

242

71-1111
1.6

光盘系统及其应用

李正本 马增令 沈壕 编著



A0942768

北京工业大学出版社

内 容 简 介

本书系统而较全面地介绍了各类光盘及其播放机的工作原理和操作。内容包括光盘的基本原理、光盘家族及其规格,激光唱片(CD)和激光唱机,激光视盘(LD)和视盘机,数字小型视盘(VCD)和视盘机,数字通用光盘(DVD)系统,只读光盘(CD-ROM)和驱动器以及新型光盘等。

全书注重科学性、知识性和实用性是一本反映现代光盘技术成就的高级科普读物,也是一本具有完整资料的手册。

图书在版编目(CIP)数据

光盘系统及其应用/李正本编著. —北京:北京工业大学出版社, 2001. 1

ISBN 7-5639-0893-5

I. 光... II. 李... III. ①激光唱机-基本知识②激光放像机-基本知识 IV. TN946.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 74988 号

光盘系统及其应用

李正本 马增令 沈嵘 编著

*

北京工业大学出版社出版发行

邮编 100022 电话 67392308

各地新华书店经销

徐水宏远印刷厂印刷

*

2001 年 1 月第 1 版 2001 年 1 月第 1 次印刷

787 mm×1 092 mm 16 开本 14.5 印张 355 千字

印数: 1~3000 册

ISBN7-5639-0893-5/T·157

定价: 22.00 元

前 言

70 年代发明了用激光束记录和读取模拟图像信号的激光视盘 (LD)，不久，在 70 年代初数字式的激光唱片 (CD) 问世，其优良的信号质量、无磨损、操作方便等优点使光盘的发展如日中天，它已不仅在声像领域，而且在计算机中、各种信息的记录和储存中均获得了广泛的应用，例如先后出现了 CD-DA、CD-ROM、CD-G、CD-I、Photo-CD、CD-EG、CD-E、CD-R 等。尤其在 80 年代末，数码压缩技术有了很大的突破，随后在 90 年代初出现了数字通用光盘 (DVD)，使光盘的发展步入了一个新阶段。先后出现了 DVD-V、DVD-A、DVD-ROM、DVD-R、DVD-RAM 等。现在 CD 和 DVD 这两类光盘已形成了两大系列，受到全世界广泛的关注。在我国，光盘同样也飞快的发展，而且介乎两类光盘之间的 VCD 及其视盘机已深入到千家万户。于是迫切要求了解各种光盘性能及其播放设备的人们也愈来愈多。为此，我们编写了这本普及型读物，向对各种光盘感兴趣的广大读者介绍从 LD、CD 家族、VCD、DVD 家族等各种光盘的构造、信号处理、码率压缩技术、记录播放设备的工作原理，并对今后的发展作出预测。

同一种光盘，各种型号的记录、播放设备的工作原理基本相同，但其电路构成、光学和机械结构则各有不同。本书的重点放在原理性的阐述，其目的在于向对光盘有兴趣的广大科技工作者和各种光盘的使用者提供系统的基本原理，以促进光盘这一新型信息媒体在我国的发展。

本书共分 9 章。其中第 1、6、7、9 章由李正本同志编写，第 3、8 章由沈嶸同志编写，第 2、4、5 章由马增令同志编写。

由于时间和水平所限，难免有遗漏及错误之处，尚请读者不吝指正。

编 者

目 录

第 1 章 绪论	1
1-1 图像及声音记录的回顾	1
1-2 图像及声音记录方式的分类	4
1-3 光盘概况	4
1-4 光盘机概况	8
第 2 章 光盘的基本原理	11
2-1 光盘的发展过程	11
2-2 光盘的构造	13
2-3 光盘的制作过程	15
2-4 信号的拾取和拾取器的伺服系统	17
2-5 光盘转速控制	30
2-6 光磁记录 and 重放	31
第 3 章 光盘家族及其规格	35
3-1 光盘符号及其名词术语	36
3-2 光盘家族	36
3-3 光盘标准文件	40
第 4 章 激光唱片 (CD) 和激光唱机	44
4-1 人耳对声音的要求	44
4-2 数字音频技术的基本原理	47
4-3 编码和纠错	61
4-4 激光唱片的编码过程	71
4-5 激光唱机	79
4-6 微型唱片 (MD)	84
第 5 章 激光视盘 (LD) 和视盘机	103
5-1 激光视盘 (LD) 的信号构成	103
5-2 激光视盘 (LD) 的测试信号	109
5-3 LD 上的数据	113
5-4 LD 视盘机	118
第 6 章 小型数字视盘 (VCD) 和视盘机	122
6-1 心理声学 and 码率压缩	122

6-2	MPEG-1 视频编码标准	127
6-3	MPEG-1 声音编码标准	135
6-4	VCD 视盘系统	139
6-5	VCD 视盘	147
6-6	VCD 视盘机	151
第 7 章	数字通用光盘 (DVD) 及其光盘机	160
7-1	MPEG-2 视、音频编码标准	160
7-2	DVD 视盘系统	167
7-3	DVD 光盘的制作	188
7-4	DVD 光盘机	193
7-5	DVD 的版权保护与分区管理	198
第 8 章	只读光盘 CD-ROM 和驱动器	201
8-1	引言	201
8-2	CD-ROM 标准	201
8-3	CD-ROM 光盘	203
8-4	CD-ROM/XA 光盘	205
8-5	CD-ROM 驱动器	206
8-6	CD-ROM 的应用	208
第 9 章	新型光盘	209
9-1	可写入一次的 CD-R 光盘	209
9-2	可写入一次的 DVD-R	214
9-3	可改写的 DVD-RAM	217
9-4	光盘系统展望	219

绪 论

视听是人类接受外来信息最重要的手段，但是眼睛看到的景象和耳朵听到的声音可能转瞬即逝，因此人们很早以前就产生了记录图像和声音的愿望。在巴西阿米拉洞穴发现了前远古人类留下的绘画，记录图像和声音也许那时还是他们的梦想。19 世纪 70 年代，爱迪生发明了留声机，揭开了人类文明历史新的一页。到 20 世纪 80 年代，科技的“催生婆”使激光唱片来到人间，把百年发展的唱片业推进到全新的数字化时代。CD 与多项新技术结合诞生了 CD-ROM、VCD 等许多新产品，并已经渗透到人们的生活之中，给人类带来了许多乐趣和享受。孜孜以求的努力使人们在 20 世纪末的最后几年里，终于挖掘出了深埋在技术宝库中 DVD 这盏放射出五彩光芒的“阿拉丁神灯”。它一面可记录 133 min，两面可记录 4 个半小时高画质、高音质环绕声的电影，9.4 GB (GBytes) 的巨大容量可以记录相当 94 亿字符的文字信息，人类从来没有像今天这样拥有如此方便、小巧、大容量的记录手段，这种魔幻般的小图片将对人们的生活产生巨大的影响，实现人们各种美好的梦想。

