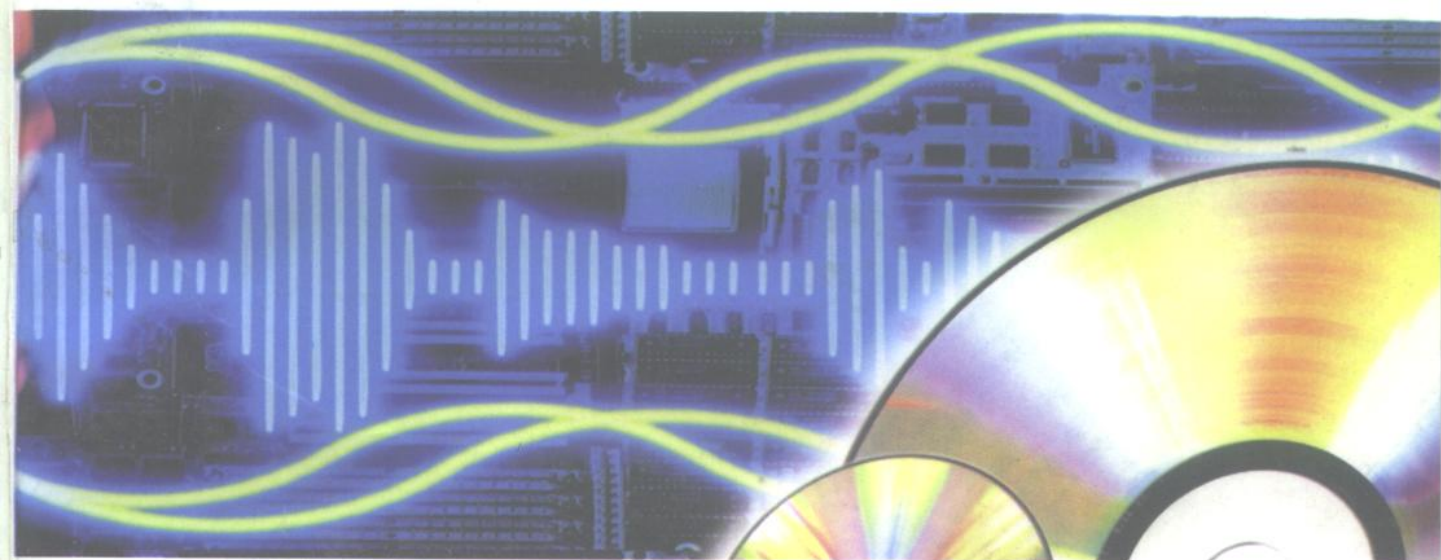


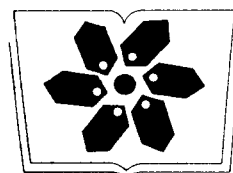


数字光盘 存储技术

■ 干福熹 等 编著

■ 科学出版社





中国科学院科学出版基金资助出版

数字光盘存储技术

干福熹 等编著

科学出版社

1998

内 容 简 介

本书共分12章,系统介绍了数字光盘存储技术。前8章内容包括光盘存储的产品及其市场发展状况,光盘驱动器及其相关单元技术,光盘的编码、格式和误码系统,光盘的母盘、压模和基片制作;并分析了只读式光盘、一次写入型光盘、磁光型可擦重写光盘,及相变型可擦重写光盘的记录和读出原理、存储材料、基本特征、发展趋势。后面几章介绍了光盘存储技术的计算机控制应用系统和信息压缩技术、光盘存储技术的应用、光盘存储技术的发展、超高密度光存储技术。

本书可供从事光盘及驱动器研究、开发、生产以及计算机设计与应用的人员阅读,也可供大专院校有关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字光盘存储技术/王福熹等编著. —北京: 科学出版社,

1997.12

ISBN 7-03-005869-0

I. 数… I. 王… III. 激光光盘存储器-数据存储 IV. TP333.4

中国版本图书馆CIP数据核字(97)第10026号

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1998年3月第 版 开本: 787×1092 1/16

1998年3月第一次印刷 印张: 20 3/4

印数: 1—1 600 字数: 480 000

定价: 39.00 元

前 言

光盘存储技术起始于本世纪 70 年代,随着激光声盘(CD-A)及视盘(LD)的兴起,光盘技术产业于 80 年代逐渐形成。作为计算机外部存储设备,80 年代初的只读式光盘(CD-ROM)和一次写入多次读出光盘(WORM 或 DRAW)开始应用于文件档案存储和数据分配等。至 80 年代末,随着可擦重写光盘技术(DRAW-E)的出现,磁光光盘(M-O)进入市场,光盘存储技术已全面进入数据和信息存储领域,成为磁存储技术的主要竞争者。90 年代,由于多媒体技术的兴起,数字光盘立刻成为多媒体的理想存储介质。随着数据压缩技术的提高,数字光盘存储技术可应用于活动图像的存储和放映,从而得以进入影视领域,形成当前蓬勃发展的影视新领域。高密度光盘存储技术的发展,特别是数字多用光盘(DVD)系列的兴起,使其在家用多媒体存储、海量数据外存储和计算机联机(在线)存储上得到新应用。在日本、美国等,光盘存储技术产业每年的销售额超过百亿美元,成为光电子技术产业的主要支柱。

有关光盘存储技术的读物,在 80 年代大都是介绍激光声盘和视盘的生产技术及应用,如 David. K. Matthewson 所著的《革命性技术——视频和数字声盘介绍》(Revolutionary Technology: An introduction to the video and digital audio disk, 1983 年)。90 年代初在日本出版了几本有关光盘存储技术基本原理和应用的书籍,如奥田昌宏的《第二次存储革命:可擦重写光盘材料》(第二のメモリ革命:書き換え可能光ディスク材料,1989 年)。

