储技术应运而生。相比于传统的磁存储,光信息存储有许多明显的优势:如光存储的记录密度和存储容量都是磁存储所望尘莫及的,由于激光技术的应用,所制作的光盘上 $1\mu\text{m}$ 左右的记录光点线密度可达 $10^3\text{b}/\text{mm}$,面记录密度可达 $10^5\sim 10^6\text{b}/\text{mm}^2$ 以上;光存储比磁存储更容易长期保存信息(库存大于 10 年),磁介质的长存储寿命在很大程度上依赖于良好的保存环境,否则就易丢失信息,且磁介质须定期进行清洁处理,这些保养工作费时费力;光存储在比较苛刻的高温高湿的环境下基本不会增大误码率,这对于重要资料和信息(如档案)的保存具有十分重要的意义;光存储可以在同一张光盘上存储文字、图像、声音等多种不同的信息,且方便大量复制,这是磁存储技术所不具备的;光存储信号的信噪比高,可达 50dB 以上,反复读取后图像和声音的清晰度不降低,这是磁记录所无法比拟的。

1.2.2 光存储技术的发展及研究方向

早在 20 世纪 50 年代,人们就有了关于光存储的设想,但随着激光技术的产生和机械电子类单元技术的运用,这方面的工作才逐渐发展和成熟。20 世纪 80 年代,随着激光声频唱片和电视录像盘的实用化,光存储产品进入市场。它比当时通常使用的精密磁盘高出了一个数量级的存储密度,同时由于损耗低、寿命长、成本低廉等诸多优点而被认为是下一代数

字存储的主流产品。但在90年代中期,由于磁盘技术得到了突破性的发展,光存储技术面临严峻的竞争,在与磁存储技术的相互竞争中,光存储技术也获得了相当迅速的发展。目前,光盘的存储容量早已达到了GB的数量级,数据传输速率高达数Mb/s,光盘数据的平均存取时间由初始的近百毫秒缩短到数毫秒。这些性能使得光存储这种新兴的信息存储手段成为光电子产业的重要支柱。随着多种新介质材料的不断涌现,以及诸如三维光存储技术、超分辨率存储技术之类的新存储方式的不断提出,光存储的存储密度和存储容量还有巨大的发展空间。

要提高光盘的存储密度和容量,首先考虑的是缩小光盘上信息点的宽度,使一定面积的盘面能容纳更多的信息点。由于激光在光盘上的照射光斑(形成信息点)的直径为 $0.6\lambda/\text{NA}$ (其中 λ 为激光器波长,NA为物镜数值孔径), λ 值越小,NA值越大,就越有助于缩小信息点宽度,从而提高存储密度和容量。缩短所用激光器的波长和增大物镜数值孔径,也是当今提高光盘存储密度和容量的主流思想和实践技术。从第一代CD光盘,历经VCD、DVD光盘,到最新一代的蓝光光盘,使用的半导体激光器的波长已经从830nm减小到405nm,物镜数值孔径从0.38增大到0.85,轨道间距从 $1.6\mu\text{m}$ 减小到 $0.3\mu\text{m}$,最短信息坑长度从 $0.8\mu\text{m}$ 减小到 $0.16\mu\text{m}$,容量也从最初的650MB提高到目前的25GB。继蓝光技术之后,采用传统方法提高光存储容量将变得非常困难,一方面由于激光器本身的研制及制造工艺比较困难,而且当波长缩短到紫外波段时,塑料盘基对激光的传输性能减弱,从而给光盘的制造带来较大困难。另一方面,高数值孔径将增加非球面物镜制作工艺的复杂度,并且会使读出信号的质量下降。因此,这一传统技术路线发展至今所剩的空间已经不大,若想要进一步提高光盘的密度和容量,则必须考虑新的技术思路。