但是回想起来，能够记录活动的图像和连续变化的声音，还只是近百年的事情。自从爱迪生发明了留声机，录有声音的“唱片”从此诞生，这是人类记录声音的开始。1895 年电影的诞生使记录活动图像的愿望得以实现。100 多年来随着技术的进步，图像和声音的记录技术也在不断革新，记录的方式、媒体和质量都发生了巨大的变化。图像媒体除了胶片以外，还普遍采用了磁带和光盘；声音的记录也由早期的模拟唱片，发展到磁带、磁盘和光盘。进入 80 年代后，图像和声音的记录发生了巨大变化，信号的处理正在由模拟向数字过渡，记录媒体除胶片、磁带以外，正在向光盘急速扩展，由于光盘记录实现了高密度、大容量，使用方便、能长期保存，因此受到人们的高度重视，已经诞生了多种规格的光盘产品，为图像及声音的记录展现了美好的前景，有的产品现在已普及到千家万户，成为人们生活中不可缺少的用品。

光盘的大量应用始于图像及声音的记录，从 1981 年 LD（激光视盘或镭射影碟）投放市场至今只有 17 个年头，但是其突出的优点使它绝不仅限于此，正在向文字、数据记录和电子出版物等方面发展，已经成为电子计算机不可缺少的组成部分。在我们的生活和工作中扮演了越来越重要的角色。

1-1 图像及声音记录的回顾

从 100 年来图像和声音录放的历史来看，记录媒体基本可分为唱片（广义上应称为盘形媒体）、磁带（包括音频和视频磁带）和胶片三大类，如图 1-1 所示。1877 年爱迪生发明的留声机是人类记录声音的开始，10 年后贝林纳在圆筒留声机的基础上发明了圆盘留声机，这是唱片的先驱。到 1902 年前后，圆盘留声机和唱片已无可争议地代表了唱片业的方向。大约 25

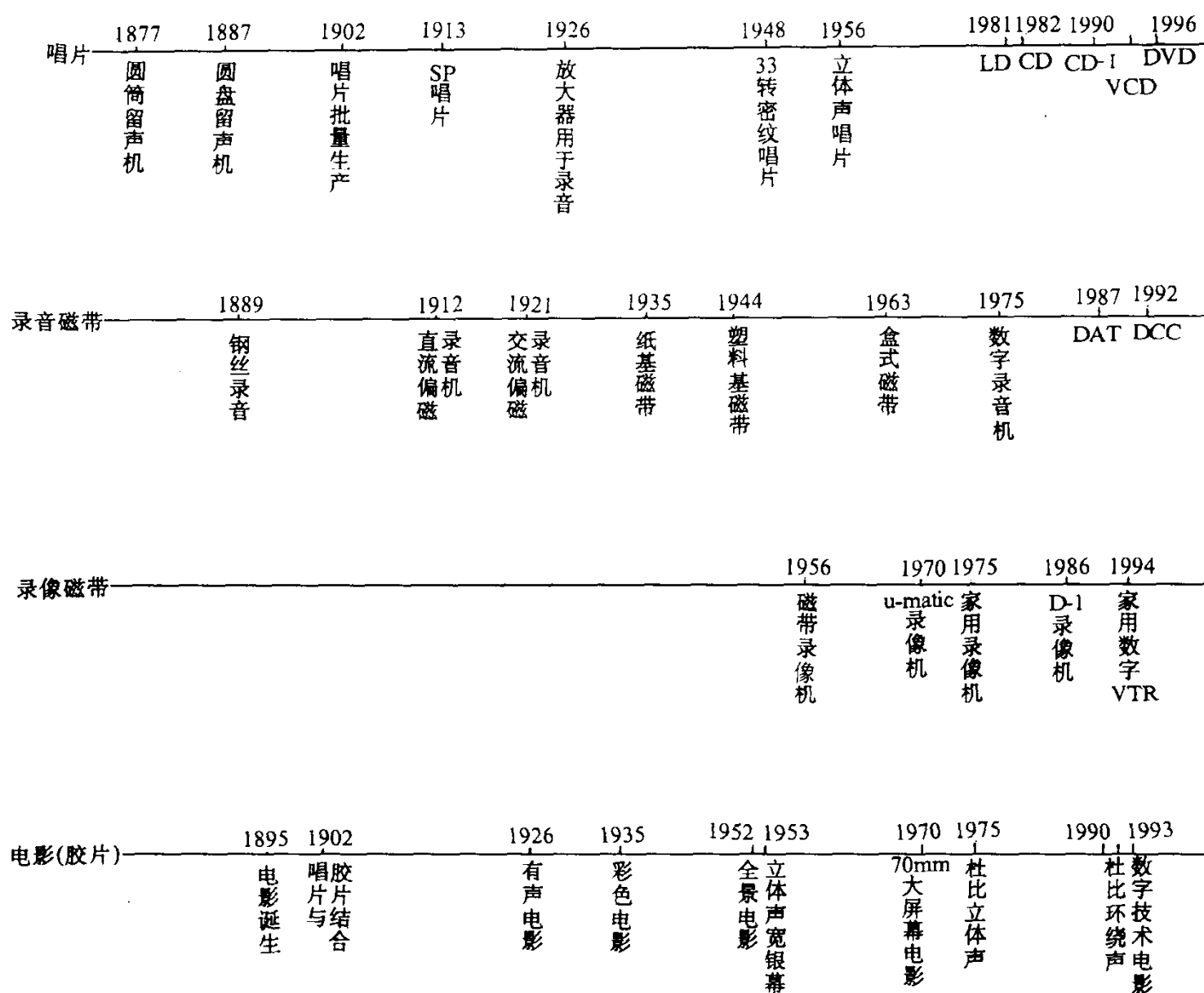


图 1-1 记录图像及声音的主要媒体

年后的 1926 年，真空管放大器应用于留声机领域，可以放大传声器输出的微弱电信号，推动唱针进行刻纹，不仅可以减轻演员的劳动强度，而且使记录声音的质量大为提高，是声音记录和重放上的一次革命。1948 年 33 转慢速密纹唱片诞生，增加了录放时间而且提高了声音的质量。1956 年人们在单声道唱片的基础上，发明了利用唱片纹槽和法线成 45° 角的两个侧面，记录左、右声道信号的立体声唱片，实现了声音录放的又一次飞跃。到了 70 年代，唱片经过多次重大的技术进步，已形成完整的高质量生产制作系统，唱片和唱机组成的放唱系统，在频响和动态上达到 20 kHz 和 65 dB 的当时最高水平，攀登上了时代的最高峰。在此同时唱片开始向视频领域扩展，西德、荷兰、美国、日本等采用了最先进的科技成果，先后研制成功机械方式、激光方式和电容方式的视盘（电视唱片），使其信息存储密度大幅度提高。经过优胜劣汰的激烈竞争，激光方式的电视唱片终于站住了脚，这就是 1981 年诞生的 LD（激光视盘，也叫镭射影碟）。LD 受当时条件的限制，虽然在信号处理上还是采用模拟方式，因而体积比较大，但是 400 线以上的高画质和使用方便的突出优点，使它长期以来在娱乐界一直雄踞霸主的地位。电视唱片所开创的用激光实现的高密度记录和重放技术，更是吸引了广大音频工作者，并努力把它引入音频信号的记录。