我国光盘存储技术的研究起始于 80 年代。在 80 年代中期,引进了激光声盘和视盘的整套生产设备,开始建立我国的光盘技术产业。同时,国家也重点支持了可擦重写光盘存储技术的研究和开发,也注意到对新的光存储机理和介质的探索。我主编的《数字光盘技术和光存储材料》(上海科学技术出版社,1992 年)主要汇集了从 1985~1990 年这段时间内中国科学院所属各从事数字光盘技术以及新型光存储材料研究小组的成果,实际上是一本研究工作进展报告集。随着数字光盘存储技术及其应用的突起,各方面都迫切需要有一本比较系统和全面介绍该技术领域的书籍。应科学出版社之约,前几年就组织撰写这本书,由于作者们工作繁忙,这本书的写作计划拖延,使我感到十分抱歉。正因为数字光盘存储技术近二三年来如此迅猛的发展,所以也使我们有可能把新发展的技术和应用,如可记录光盘(CD-R)、可擦重写光盘(CD-E)、数字多用光盘(DVD)技术及应用等编入书中。

由于作者们的知识和了解信息的局限,本书中仍有不完整和不确切的方面,希望读者,特别是同行们指正。本书在编写过程中获得中国科学院上海光学精密机械研究所我的同事们的帮助,没有他(她)们的努力,本书很难在短时间内与读者见面。

干福熹

1997 年 11 月

目 录

第一章 绪论	干福熹 (1)
1.1 光存储与磁存储	(1)
1.2 光盘存储系统	(3)
1.3 光盘存储市场	(8)
1.4 光盘存储技术的发展	(11)
第二章 光盘驱动器及其主要单元技术	阮 玉 (14)
2.1 光盘驱动器工作原理	(14)
2.2 激光器	(19)
2.3 光学头与光学系统	(23)
2.4 光盘驱动器的伺服系统	(36)
第三章 光盘的编码、格式和误码管理	李伟权 (54)
3.1 数字通道的编码	(54)
3.2 数字光盘的格式	(67)
3.3 误码管理	(97)
第四章 光盘的母盘、压模和基片制作	干福熹 (109)
4.1 光盘玻璃基片	(109)
4.2 母盘制作	(115)
4.3 压模制作	(120)
4.4 复制工艺	(121)
4.5 激光刻录机	(124)
第五章 只读式光盘	干福熹 (133)
5.1 引言	(133)
5.2 只读式光盘的制式和标准	(134)
5.3 只读式光盘制作工艺	(137)
5.4 DVD-ROM 制作	(142)
第六章 一次写入型光盘	干福熹 (146)
6.1 一次写入多次读出 (WORM) 光盘	(146)
6.2 可录 CD 光盘 (CD-R)	(154)
6.3 有机一次记录材料	(165)
第七章 磁光型可擦重写光盘	沈德芳 (175)
7.1 引言	(175)
7.2 磁光盘的记录和读出原理	(176)
7.3 磁光盘存储材料	(182)

第八章 相变型可擦重写光盘	姜复松 (209)
8.1 引言	(209)
8.2 相变光盘的存储原理	(209)
8.3 相变光存储材料	(214)
8.4 相变光盘的基本特性	(215)
8.5 相变光盘的发展现状和趋势	(223)
第九章 光盘存储控制系统及信息压缩技术	何 红 (232)
9.1 光盘存储控制应用系统	(232)
9.2 只读式 CD 光盘的数据格式及纠错编码方法.....	(242)
9.3 光盘存储控制系统中的新兴技术 ——多媒体及信息压缩技术	(249)
第十章 光盘存储技术的应用	王焕灯 (253)
10.1 光盘存储的视频应用	(253)
10.2 光盘存储的音频应用	(261)
10.3 光盘的数据交换、分配和电子出版应用	(267)
10.4 光盘的数据后备、档案存储和数据库应用	(270)
第十一章 光盘存储技术的发展趋势	千福熹 (277)
11.1 实用化高密度光盘存储技术	(277)
11.2 高密度数字多用光盘 (DVD)	(289)
11.3 提高光盘存储的数据传输率技术	(293)
第十二章 超高密度光存储技术	千福熹 (302)
12.1 近场光学和扫描近场光学存储技术	(303)
12.2 全息光子存储技术	(306)
12.3 光子选通光谱烧孔存储技术	(309)
12.4 光子三维存储技术	(316)

第一章 绪 论

信息时代需要有高度先进的信息存储技术。人们需要处理的不仅是数据、文字、声音、图像，而且需要活动图像和高清晰的图像等。信息的数字化是存储技术发展中的一个重要步骤。信息以字节为单位表示其容量，例如，一页 A4 文件为 2KB（千字节），一张 A4 黑白照片为 40KB，而一张 A4 彩色照片就占 5MB（兆字节）。放 1 分钟 VHS 质量的全活动视像（Full Motion Video, FMV）要 10MB，而放 1 分钟广播级的 FMV 就要占 40MB，因此信息量日益剧增。人们采用的信息存储的手段已从最简单的文字、图像和数据的纸张记录存储、缩微照相存储发展到磁记录存储。信息存储的方式也从只读式的（Read Only Memory, ROM）、一次写入多次读出式的（Write Once and Read Many, WORM）发展到可擦重写式（Write and Erase）。数据的存入和取出的速度从 KB/s 到 MB/s。