前文提到的三维光存储技术和超分辨率存储技术,正是人们正在思考和实践的新思路。采用多阶存储代替二阶存储,利用光在空间的互不干扰的特性实现三维光存储;采用近场超分辨率技术取代传统的远场技术,利用光学非辐射场与光学超衍射极限分辨率的研究成果,改进光盘的读写光学系统和记录介质的性能、结构,突破传统光学衍射极限的光斑尺寸,以实现高密度信息储存。除此之外,利用当代物理学的其他成就,包括以光量子效应代替目前的光热效应实现数据的写入与读出,从原理上将存储密度提高到分子量级甚至原子量级;采用光子回波时域相干光子存储原理、光子俘获存储原理、共振荧光、超荧光和光学双稳态效应、光子诱发光致变色的光化学效应、双光子三维体相光致变色效应等,也能使存储容量大大提高。这些光盘存储技术一旦实现,将使光盘的存储密度和容量变得十分可观。

在研究继续提高光盘存储密度和容量的同时,也要考虑其他相关的问题,比如,提高了信息存储的容量,还需使光盘的读取传输速率同步增长,可以设想一个容量为TB(1024GB)量级的信息存储系统,如果按10Mb/s的速率顺序读取,则读完信息需要数百小时,这显然是不能容忍的,所以得考虑用并行读写代替串行读写,以提高读写传输速率;降低生产成本,实现低价位DVD系列光盘及驱动器的规模生产,同时进一步提高DVD光盘质量、成品率及功能;有机整合系统的光盘库、光盘塔及光盘阵列与自动换盘系统,以显著提高系统容量、数据传输率和改善存储数据的可靠性等,这些都是未来要解决的课题。

随着光学技术、微电子技术、材料科学、微加工技术、计算机与自动控制技术的发展,光存储技术在记录密度和容量、数据传输率、寻址时间等关键性能上将有巨大的发展空间。在

21 世纪,随着三维体存储技术、近场光学技术、光量子数据存储技术、光学集成技术的兴起,光存储也将在功能多样化、操作智能化等方面取得显著的进展。作为信息产业中的支柱技术之一,光存储技术能更好地为人们的生活服务。

1.3 光电显示技术

1.3.1 光电显示技术的基本概念

光电显示技术是多学科交叉的综合技术,是信息时代重要的标志之一。生活在客观世界中的人们,每时每刻都要从外部世界获得信息。研究表明,在人们通过自身感官从客观世界获得信息的渠道中,视觉占 60%,听觉占 20%,触觉占 15%,味觉占 3%,嗅觉占 2%,由此可见视觉对于人们接收信息的重要性。在现代社会的信息交流中,人们往往要用各种传感器把各类非电量信息(如声、光、热、力等)转换成电信号,而且也需要把电信号以文字、声音、图像等方式显示出来,从而实现人机之间的信息交换。信息显示技术就是实现把各种电信号转换成文字、图像之类的可见光信号的技术,而应用于信息显示方面的光电显示技术,无疑成为信息显示技术中的主流和核心。

近年来,随着通信技术的高度发展和信息多媒体化的不断推进,新的信息显示装置不断涌现,除了一般家庭早已普及的基本显示器件——CRT(cathode ray tube, 阴极射线管)、LED(light emitting diode, 发光二极管)、VFD(vacuum fluorescent display, 荧光管显示器)、LCD(liquid crystal display, 液晶显示器)、PDP(plasma display panel, 彩色等离子体显示板)、ELD(electroluminescent display, 电致发光显示器)等,各种各样的显示器件也已经在办公设备、工业设备等领域中广泛使用。与半导体技术对人类社会所产生的深刻影响一样,显示器技术也极大地方便了人们进行信息交流,改善了人们的生活质量,甚至可以说它改变了人们的生活方式。随着多媒体时代的继续发展,显示器技术在追求高性能的同时,还会更加重视人性化和智能化的完善,比如融合输入功能(如融合声音)以实现立体显示。

试想如果没有显示器,这个世界会是什么样子吧。没有显示器,没有可以显示图案的计算机,无法便捷地得知仪器仪表的测量信息,一切信息传递都只得靠纸质文字和喇叭广播,这样的时代简直让生活在今天的人们无法想象。