在此同时，音频信号数字化技术也在不断发展，日本 NHK 的研究人员创造性地把最先进

的数字技术应用于音频信号的记录和重放，于1969年试制成双声道PCM数字录音机。由于数字记录比模拟记录具有更高的质量，所以很快成为一种发展趋势，到70年代末，用PCM方式实现音频数字化已经成熟并积累了经验，数字技术之花和电视唱片高密度记录技术相结合，于是在80年代结出了CD（激光唱片）之果，记录声音的唱片发生了质的飞跃，跨入了数字化光盘记录的新时代。

和其他的记录形式相比，CD、LD具有优良的音质，没有针音和噪声，寿命是半永久的，多次使用图像和声音质量不会劣化，不易受尘土等污染，可以瞬时选曲使用非常方便，是一种划时代的产品。到1988年前后全世界CD的产量赶上了发展100多年的模拟唱片，成为唱片业的主角。光盘媒体用于图像和声音的记录，显示出许多突出的优点，在以后的十几年间得到了迅猛发展，在数量上增长很快，到1997年为止全世界累计生产了CD约100亿张，各种CD播放设备的拥有量近6亿台（件）。在品种上更是层出不穷，相继诞生了CD-ROM、CD-I、CD-G、CD-V、CD-I FMV、VCD、Photo CD、LD-G、LD-ROM等一系列光盘产品，形成了绚丽多彩的光盘产品家族。1996年11月投放市场的数字通用光盘（DVD），把光盘产品的应用推向了新的高峰，它不仅可以用于图像和声音的高质量录放，还可以记录数据和文字，现代社会生活的许多领域它几乎都可以涉足。

磁带是记录图像和声音的另一种主要媒体。早在1889年就提出了钢丝录音的概念，20多年后的1912年才出现有使用价值的直流偏磁的钢丝录音机。1921年研究出了交流偏磁的录音机。1935年出现了纸基磁带，这是磁性记录的一次巨大进展，是现代磁带的先驱。在这以后的几十年间，虽然带基材料改成了塑料，磁层性能有了很大提高，由音频磁带发展到视频磁带，但基本原理和结构没有根本性的变化。1963年飞利浦公司发明了盒式磁带，这是磁带进入家庭最革命性的一步。此后的20多年里技术上不断进步，开发出了杜比B、C降噪技术和HXPro动态扩展技术，使家用磁带录音机也达到了很高的水平。从70年代开始，数字磁带录音机就展露头角，1987年DAT录音机登场，1992年DCC（数字盒式音带）投放市场，把记录声音的质量提高到一个新的水平。

磁带在录像方面的历史比录音短很多，1956年美国的Ampex公司开发了可记录黑白电视信号的最早的专业用VTR，使用旋转磁头和频率调制（FM）的方法进行记录，录1小时节目需6kg的开盘磁带，此后进行了不断改进，磁带宽度减小但性能有所提高。1970年U-matic录像机投放市场，不仅使磁带宽度减为3/4英寸，而且采用外盒封装，大大方便了使用。此后Betamax和VHS方式的家用录像机相继投放市场，并展开了激烈的竞争。在模拟VTR诞生30年后的1986年，D-1方式的数字VTR登场了，这是人们研究开发录像机成果的高度结晶，把磁带录像推进了一大步。此后又相继开发出了D-2、D-3、D-5、数字Betacam、DVCPRO、Betacam SX、Digital-S等格式的数字VTR。在开发专业数字VTR的基础上，于1994年提出了1/4英寸家用数字VTR的方案，并于1995年底实现了产品化。磁带作为记录图像和声音的一种重要媒体，正在沿着自己的方向前进。在专业视频领域，用光盘进行记录和编辑作业在近年也有了一定的发展。

记录和重放图像及声音的另一种方式是电影，它的记录媒体是用感光层记录信息的胶片。1895年法国人路易·卢米埃兄弟在巴黎首次用活动电影机放映了影片，从而诞生了电影。初期的电影是声画分离的双系统，当时记录声音用的是唱片。20年代末光学录音技术逐步成熟，声画合一的系统终于实现，在胶片上采用光学声迹的变积式光学录音方式一直沿用至今。1935

年彩色电影诞生，此后电影在改进胶片乳剂颗粒、增大屏幕、实现环绕声等方面又取得了很大进步。70 年代电视技术发展后，影视竞争进入高潮，同时也促进了影视技术的互相渗透。90 年代初，数字技术开始用于电影的视、听效果处理，此后得到了高速发展，使电影的技术质量和艺术感染力达到了前所未有的水平，为百年发展的电影注入了新的活力。

现在，一部电影除了用拷贝在影院放映收回资金外，还要做成影带、影碟销售，两者的收入比例大约是 3：4。DVD 诞生后销售收入的比列还会提高，光盘产品的作用将会更大。

1-2 图像及声音记录方式的分类

图像及声音的记录方式，概括起来可分为机械记录、磁性记录和光记录三大类，如图 1-2

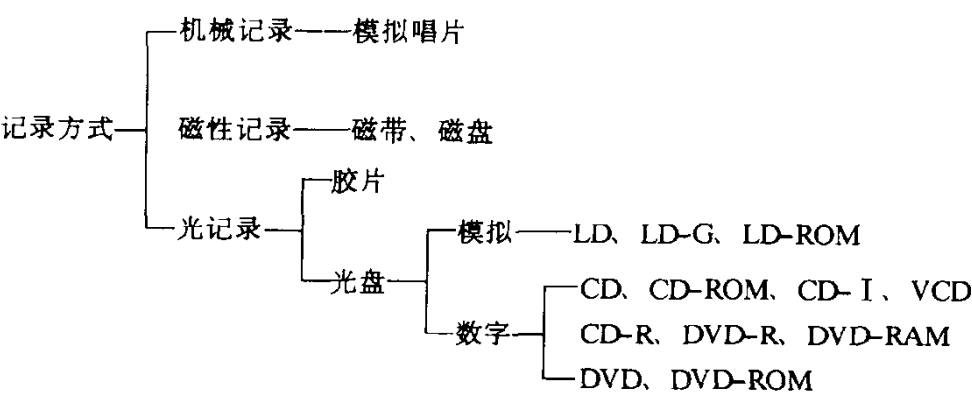


图 1-2 图像及声音记录方式的分类

所示。机械记录主要是模拟唱片，在历史上它曾占过主导地位，但现在产量已经很少。在磁性记录中，按载体形式可以分为磁带和磁盘两部分。磁性记录的最大特点是可以擦去信号反复录放，因此使用方便。磁盘具有平面检索快速准确的优点，近年来发展较快。