光盘存储技术是本世纪 70 年代发展起来的。这项技术是将具有很高的相干性和单色性的激光束，汇聚到光衍射极限的斑点（一般在 $1\mu\text{m}$ 以下）上，使这个微光斑区域内某种存储介质产生物理或化学变化，从而导致该微区域的某种光学性质（如折射率、反射率等）与四周介质形成较大的反衬度。用调制激光束载入要存储的信息：模拟量或数字量（写入过程），而用另一束激光束检测光信号，经过解调以取出信息（读出过程）。

光盘存储技术发展到 80 年代，在声视领域内的应用促进了激光唱片和激光唱机产业的兴起，包括小型声响唱片（Compact Disk, CD）和激光视盘（Laser Video Disk, LVD）。其发展之迅速，很出乎人们的预料。作为一种新兴的信息存储手段，这项技术在计算机外部存储设备中的应用也很快地成长和发展着，并与磁存储技术相竞争，将开拓更重要的新的应用领域。

1.1 光存储与磁存储

在现代数字数据存储中，磁带、软磁盘和硬磁盘已被普遍应用，并形成了巨大的产业，磁存储技术近年来仍然在迅速地发展着。

与磁存储技术相比，光盘存储技术具有以下优点：

- (1) 存储密度高。光盘的道密度比磁盘高十几倍。
- (2) 存储寿命长。只要光盘存储介质稳定，一般寿命在 10 年以上，而磁存储的信息一般只能保存 3~5 年。
- (3) 非接触式读/写和擦。光盘机中光头与光盘间约有 1~2mm 的距离，光头不会磨损或划伤盘面，因此光盘可以自由更换。而高密度的磁盘机，由于磁头飞行高度（几个微米）的限制，较难更换磁盘。应用自动替换的光盘盒，可以实现海量存储。
- (4) 信息的载噪比（CNR）高。载噪比为载波电平与噪声电平之比，以 dB（分贝）

表示。光盘的载噪比可达到 50dB 以上，而且经多次读写不降低。因此，光盘多次读出的音质和图像的清晰度是磁带和磁盘无法比拟的。

(5) 信息位的价格低。由于光盘的存储密度高，而且只读式的光盘（如 CD 或 LV 唱片）可以大量复制，它的信息位价格是磁记录的几十分之一。

当然，光盘存储技术目前还有它的不足之处，如光盘机（或称驱动器）较磁带机或磁盘驱动器复杂，因此目前价格还较贵。目前光盘机的信息或数据传输速率比磁带机高而比磁盘机低，平均数据存取时间在 20~100ms。

光盘存储技术经过近 10 年的应用，目前已明显看出，与磁带和软磁盘相比较，光盘具有存储容量大、寿命长和存取时间快等优点，在多媒体上获得广泛应用。数字化声唱片（光盘）（CD-DA）已可替代录音磁带，数字化电视光盘（Video-CD）正在替代录像带，只读式光盘（CD-ROM）代替软磁盘应用于个人和小型计算机上以及用一次写入光盘（WORM）或可录光盘（CD-R）代替磁带作计算机海量外存储已是十分明显的趋势。可擦重写光盘目前主要用于计算机的图像外存储上，要代替硬磁盘作联机存储应用还需要作较长期的努力。表 1.1 列举了 1993 年在信息存储应用中各类磁存储和光存储的应用容量，近几年虽有较大发展，但至今光盘存储容量在市场中还占少量，这就为光盘存储技术显示了今后应用的广阔前景和市场。

光盘存储和磁存储在计算机外存中所占的地位可以用图 1.1 表示。

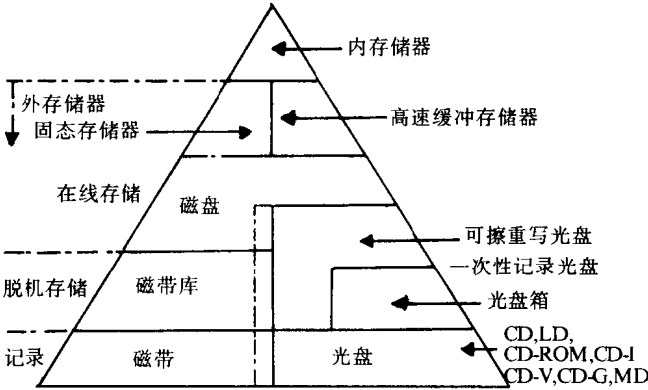


图 1.1 光盘存储和磁存储在计算机外存中所占的地位

表 1.1 信息存储的市场容量分布（1993 年）

应 用 领 域	磁、光存储方式	介质数量 ($\times 10^6$)	估计总存储容量 ($\times 10^{12}$ B)
专业用 信息技术	硬磁盘	50	15 000
	WORM 光盘	0.6	1 000
	磁光 (M-O) 光盘	3.0	1 500
	磁带	80	30 000
	软磁盘	3000	5 000
	专业用 CD-ROM 光盘	50	35 000

续表 1.1

应 用 领 域	磁、光存储方式	介质数量 ($\times 10^6$)	估计总存储容量 ($\times 10^{12}\text{B}$)
家用 信息技术	CD-DA 光盘	2000	1 200 000
	CD-ROM 光盘	15	10 000
	LD 光盘	50	600 000
	录像磁带 (空白)	1400	2 700 000
	录像磁带 (已录)	700	1 400 000
	录音磁带	3500	3 00 000

可以预计,今后几年在家用信息存储上,光盘存储技术可能会很快超过磁存储技术而占领市场,而在专业信息存储上,将以磁存储为主,两者并存,相互竞争,相互补充。表 1.2 列举了在计算机数据处理中不同环节对存储的要求及可选择的存储介质。