1.3.2 光电显示技术的发展及研究方向

作为目前应用最广泛的显示器之一,CRT 于 1897 年由德国布朗(K. F. Braun)博士发明;仅次于它,历史悠久的是 LED 和 ELD。在 20 世纪后期,平板显示技术的开发变得活跃起来。20 世纪 50 年代平板 CRT 的开发和 PDP 的开发率先在欧美进行;60 年代日本独自开发了真空荧光显示管(VFD);70 年代采用彩色液晶基本技术的 TN 型液晶模式被发明,有源矩阵(AM)驱动方式的方案也被提出;70 年代末则发展了非晶硅(a-Si)TFT(薄膜晶体管),它是有源矩阵液晶显示器(AM-LCD)和超扭曲向列液晶显示器(STN-LCD)的实用化,现已占据大部分市场;到了 90 年代,平板显示技术的发展依然惊人,同时,立体显示器件和

智能显示器件等的理论研究和实用化研究也开展得非常活跃。

现在信息媒体中所使用的显示器是多种多样的,可以按不同的方式将显示器分类。按光学方式的不同,大致可分为三类:第一类是标准的直观式,即直接观看显示于显示器本体显示屏幕上的图像,一般的 CRT、LCD、PDP 等都属此类,这也是绝大多数显示器件所采用的光学方式;第二类是投影式,即把来自显示器本体(投影装置)内较小的图像源,通过透镜组等光学系统放大投影于屏幕,观看者是观看屏幕上的投影像;第三类是利用光学系统把来自图像源的像成形于空间,观看者通过专有的能看虚像的特殊显示器(比如头盔显示器)来观看,称此类显示方式为空间成像。

按驱动方式的不同,大致可以分为电极驱动方式、射束驱动方式以及光写入驱动方式三类。电极驱动方式一般用于平板显示,通过直接设置于显示体的电极将驱动信号施加于显示体,可分为静电驱动方式和时分驱动方式两种;射束驱动是以扫描的方式将电子束或激光束照射到显示面,激发其上的显示材料以产生可见光来进行显示;光写入驱动方式不是采用电学方式附加信号给显示体,而是用来自小型 CRT 等的图像光写入显示体,一般适用于投影显示器的光阀中。

按最一般的分类方式,显示器件可分为主动发光型显示和非主动发光型显示两类。主动发光型显示是指利用电能使器件本身发光来显示文字和图像,而非主动发光型显示则指本身不发光,利用电路控制它对外来光的反射率或透射率来实现显示。主动发光型显示器除了前面提到的 CRT、LED、ELD、VFD、PDP 等,还包括 FED(field emission display,场致发射显示)。非主动发光型显示器除了 LCD,还有 ECD(electrochromic display,电致变色显示器)、DMD(digital micromirror device,数字微镜器件)等,如图 1-1 所示。

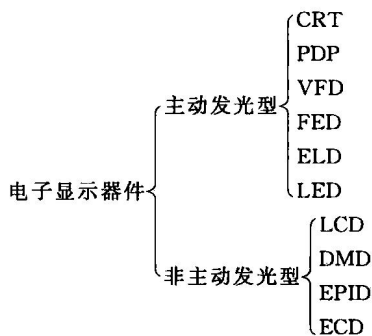


图 1-1 电子显示器件的分类

随着多媒体技术的发展,特别是现代大规模集成电路的发展,人们对显示器的要求也越来越高,例如体积小、功耗低、信息密度高等,而目前的 CRT 显示器已经无法满足这些要求,在许多场合不能便捷地使用。尽管如此,但从目前的实际情况来看,CRT 的性价比还是要比其他新兴的显示器件高得多,因此它还是会作为一种主流显示技术存在于现代社会生活中,不会在短时间内退出社会舞台。在社会信息化和武器装备现代化的背景下,平板显示技术(flat panel display,FPD)越来越成为信息显示技术的必经之路。从 20 世纪 70 年代末发展起来的平板显示技术,由于其体积小、重量轻、显示效果好的优势,很快被广泛应用于武器装备、工业设备、日常生活等各个方面,也成为未来光电显示器件的重点研究技术。