光记录按载体形式可以分成胶片和光盘两部分，胶片由于制作工艺及放映设备复杂，主要应用于电影等专业领域。光盘是 80 年代以后崛起的新型媒体，由于具有记录密度高、容量大、体积小、使用方便、易于保存等一系列优点，所以发展快，是信息化社会中很有发展前途的记录图像、声音、数据、文字等信息的装载式媒体。

1-3 光盘概况

光盘媒体与磁带、磁盘等媒体相比具有以下特点：

- (a) 记录密度高，一张光盘容量可以做得很大。光盘的读写是通过聚焦的激光束进行的，所以光束聚焦点的直径决定了记录信息的密度。CD 诞生的 1982 年，可以实现光点直径约 1 μm ，相当 1 bit 的记录面积 1 μm^2 ，比磁盘的记录密度大十余倍，一张 CD 的容量可达 550 MB。到 1995 年，一张直径 120 mm 的预录光盘单面容量可达 5 GB，一张可改写光盘的容量可以做到 2.6 GB。
- (b) 读/写激光头与光盘不接触，多次使用不会产生磨损。光盘的透明片基一般在 1.2 mm 左右，激光束在光盘表面的光点直径约 1 mm，直径几 μm 的灰尘和几十 μm 宽的划痕，都不会对光束产生大的遮挡，因此也不会影响正常工作。
- (c) 由于是平面非线性检索，因此寻址快可随机读取。
- (d) 数据读写速度快，数据传输率现在已可做到 10 Mbit/s 左右。
- (e) 光盘用完可取出保存，携带及使用都很方便。光盘的存放期限一般认为可达 50 年，比

磁带更优越。

光盘媒体由于有许多优点，所以它不仅是传统的模拟唱片的换代产品，且发展成为图像、文字、数据的一种重要的装载式媒体，正处在蓬勃发展的阶段，新产品不断涌现，性能指标不断提高。光盘媒体从记录信息的功能来看，分为预录光盘、可写入一次光盘和可改写光盘3类，它们的用途既有共同之处，又有各自的侧重点。

1. 预录光盘

预录光盘就是用录有图像、声音及其他信息的母带，经过母盘刻录（刻片灌录）、制版（电铸）、模压（注塑）成型等一系列的工艺过程，将母带上的信号预制到光盘之中。这种光盘内的信息不能改写，只能读取，因此也叫只读光盘。录入的信息在光盘内部是以信息面上不连续的坑槽来体现。CD家族的大部分成员都属于预录光盘，其中包括CD-DA（数字音频CD）、CD-ROM（CD只读存储器）、CD-I（交互式CD）、CD-I FMV（带全屏活动图像的交互式CD）、Photo CD（CD照片）、CD-G（带静止图形的CD）、CD-V（带5 min活动图像的CD）、VCD（小型数字视盘）等。图像信号以模拟方式处理的LD、LD-G、LD-ROM也属于预录光盘。另外，计算机存储数据用的一些130 mm和90 mm直径的光盘，DVD（Digital Versatile Disc，数字通用光盘）都是属于预录光盘。这种光盘可以在专业厂大量复制，用户自己不能录入节目。预录光盘是最早产品化的，也是光盘中产量最大的部分。就产业规模来讲，预录光盘中又首推CD-DA和CD-ROM。

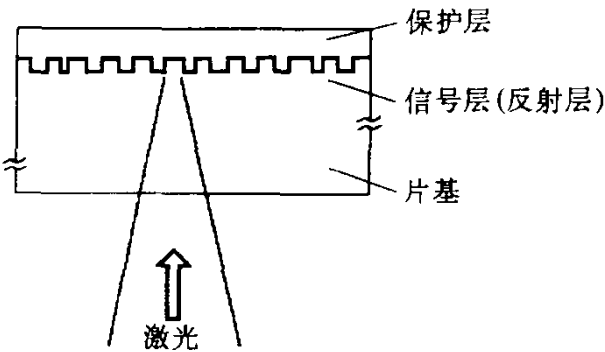


图 1-3 预录光盘结构示意图

预录光盘的基本结构如图 1-3 所示，由聚碳酸酯材料构成的片基、反射层（信号层）、保护层几部分组成。播放时激光束通过透明的片基聚焦在信号层上，由于坑槽和平坦的部分对激光的反射不同，通过接收到的反射光的强弱变化，可以读出预录的信号。预录光盘的信息坑槽非常微小，是决定记录密度的关键。图 1-4 是标准CD、LD和DVD信号坑槽大小的比较。