表 1.2 数据处理中对各种存储的要求

作 用	存 储 介 质	要 求
随机存储	半导体	
联机在线 (On line) 存储	硬盘盘	存取时间 $< 15\text{ms}$; 数据率 $> 3\text{MB/s}$; 可擦写次数 $> 10^7$ 次; 价格 < 2 美元/MB
联机不在线 (Off line) 存储	磁带、软磁盘、光盘	数据率 $0.25 \sim 1\text{MB/s}$; 容量 $0.5 \sim 4\text{GB}$; 寿命约 5 年; 可擦写次数约 5000 次
存档存储	磁带、光盘	寿命: 办公室文件 10~20 年, 医疗文件 30 年, 法律文件 100 年
数据交换	磁带、光盘	配合光纤通信, 数据传输率 1Gbit/s 建立标准
数据分布 (只读式)	磁带、软磁盘、光盘	CD-ROM 为上升的市场

1.2 光盘存储系统

数字光盘存储技术业已进入商品阶段的有三种类型: 只读存储 (Read Only Memory, ROM)、一次写入多次读出存储 (Write Once Read Many, WORM; 或 Direct Read After Write, DRAW) 以及可擦重写存储 (Erasable, DRAW-E)。

1.2.1 只读式光盘存储系统

这种系统只能用来读出已经记录在光盘中的信息, 不能写入信息。目前市场上的电视录像光盘系统和数字音响光盘系统属于这一类型。CD-ROM, 作为计算机的外部设备, 是一种海量存储系统, 盘片尺寸一般是 120mm (5 英寸), 每片单面可存储 $600 \sim 650\text{MB}$ 。多片的 CD-ROM 系统实际上是一个大数据库。CD-ROM 主要有三方面的应用。应用之一是作为数据记录介质, 它可以用来存储声视图像数据、文本和数字数据。CD-ROM 已经在这方面获得了广泛的应用, 吸引着愈来愈多的用户。CD-ROM 的应用之二在于公司内

部的数据分配。愈来愈多的大公司已经采用 CD-ROM 对公司内部信息, 诸如技术说明书、零件样本进行分配, 并日益认识到其潜在能力。这一方面的应用也有力推动了 CD-ROM 的市场。CD-ROM 应用之三是 CD-ROM 光盘软件。这种软件可在一张光盘上十分密集地存储 10 种以上广泛使用的参考文件, 并附含现有的信息交换标准, 可以很容易地从任何一种个人计算机文件处理程序中提取。光盘软件的出现为 CD-ROM 开拓了更广阔的应用天地。

CD-ROM 光盘都以复制法生产。先用激光刻录机将音频/视频信号调制的激光束刻录在涂有光刻胶的玻璃盘基上, 经过曝光、显影、脱胶等过程, 制成具有凹凸信号结构的正像母盘; 然后利用蒸发和电镀技术, 制成金属负像母盘; 最后用注塑法或光聚合在金属母盘上复制光盘。

光盘衬底材料一般采用聚甲基丙烯酸甲酯、聚碳酸酯和聚烯类非晶材料。

1.2.2 一次写入多次读出光盘存储系统

一次写入多次读出光盘存储系统 (WORM) 用于数据需要经常检查跟踪的场合, 主要用来取代纸张和缩微胶片进行文件密集记录, 诸如文件存档、图文处理、彩色印刷、计算机辅助工作站等。一张 130mm (5.25 英寸) 的 WORM 光盘可以存储 500~1000MB 的信息, 而且容量还在不断扩展。300mm (12 英寸) 盘的容量也已达到 4GB 以上, 而其区别于大容量硬盘的最大特点是可卸换性。这意味着其脱机存储的理论值为无限大, 而且用户永远不会丢失所存储的信息, 最适宜于长期保存信息存储。目前已有 TB (太字节) 容量的大型 WORM 系统, 用于专利、空间、航天等离机海量存储。

当前发展得很快的一次写入多次读出的光盘是可记录 CD (CD-R) 和照相 CD (Photo-CD), 它们均采用 CD 的制式, 即 120mm (5 英寸) 光盘可存储 600MB。CD-R 的读出的驱动器与 CD-ROM 驱动器兼容, 并且应用有机光存储介质, 因此记录的激光功率很低 ($<10\text{mW}$)。

WORM 技术都利用聚焦激光在介质上产生不可逆的物理和化学变化而写入信息, 如在低熔点碲合金上烧蚀出孔穴, 或用有机材料汽化后起泡, 或因吸热引起材料的相变。利用由此产生的微光斑区与周围介质在光反射率上的差异而记录信息。为增强这个差异, WORM 光盘一般采用多层结构: 在衬底上增加一层金属铝膜, 这既可增加孔穴的反射率, 又可因铝层反射光与介质表面反射光的相干而起增透消光作用; 还有的加一层隔热层, 以防止铝层的热扩散; 有些光盘介质折射率很高 (如碲合金), 为减小表面反射率, 在介质层上再加一层低折射率的电介质层 (如 SiO_2 等), 以起增透作用, 同时也起保护膜作用。

WORM 光盘基片带有预刻槽和制式, 以跟踪伺服和读写数据, 其制作方法与 CD-ROM 的相仿, 但精度要求更高。盘基材料有时用无机玻璃, 以保证其光、热稳定性和精密度。

图 1.2 示出了 WORM 光盘驱动器的结构。它也代表了其他光盘机的主要结构。

光盘 1 由主轴电机 2 驱动, 并用伺服电机 3 使其均速而稳定地转动。半导体激光器 4 发出的激光经准直透镜 5 和分束棱镜 6 后, 由反射镜 7 经聚焦透镜 8 会聚在光盘的存储介质表面。半导体激光器的电源控制器 9 可根据记录信号调制激光脉冲和用输出功率