下面以液晶显示器、等离子显示器和电致发光显示器为例,介绍其发展现状和趋势。

1. 液晶显示器

液晶显示器(LCD)在诸多平板显示技术中占据主导地位,尤其在便携式显示领域的地位更是无法撼动。据近几年来 Display Search 发布的调查数据显示,LCD 产品一直保持着 80% 以上的市场份额,市场需求也一直呈现快速增长趋势,年复合增长率保持在 30% 以上,市场销售量每年都以超过百亿美元的速度增长。作为平板显示技术的主流产品,液晶显示

器的大规模生产技术已经日趋成熟,传统的视觉小、响应慢等问题已经基本得到解决,某些方面甚至已经达到了很高的水平。现在新的 LCD 生产线正在向大尺寸产品靠拢,液晶电视将成为未来主要的增长点。值得一提的是反射式 LCD,由于其极低的功耗,使之在便携式信息工具领域(如移动电话、全球定位仪)具有极大的发展潜力。面对 CRT 以及其他显示技术的激烈竞争,未来液晶显示技术发展的首要目标是继续降低成本与价格,由此才能在与其它显示技术的角逐过程中占据制高点。当 LCD 的价格降至相同显示尺寸 CRT 的 1.5 倍左右时,将会极大地冲击 CRT 的市场地位,那个时候在多领域取代 CRT、实现荧屏全面超薄化的梦想就会变为现实。

目前限制 LCD 使用的最大问题是其工作温度范围太窄。一般当工作温度低于 0°C 时液晶材料就会变成黏稠状,继续降低温度甚至可能完全固化,这极大地限制了它在低温环境下的使用。如果非要在较低温度下使用 LCD 显示,就不得不加装加热器,其最大预热时间长达 20 分钟。这不仅提高了功耗,也增大了成本。另外,其响应速度还待进一步的提高。

2. 等离子显示器

诞生于 20 世纪 60 年代的等离子显示器(PDP),到了 90 年代才开始实用化。2002 年下半年,PDP 真正进入稳定量产化时期,短短几年的商业化就成为数字电视市场的主流之一。到 2009 年上半年,PDP 电视销量达 76.8 万台,同比增长 9%,2010 年更是达到 1824 万台,较前一年增长 329%,未来的发展前景相当广阔。作为已经成熟的平板显示技术之一,由此开发的等离子电视机相比其他产品也具有几大优势:更容易实现大屏幕和超大屏幕;在平板电视机中观看视觉最宽,最宽的视角可达 160° 以上;响应时间快,运动图像拖尾时间短;图像层次感强,显示效果好;可实现全数字化,在信号的传输过程中不会产生信号失真和图像信息丢失;动态能耗低。PDP 今后的发展目标是继续改善发光效率,提高明室对比度,降低成本;简化电路结构,采用新型材料、新型驱动电路,实现高速寻址;研究开发新的放电结构,由现在的壁电荷放电改成空间电荷放电方式;提高放电效率,降低驱动电压。通过这一系列途径改进工艺,提高性能,降低成本,提高其产品的竞争力。

3. 电致发光显示器

电致发光显示器(ELD)是在很薄的荧光层(发光层)的两侧各安装一块电极,在电极加上电压后使其发光的显示器件。按照发光材料的不同,ELD 可以分为无机 ELD 和有机 ELD 两类。早期无机 ELD 的荧光层是在树脂中渗入荧光粉末制成的,所以膜层较厚,所需的驱动电压也相应地要求较高,约为数百伏。最近采用 ZnS 和 SrS 等无机物的荧光粉蒸镀膜制成的薄膜 ELD 已达到实用化阶段,性能稳定、可靠性高,驱动电压也随之降至 100V 以下,可以用作长寿命、多彩色显示器。在 20 世纪 80 年代后期开发出了用有机物的发光层替代无机物荧光材料的有机 ELD,使利用无机 ELD 无法实现的全彩色显示变成了可能,且驱动电压很低,仅需数伏,如果在寿命和功耗方面再做些改进,将会形成一个很大的市场。

在平板显示技术领域,各种新器件新技术层出不穷,呈现出百舸争流的繁荣景象。场致发射显示、硅基液晶显示、微机电光干涉调制显示、电子纸等多种新的显示技术,日新月异地出现在人们的社会生活中。这里不再作一一论述,后文将会对部分显示技术作详细介绍。