图 1-5 是现在CD生产使用较多的染色聚合物刻录压片生产的工艺流程图。

染色聚合物刻片灌录法比传统的光刻胶法具有更多优点：

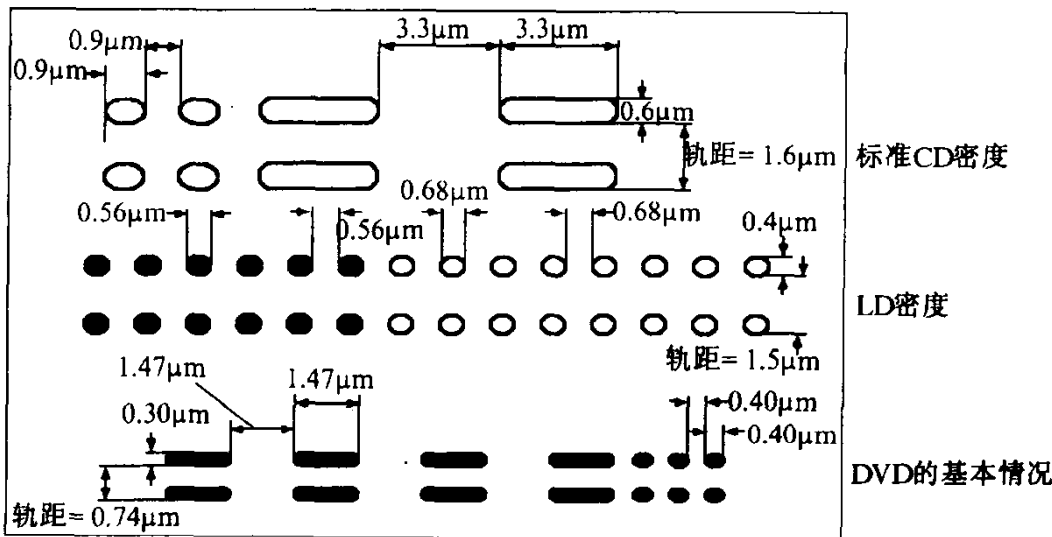


图 1-4 信号坑点大小的比较

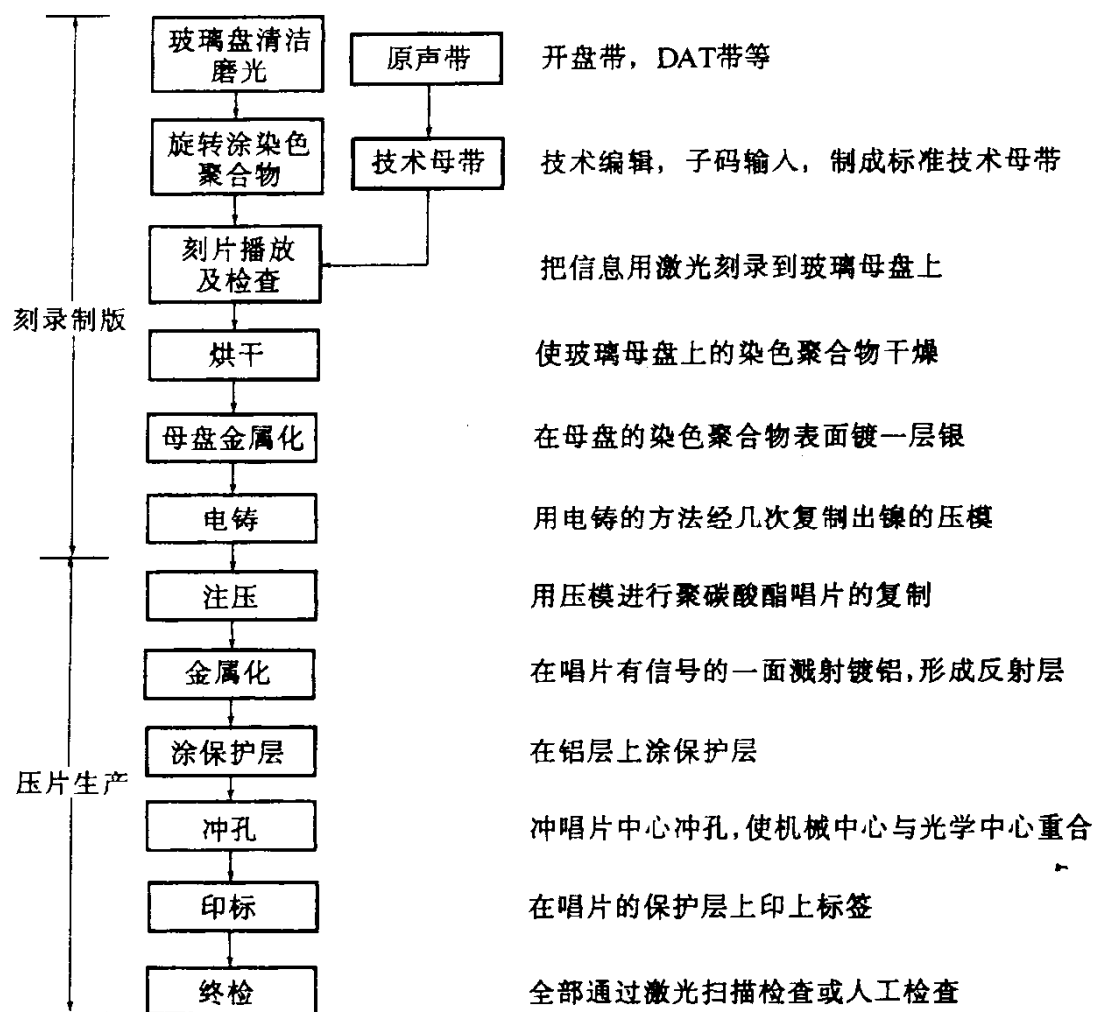


图 1-5 CD 的刻录压片生产工艺

- (1) 染色聚合物稳定、存放时间长, 用过的玻璃原盘回收容易, 而光刻胶配制要求条件高, 回收困难;
- (2) 刻录过程中可以实时监测质量;
- (3) 生产周期短;
- (4) 用染色聚合物刻录法做出的压模生产 CD, 成品率可达到 95%, 远高于其他方法的 75%~85% 水平。

2. 可写入一次光盘

可写入一次光盘是 80 年代末开始投放市场的, 这种光盘与预录光盘的不同之处是, 在聚碳酸酯透明层和反射层之间, 增加了一层记录层, 使用较多的是用有机色素构成的记录层, 结构示于图 1-6。可写入一次光盘的特点是用用户自己可以录入信号, 实现图像及声音的记录。记录

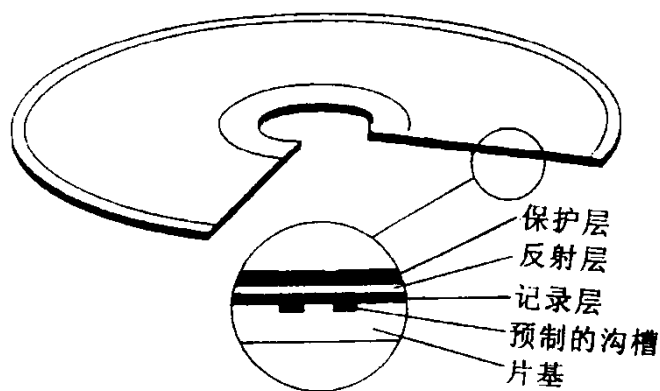


图 1-6 可写入一次光盘结构示意图

录图像及声音时, 用编码的信号去调制激光的强弱。光束聚焦在光盘的有机色素层上, 有信号时光束功率大, 使有机色素产生不可逆的变化, 改变这点的反射率, 于是将信号记录下来。由于有机色素层的变化是不可逆的, 所以信号只能录入一次, 但可以多次重放。重放时激光功率比记录时小很多, 不会导致有机色素层的变化。聚焦在信息轨上的光束, 照射在录有信号的地方时, 由于反射率低, 反射光比没有录入信号地方的反射

光弱很多。通过反射光强弱的不同就可以取出记录的信号,这与重放预录光盘是类似的。可写入一次光盘能和预录光盘兼容,它的重放次数在 100 万次以上。为了保证录入时的准确循迹,光盘在制作时就压出了预制的沟槽。