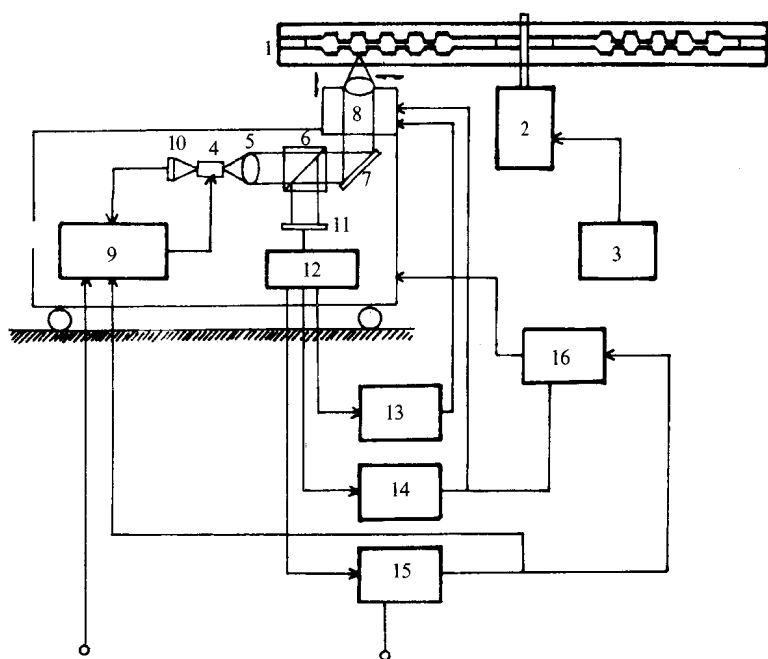


图 1.2 一次写入多次读出光盘驱动器系统结构

1. 光盘 2. 主轴电机 3. 伺服电机 4. 半导体激光器 5. 准直透镜 6. 分束棱镜
7. 反射镜 8. 聚焦透镜 9. 半导体激光器的电源控制器 10, 11. 探测器
12. 前置放大器 13. 调焦伺服 14. 跟踪伺服 15. 数据处理系统 16. 径向伺服控制系统

探测器 10 的信号来稳定激光功率。从光盘表面反射的探测激光从原光路折回到探测器 11，电信号经前置放大器 12 分别进入调焦伺服 13、跟踪伺服 14 和数据处理系统 15。光头和光学系统装在一小车上，由直线电机及径向伺服控制系统 16 驱动。

1.2.3 可擦重写光盘存储系统

可擦重写光盘存储技术是近 10 年开发出来的新一代光盘存储技术，它使光盘存储技术克服了以往不可擦除的弱点，从而能与磁记录存储技术相竞争，而且可擦重写光盘也可以与计算机联机使用。光盘可擦重写技术的关键是解决新的存储介质材料，经多年的努力，目前在磁光型和相变型存储材料上得到突破而实用化^[1]。

1. 磁光型可擦重写光盘技术

磁光型可擦重写光盘的读、写和擦的过程见图 1.3。在信息写入前，用强磁场对介质进行初始磁化，使介质的磁畴具有相同的方向。磁光介质的主要特征是具有磁各向异性而产生垂直磁记录磁畴。激光聚焦区域的磁光介质吸收激光能量后，当温度升至居里温度或补偿温度时，净磁化强度为零（退磁），在写入激光束很快离开聚焦点后，在外磁场下产生磁化方向与周围相反的记录微区磁畴，这就是写入过程 [图 1.3 (a)]。信息的读出是利用磁光克尔效应。当线偏振的激光束入射到磁光介质时，反射激光束的偏振面会产生旋转，这个旋转角称为克尔角 [图 1.3 (b)]。信息的擦除过程与写入过程相同，只是把外磁场方向反转过来 [图 1.3 (c)]。因此，一般对磁光光盘两次操作，第一次是擦

除原有轨迹上的信息，第二次是写入新的信息。近年来，用激光调制和磁场调制实现了磁光光盘的直接重写。经多年研究，目前实用化的磁光光盘材料是稀土-过渡金属非晶态合金。因为是非晶态薄膜，不会像多晶材料的晶界面那样产生噪声，且容易产生垂直磁化和有一定的克尔角值（一般在 $0.3^{\circ} \sim 0.4^{\circ}$ ）。为提高克尔角，可以用多层膜结构，用干涉增强的方法。通过合适的多层膜结构设计，可使克尔角提高到 1.5° 。表 1.3 列出了最近日本富士通公司推出的 3.5 英寸磁光盘驱动器和小型光盘存储系统的性能，它已可以与硬磁盘存储系统相媲美。

表 1.3(a) 富士通 M2511A 型光盘驱动器性能

数据传输率	驱动器	1.09MB/s
	接口	4.0MB/s (同步) max, 2.7MB/s (不同步) max
寻找时间	短程 (64 轨迹)	15ms
	1/3 冲程	30ms, 35ms (max)
	冲程	60ms
转速		3600r/min
平均等待时间		8.3ms
记录密度		24, 400BPI
转迹密度		15, 875TPI
记录码		RLL (2/7)
加载/卸载时间		5s/3s
存储容量		256MB (512B 制式)
缓冲大小		256KB
接口		SCSI-2
功耗	+5VDC $\pm 5\%$	+5V $\pm 5\%$ (脉冲电压 $< 50\text{mVPP}$), 2.0A
尺 寸	高 (H)	25.4mm (1.0 英寸)
	宽 (W)	101.6mm (4.0 英寸)
	深 (D)	146.0mm (5.7 英寸)
质量		550g