表 1-1 列出了一种可写入一次光盘的数据,它可以用来记录声音、数据和图像。

表 1-1 一种可写入一次光盘的参数

光盘直径/mm	120	记录层	有机染料
厚度/mm	1.2	反射层	金
轨距/ μm	1, 6	可重放次数/万次	>100
反射率/%	>70	可录时间/min	63
记录区/mm	44.7~118	存放寿命/年	>10
片基材料	聚碳酸酯		

3. 可改写光盘

可改写光盘又叫可录可抹光盘。从介质记录信息的原理上可分为磁光盘和相变光盘两种。磁光盘使用较早,相变光盘使用较晚,且反复改写后记录层容易劣化,到 1989 年改写次数达到 10~50 万次后才开始使用;磁光盘一般可改写 100 万次以上。

(1) 磁光盘

磁光盘的基本结构是,在透明的片基上附有一层磁膜,与磁膜垂直的方向是容易磁化的方向,Tb、Fe、Co 系材料是现在使用的有代表性的磁膜材料。如果对磁膜施以垂直的外加磁场 H_0 ,且 $H_0 > H_c$ (磁膜材料的矫顽力),则磁膜的磁畴将全部与外加磁场取向一致;如果在磁膜的局部加上小于 H_c 的外加磁场,这点的磁极性仍维持原状。但是,在同样的反向磁场上,用聚焦的激光束照射,当照射点的温度达到 230°C (居里点) 以上,则这点的磁化方向要变成与外磁场一致。当激光照射点移开温度降低后,磁性被保持下来,于是这点写入了信号。很显然磁光盘在进行记录前,要在较大功率的激光照射下消去原有的信号,全部按数据“0”的磁化方向进行磁化。此后记录信号时,只要让对应数据“1”的部分用记录功率(与消去时的功率基本相同)的激光照射,使磁化方向反转,从而写入数据“1”;而对应数据“0”的地方则维持原磁化方向。

磁光盘读取信号是利用克尔 (Kerr) 效应,即偏振方向一定的一束激光,照射到磁性膜上时,反射光的偏振面要旋转一定的角度,当磁性膜的极性反向时,反射光的偏振面要向相

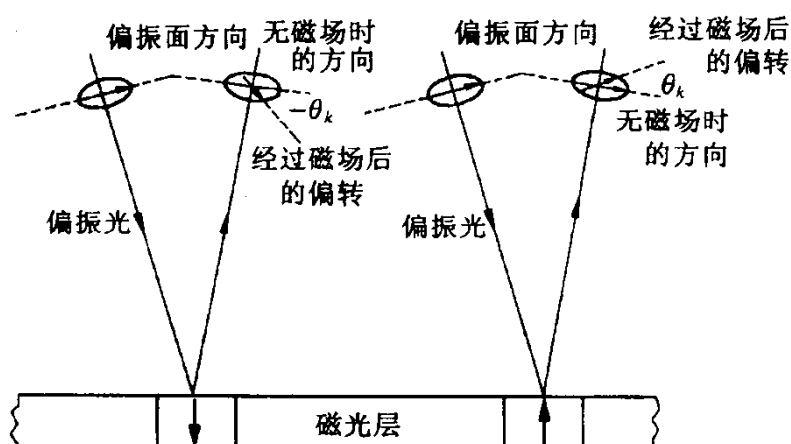


图 1-7 磁光盘读取信号的原理

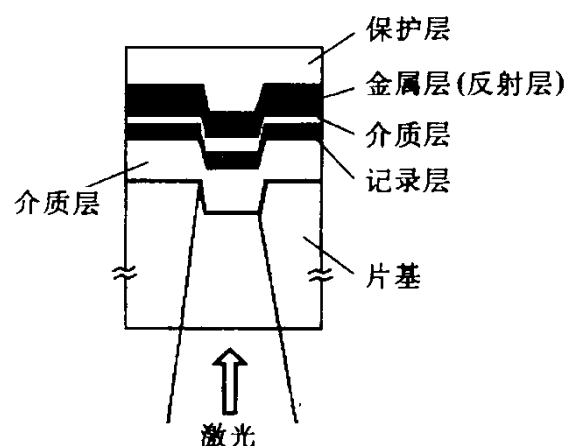


图 1-8 相变光盘记录层剖面图

反的方向旋转，利用偏振光分离器转换成光量差，从而可以读出信息，如图 1-7 所示。

(2) 相变光盘

相变光盘是利用记录膜的结晶态和非晶态来对应不同信号实现记录的。相变光盘的记录膜使用的是相变材料，Ge、Te、Sb 系合金是现用的有代表性的相变材料。相变材料受热冷却后可以形成结晶态，也可以形成非晶态。结晶状态时表面平滑，对光的反射率高；非晶态时反射率低。如果用激光束照射相变膜，使材料加热到熔点 600°C 以上，再使之急速冷却，就可以使膜的材料由晶态变为非晶态；相反，要使非晶态向晶态变化，则用较小功率的激光束照射，使材料加热到 400°C 以上、熔点以下的温度，然后使之慢慢冷却就可实现。图 1-8 是相变光盘记录层的剖面图，在聚碳酸酯片基上用溅射法依次形成介质层、记录膜，介质层、金属反射层。介质层是可以透光的很结实的薄膜，起保护记录膜的作用，金属层具有反射光和使记录膜散热的作用。

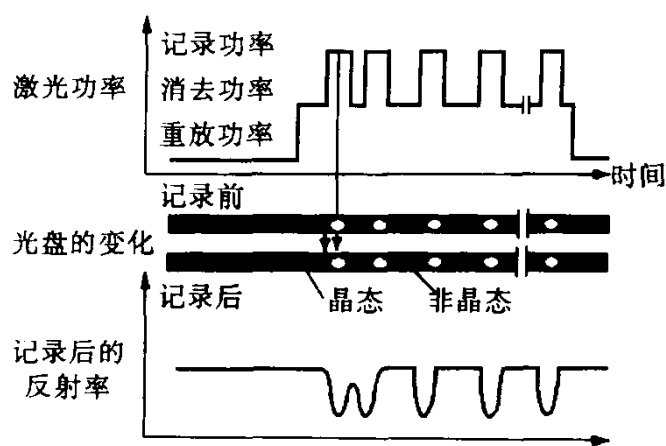


图 1-9 相变光盘记录的原理

在相变光盘上记录信息时，让照射的激光束的强度变化与记录的数据相对应，在记录轨上形成上述两种状态。图 1-9 示出了相变光盘记录的原理，记录时激光束功率如图中所示进行调制，记录数据“1”时用 20 mW 的记录功率，记录数据“0”时用相当消去功率的 10 mW 进行照射。很显然，相变光盘在记录时只用一束激光就可以完成，而且不需要考虑记录之前的状态，也就是说，在记录的同时就消去了以前记录的信号，这就是直接重写（又叫作超可改写）的特性。

重放时用功率更小的 1.5 mW （不会使记录膜产生相变）的激光束来读取数据，照射到结晶的部分反射光强，照射到非晶态部分时反射光弱，利用反射光的强弱就可以读出数据。

相变记录与磁光记录相比有 3 个优点：

- (a) 相变记录不需先擦去原有的信号，具有直接重写的性能，因此操作简单节省时间。
- (b) 只用激光头进行光调制，不需要磁场发生器，因此驱动器结构简单。
- (c) 重放信号载噪比高，信号幅度比磁光盘约大一个数量级。记录信号的标记点轮廓清晰，对邻近的消去范围小，有利于提高线记录密度和缩小轨距，因此容易提高光盘记录密度。另外，相变光盘读取数据和预录光盘、一次写入光盘原理很相近，容易实现兼容。正因为有这样许多优点，所以近年发展很快，是可改写光盘中的佼佼者，现在已有不少产品面世，现已登场的可改写 DVD，也采用相变的记录方式。

1-4 光盘机概况

光盘机是与光盘配套使用的设备，它与模拟电唱机和磁带录放机的很大不同是，通过一束极细的激光束来记录和读出信号，工作时激光头和光盘并不接触，因此这种方式具有以下优点：

- (a) 光盘多次播放不会磨损，质量不会降低，因此寿命是半永久的。模拟唱片和磁带工作时唱针和磁头接触唱片和磁带，都会带来磨损，多次使用后质量会有所降低。

(b) 可靠性高，由于激光束非常细，可以进行非常准确的跟踪信息轨迹，使工作的可靠性比其他方式更高。

(c) 操作使用方便，可以实现在平面上的检索，寻找曲头快而准确，可以进行编程播放或反复播放任意一首曲子或一段节目。

(d) 由于激光写入和读出的信号数码率高（可达 10 Mbit/s 以上），所以信号的质量高，可以实现高音质和高画质。

光盘机从读、写信息的功能来看，可分为预录光盘播放机、可写入一次光盘录放机和可改写光盘录放机三类。它们在激光的产生和接收、光盘转动控制、光束聚焦和循迹控制等方面有许多共同之处，但在信号处理上又有很多不同的地方。

1. 预录光盘机

预录光盘是在复制生产厂把信号“注压”在光盘之内，消费者既不能擦除也不能录入，所以预录光盘机的功能非常单纯，就是通过激光拾取头，读取记录在光盘上的信息，经过机内的信号处理部分把信号解码、解调出来，最后还原成音乐、文字、数据、图像等信号，以数字或模拟的形式输出。

只读光盘机的系统框图，如图 1-10 所示。基本上是由光拾取单元、聚焦控制、循迹控制、转盘控制、信号处理、键盘与系统控制 CPU 等部分组成。

光拾取单元是光盘机很重要部分，通过它把光盘上录存的信息读取出来，提供信号处理部分。光拾取单元包括产生激光的半导体激光二极管和接收激光信号的半导体光电二极管，还包括聚焦物镜在内的光学系统，光拾取单元还包括固定激光头和使激光头沿径向送进的机械部件。聚焦控制是保证激光束的聚焦光斑能准确地聚焦在光盘的信息轨迹上，由于光盘在转动时总会有微小的上下起伏，所以聚焦控制是要实时进行的。聚焦控制是通过调整聚焦物镜的位置来实现的。循迹控制是保证激光束的聚焦光斑能非常准确（既不偏左，又不偏右）地落在信号轨迹上，并且使激光束循着信息轨迹由光盘内圈向外圈移动，即控制送进机构使激光头移动。转盘控制是使光盘按一定转速要求进行转动，这是通过伺服电路控制转盘电机转速来实现的。例如，只读光盘中的 CD-DA、VCD、DVD-Video、一部分 LD 都是以恒定线速度工作的，即扫过激光头的信息轨迹的线速度是固定的。所以在播放光盘内圈时马达转速快，随着由内圈向外圈播放，马达转速逐渐降低；而另一部分光盘如 CD-ROM、DVD-ROM、一部分 LD 是以恒定角速度进行工作的，这时伺服电路则控制马达转速维持在一定值上，以保证读出信息的正确。信息处理部分则是把光拾取单元得到的信号进行解码、解调，并按在记录时的逆过程进行一步一步的还原。由于各种只读光盘上记录信息的编码格式不尽相同，所以光盘机的信息处理部分可能差别较大。LD 的图像信号是模拟处理的，CD-DA 只有 PCM 的音乐信息。VCD 的图像及声音是经 MPEG-1 标准编码的，DVD-Video 的图像和声音信号是按 MPEG-2 编码的，所以必然在信息处理上存在不同。但是现在已生产出不少 IC 解码器，可以兼做几种编码方式的解码，使信息处理部分也能兼用。键盘与系统控制 CPU 是实现

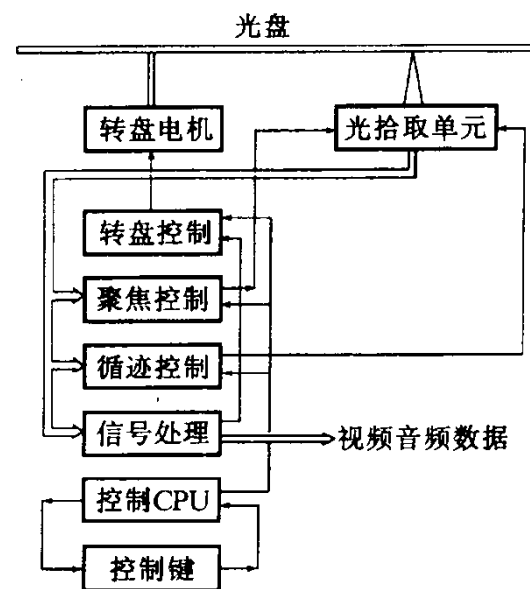


图 1-10 只读光盘机系统框图

光盘按一定转速要求进行转动，这是通过伺服电路控制转盘电机转速来实现的。例如，只读光盘中的 CD-DA、VCD、DVD-Video、一部分 LD 都是以恒定线速度工作的，即扫过激光头的信息轨迹的线速度是固定的。所以在播放光盘内圈时马达转速快，随着由内圈向外圈播放，马达转速逐渐降低；而另一部分光盘如 CD-ROM、DVD-ROM、一部分 LD 是以恒定角速度进行工作的，这时伺服电路则控制马达转速维持在一定值上，以保证读出信息的正确。信息处理部分则是把光拾取单元得到的信号进行解码、解调，并按在记录时的逆过程进行一步一步的还原。由于各种只读光盘上记录信息的编码格式不尽相同，所以光盘机的信息处理部分可能差别较大。LD 的图像信号是模拟处理的，CD-DA 只有 PCM 的音乐信息。VCD 的图像及声音是经 MPEG-1 标准编码的，DVD-Video 的图像和声音信号是按 MPEG-2 编码的，所以必然在信息处理上存在不同。但是现在已生产出不少 IC 解码器，可以兼做几种编码方式的解码，使信息处理部分也能兼用。键盘与系统控制 CPU 是实现