表 1.3(b) 富士通 “Mini Eddy” 光盘存储系统的性能

型 号	Model (M2522)	Model (M2531)
光盘数目	32	
容量 (GB)	8.1	22.4
光盘	3.5 英寸可擦除 (加一次写入功能)	
单片容量 (MB)	230	640
驱动器数目	1 或 2	
转移时间 (s)	4	
数据传输率 (MB/s)	0.92~1.47 (维持)	---

续表 1.3 (b)

型 号		Model (M2522)	Model (M2531)
寻址时间 (ms)		35	
转速 (r/min)		3600	
加载/卸载时间 (s)		5/3	
尺寸 (mm)		135 (H) × 330 (W) × 380 (D)	
输入	电压	AC90~264V	
	频率	47~66Hz	
功耗 (W)		50Max	---

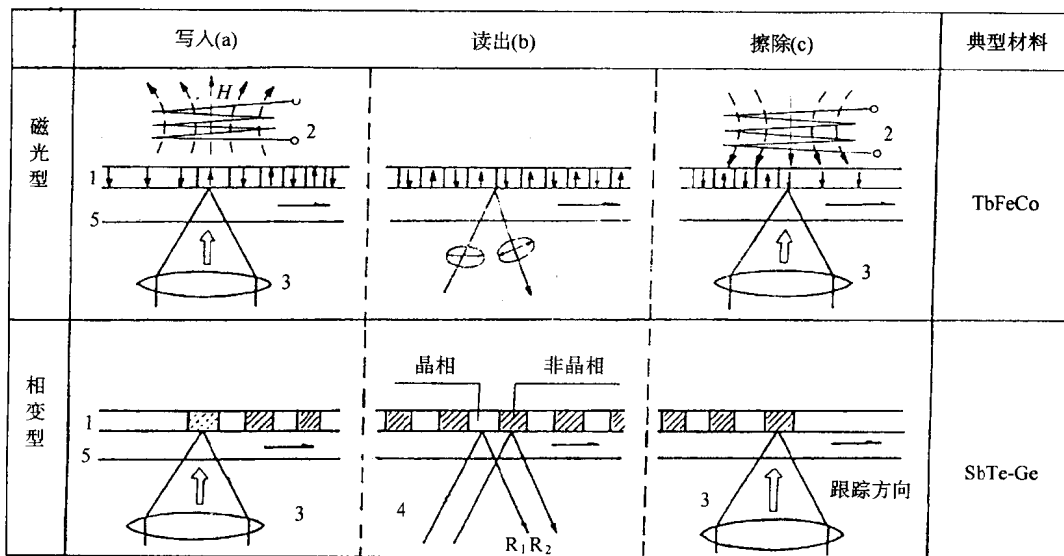


图 1.3 磁光型和相变型可擦重写光盘的工作原理

1. 记录介质膜 2. 磁场线圈 3. 激光束 4. 弱激光束 5. 基板

2. 相变型可擦重写光盘技术

利用在晶态和非晶态之间可逆向的相变来制作可擦重写光盘历史悠久。近 10 年来有很多这方面的研究工作。开始大多着眼于碲基化合物和合金材料，以后也开拓了非碲基材料。激光引起的材料的相变与激光束的功率和脉冲宽度有关。相变型光盘的存储介质薄膜一般先结晶成颗粒微小 ($<1\mu\text{m}$) 的多晶状态。高功率和短脉宽的激光束聚焦到薄膜上，介质吸热后迅速升至熔点并在急冷的条件下形成非晶态，这是写入过程。由于晶态和非晶态的材料折射率和反射率不同，因此记录点与周围介质在反射率上有明显反差。

读出，就是用小功率的激光束来检出这种反射率差。一般用较长脉宽和较低功率的激光束再作用于记录点，使该点温度上升到低于材料的熔点而高于非晶态的转变温度，以产生重结晶而恢复成多晶状态，这就是擦除的过程。图 1.3 也表示了相变型光盘的写、读、擦的过程。

近年来国内外的大量工作是围绕缩短擦除时间（加快晶化速度），提高晶态和非晶态反衬度，增强非晶态及多次擦除中材料的稳定性等多方面展开的。当擦除的激光脉宽和写入的激光脉宽相当时（约 100ns），相变型光盘可以进行直接重写，这大大地缩短了数据的存取时间。1991 年，日本松下公司推出了可直接重写的相变型光盘和驱动器正式产品 LF-7010，可以认为这是可擦重写光盘系统的一个突破。

可擦重写驱动器作为新一代的存储设备，已为世界光存储领域期待已久。由于其区别于 WORM 驱动器的可擦重写特点，而最终向传统磁盘的计算机外设地位提出正式的挑战。与 WORM 驱动器相似，早期的可擦重写驱动器大多用于图像存储和文件存储，其他则与 DEC, IBM, PC 和 HP 计算机设备配套使用。由于可以对已写入的文件加以改写，所以比 WORM 具有更大的灵活性。实验表明，可擦重写介质的寿命可望高于一次写入介质的估计寿命。故在办公文件系统中，也趋于采用可擦重写驱动器，容量多在 1GB 以上。

可擦重写光盘系统近年的发展是在家用和文娱应用上。索尼公司发展了 2.5 英寸的微小磁光盘（Minidisk, MD），作为新的高清晰的携带式录音机（Walkman）推向市场。最近，飞利浦公司又带头组织发展可擦重写 CD（Erasable, CD-E）作为 CD 系列的新发展，推向家用市场。

1.3 光盘存储市场

近 5 年来，光盘存储市场的发展很快，已成为光电子重要技术产业之一。日本光产业技术振兴协会公布了 1989~1993 年各类光盘驱动器和光盘盘片的产值增长的统计结果，见表 1.4^[2]。

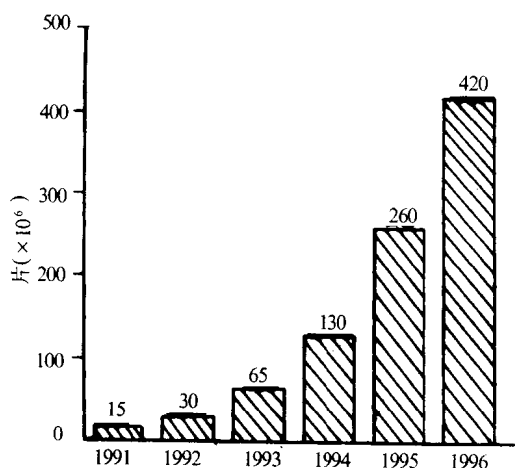


图 1.4 CD-ROM 光盘片市场发展预测

1995 年，日本光盘存储产业的总产值近 15 000 亿日元（约 140 亿美元），已超过了日本光通信产业的总产值（120 亿美元）。根据美国光电子工业协会的统计，1993 年美国国内市场光盘存储产品的销售额近 100 亿美元，其中 CD 和可录音盘占 68%，视盘和可录视盘为 12%，计算机联用光盘占 20%^[3]。最近的资料表明，各类光盘在近两年皆有很大的增长，见表 1.5。从表 1.4 和表 1.5 可以看出，CD-DA 因为以往（1989 年前）在日本已有很大的发展，所以前几年增长的速度较慢，但从国际市场看，近两年仍有很快的发展。从 1982 年 CD-DA 光盘出现，

至 1994 年，CD-DA 已达年销售量 20 亿片。近两年，CD-ROM 已有很快的发展，CD-

ROM 光盘片的销售量每年成倍增加, 这种增长的势头以后几年将会保持, 见图 1.4。图 1.5 表示历年来 CD-DA, CD-ROM 光盘的发展趋势^[4]。

表 1.4 日本国内光盘存储产业的发展 (亿日元)

品 种 \ 年 份		1989	1990	1991	1992	1993
光盘装置 (驱动器)	数字音盘装置 (CD-DA)	4 932	4 860	5 000	5 071	4 730
	激光视盘装置 (LD)	1 392	1 476	1 276	1 376	1 525
	只读式装置 (CD-ROM)	135	169	263	600	1 196
	一次记录光盘装置 (WORM)	355	374	125	182	66
	可擦重写光盘装置 (DRAW-E)	100	204	291	429	43
	总计	6 914	7 083	6 955	7 658	8 056
光盘介质 (盘片)	数字音盘 (CD-DA)	2 943	3 429	4 066	4 545	4 982
	激光视盘 (LD)	1 078	1 357	1 351	1 148	883
	只读式光盘 (ROM)	5	18	52	247	371
	一次记录光盘 (WORM)	39	67	62	94	105
	可擦重写光盘 (DRAW-E)	6	33	75	122	179
	总计	4 070	4 903	5 606	6 156	6 520
其 他		143	175	274	240	322
市场总计		111 28	12 162	12 836	14 053	14 897

在 CD 系列中, 近年来可记录 CD (CD-R) 和视像 VCD (Video-CD) 的兴起特别引人注意。从表 1.5 可以看出, 这两种 CD 系列的销售量皆以几倍的速度上升。CD-R 光盘的读出可以用 CD-ROM 的驱动器, 而且写入的激光功率低, 因此有可能代替 WORM 专业用光盘及装置。表 1.6 列出了韩国三星电子公司对 CD-R 光盘驱动器和盘片今后市场发展的预测。近年来我国 VCD 市场发展迅猛。1994 年全国 VCD 光盘机不足 2 万台, 而到 1996 年就突破 450 万台。1996 年全国 CD-DA, VCD 和 CD-ROM 的产量已占全球销售量的 10% 以上。

表 1.5 光盘盘片在 1992 年与 1994 年的国际销售量比较 ($\times 10^6$ 片)

类 型 \ 年 份	1992	1994
CD-A	1 280	2 000
LD	50	50
CD-ROM (CD-ROMXA)	30	180
CD-I	2	6
Video CD	—	3
CD-R	1	4
WORM	0.5	0.7
MD (MO)	—	2
ISO-MO	1	6

从专业用数字光盘存储市场中可以看到，可擦重写光盘和装置是发展最快的，每年皆以成倍的速度增长，其中仍以磁光 (M-O) 光盘和装置为主。MD-MO 光盘及驱动器从 1992 年日本索尼公司首先推向市场后虽有每年成倍的增长，但未达到预先的期望，因为磁光光盘驱动器结构复杂，使驱动器的价格很难迅速下降，影响了在家用市场中的销售。在与硬磁盘及装置竞争中，只有可擦重写光盘的存储密度再进一步提高，光盘装置的数据存取时间不断缩短，才会有更大的市场。

表 1.6 CD-R 记录器和 CD-R 盘片发展预测 (韩国三星电子公司)

类 型 年 份	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
D-R 记录器 ($\times 10^3$ 片)	4	12	40	500	2 800	7 000	12 000
积累 ($\times 10^3$ 片)	4	16	56	556	3 356	10 356	22 356
CD-R 盘片 ($\times 10^5$ 片)	6.8	22	56	455	2 349	8 014	13 678

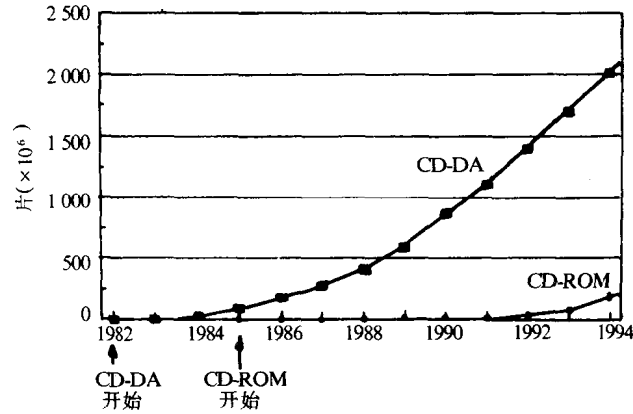


图 1.5 CD-DA 和 CD-ROM 光盘片的增长趋势

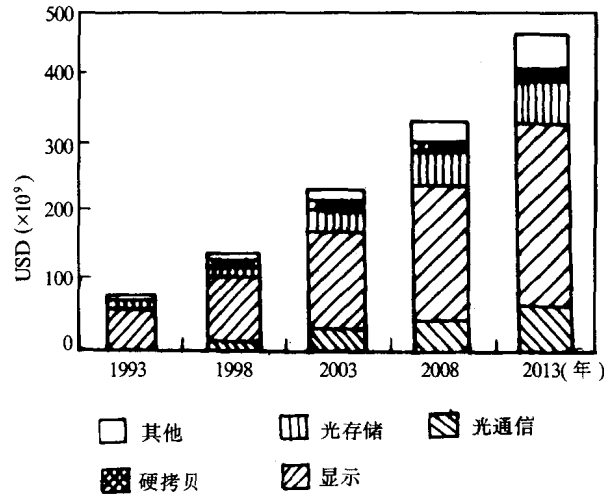


图 1.6 光电子设备市场预测

美国光电子工业协会在《光电子技术发展纲要》中预测了今后 20 年内美国几类光电

子产业的发展，指出光存储产业是主要的光电子产业，仅次于光电显示产业（包括阴极射线管 CRT 和液晶显示器 LCD），与光通信产业（包括地区网络和个人用户网络）相当（见图 1.6）。美国光盘存储技术产业发展的趋势见图 1.7，估计每年以 30% 的速度发展，到下世纪初光盘存储产品的销售额达 300 亿美元。同时估计计算机用的光盘产品将占主体。

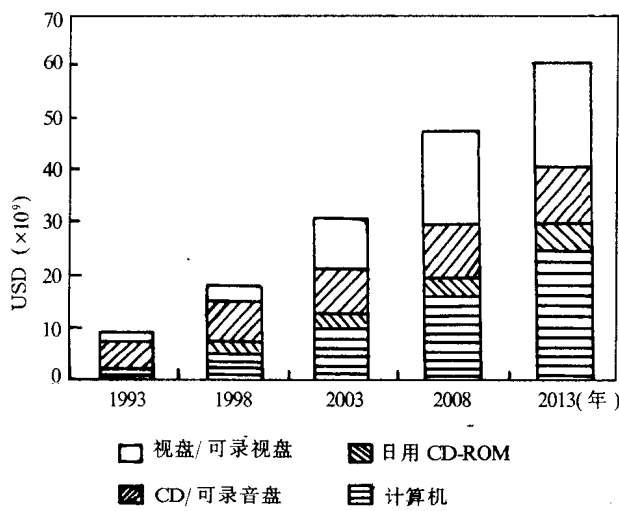


图 1.7 美国光盘存储市场的预测

1.4 光盘存储技术的发展

通过各种单元技术的改进和革新，光盘存储和磁盘存储在密度、存取时间和数据率上不断发展，作为适用于 2000 年计算机外存的第三代存储器，由于届时微型计算机和小型计算机的处理速度将达到每秒 10^6 条指令，半导体随机存取的内存容量将达到 1GB，故外主存储必须达到 10GB，数据率为 100MB/s。这些参数大概是目前水平的 20 倍。表 1.7 为预测到 2000 年时的磁盘存储和光盘存储的技术数据比较^[5]。

对于光盘存储技术来讲，提高数据率主要从减轻光头重量和改进寻址机构出发，近期现实的途径是采用单片非球面塑料物镜。采用分离式光头系统，使平均存取时间达到 20ms 是近几年可以实现的。采用光纤之后，薄膜透镜（菲涅尔透镜、全息透镜等）可以进一步缩短存取时间。采用“表面声波偏转光学头”技术，用 Ti:LiNbO_3 光波导和交指换能器 IDT，中心频率 250MHz，在 100 道中细寻址只需 $100\mu\text{s}$ ；采用变频率来跳道，可以消除 5~10ms 的机电伺服调整时间，目前应用于 300mm 磁光光盘机，数据存取时间已达到 14ms^[6]。最新的光学头运动机构采用飞行光头的方法，这将使数据率大幅度提高。富士-施乐公司用飞行光学头，在 90mm（3.5 英寸）光盘的直接寻址时间为 10ms。

对于光盘存储技术来讲，提高存储密度的途径还有“光道密度加倍方法”，即在“台”和“槽”上皆记录，通过采用数字信号处理的多光束光学头技术，消除道间串扰。缩小节距（从目前的 $1.6\mu\text{m}$ 缩至 $0.8\mu\text{m}$ ），道密度可提高 50%，因此很快将有 4GB 的