人机交流的部分，它可以把人的指令转变成控制内部动作的各项命令，系统控制 CPU 还控制内部各部分的协调动作，使整机有条不紊地工作。

综上所述可以知道，预录光盘包括 CD-DA、CD-ROM、CD-I、CD-I FMV、photo CD、CD-G、VCD 等 CD 家族的大部分成员，还包括 LD 以及 DVD-Video（用于影视节目的 DVD）、DVD-ROM（用于计算机的 DVD）、DVD-Audio（纯音频应用的 DVD）。所以只读光盘机根据使用的场合及消费者的需求，已经生产出多种形式的机器，既有播放单一形式光盘的，也有做成可以播放多种光盘的兼容机。例如，为了配合计算机的使用，生产了从 1 倍速到高倍速的 CD-ROM 驱动器，也生产出了 DVD-ROM 驱动器。在家用音响领域生产了大量不同档次的 CD-DA 光盘机，有的以单台形式（如台式，便携式）出现，有的则组合于收录机、组合音响或装于汽车内。为了适应消费者一机多用的要求，也生产了许多能播放 LD、CD（即 CD-DA）和 VCD、CD 的兼容机。DVD-Video 投放市场后，也出现了能兼容播放 VCD 和 CD（即 CD-DA）的机器。就产销量来看，当首推 CD 机，据国外估计，到 1997 年底全世界各种形式 CD 机的拥有量约在 6 亿台；其次是 CD-ROM 驱动器，它已成为计算机的标准配置。

2. 可写入一次光盘的录放机

可写入一次光盘的录放机比只读光盘机增加了录入的功能，所以它和后者有两点主要不同，一是增加了信号编码电路，即将输入的模拟音乐信号或图像及声音信号，先进行 A/D 转换，变成数码信号，然后按一定的标准进行编码，变成统一的数据流，提供激光头控制激光束的强弱，把信息记录到可写入一次光盘上；二是它的半导体激光器的光输出功率要求更大，因为可写入一次光盘写入信号时需要更大的激光功率，一般要求激光器输出在 30~35 mW。可写入一次光盘的重放特性与只读光盘没有什么不同，录好信号的光盘可以在相应的只读光盘机上播放。所以，可写入一次光盘录放机的播放性能与普通播放机没有什么不同。

3. 可改写光盘机

可改写光盘机的功能有两项，一是把输入的模拟信号先转变成数字信号，经过编码后记录到光盘上；二是从记录信息的光盘上读出信息，解码后变成数字信号，经数模转换输出模拟信号，而且这种录放可以反复进行。因为可改写光盘存在磁光盘和相变光盘两种，由于它们记录和读出信息的原理不同，所以可改写光盘机也有两类，互相并不兼容，和现存的只读光盘机一般也不能通用。以磁光盘作记录载体的可改写光盘机，叫作磁光盘录音机，如后面要讲的 MD（微型唱片）录音机就属于这一类。用相变光盘的计算机外部存储器就属于相变光盘机这一类。

光盘的基本原理

2-1 光盘的发展过程

近年来,光盘颇为盛行:有储存数字音频节目的激光唱片(CD),有储存电视图像的激光视盘(LD),有储存经压缩编码的数字视频的数字小型视频光盘(VCD)和高密度数字视频光盘(DVD),有供计算机用的只读存储器小型光盘(CD-ROM),还有交互式小型光盘(CD-I),以及可录入信息的光盘,例如CD-R、CD-WO等。但最初发明光盘时,目的是为了储存电视图像,即LD。在此前磁带录像机已经上市,但盒式磁带录像机尚未上市,价格很高,而且节目的复制必须实时进行,也就是说,录有2小时节目的磁带若要翻录到另一空白磁带上必须花上2小时时间。这些因素在当时的技术水平来看,录像机要想进入家庭可以说是可能性很小。于是人们联想起唱片的生产,只要制作出唱片的压模,在短短的几秒钟就可以在聚氯乙烯片(PVC)上压制出一张唱片,唱机构造也比录像机简单,那么,是否也可用同样方法制作能重放出图像的唱片呢。

1970年德国德律风根公司和英国特卡(Decca)公司联合研制成功TED式视盘,1975年投入市场。它完全套用了唱片的工作原理,如图2-1所示。钻石唱针在纹槽内滑动,在纹槽底部的高低不等代表图像信息,唱针于是随信息而上下振动,此振动传送到压电陶瓷换能器,将振动变换成电信号。对一张直径210 mm的TED式视盘,即便纹槽密度加大到280条/mm(一般密纹唱片仅6~12条/mm),由于图像频率较高,转速不得不提高到1500 r/min,这才使得重放时间达到10 min左右(每面),而且重放信号的最高频率仅为200 kHz,图像质量较差。一般电视接收机约为2 MHz,所以TED式视盘重放图像还达不到接收电视台的图像质量。加上重放时间短,所以内容一般以短小精悍的教育、体育方面的节目为主。以上这些缺点影响到它的发展。进一步的开发必须设法提高纹槽密度,以加大重放时间,同时使纹槽底部高低变化更迅速,以使信息频率更高。但是,在纹槽内滑动的唱针却难以适应了,必须另寻出路。

1972年荷兰飞利浦公司提出了用激光束代替唱针的设想。由于激光束能够聚焦成直径仅 $0.9\text{ }\mu\text{m}$ 的光点,使得纹槽密度可以大大增加,达到600条/mm左右,因而信息密度大大增加。1978年这种激光式视盘开始出售,转速为1800 r/min(NTSC制,若供PAL制只需1500 r/min),直径300 mm的视盘每面可以放演半小时,图像质量很好,接近于演播室的水平。这种视盘以后还要详细讨论,这里就不多介绍了。

与此同时,其他一些公司也在研究开发新型视盘,都想占

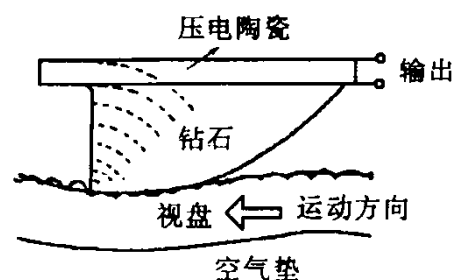


图 2-1 TED 式视盘工作原理

领这一块家用声像设备的巨大市场。他们研究的主攻方向同样也集中在信息密度和纹槽密度方面。其中比较著名并做出产品投放市场的主要有 CED 和 VHD 两种。

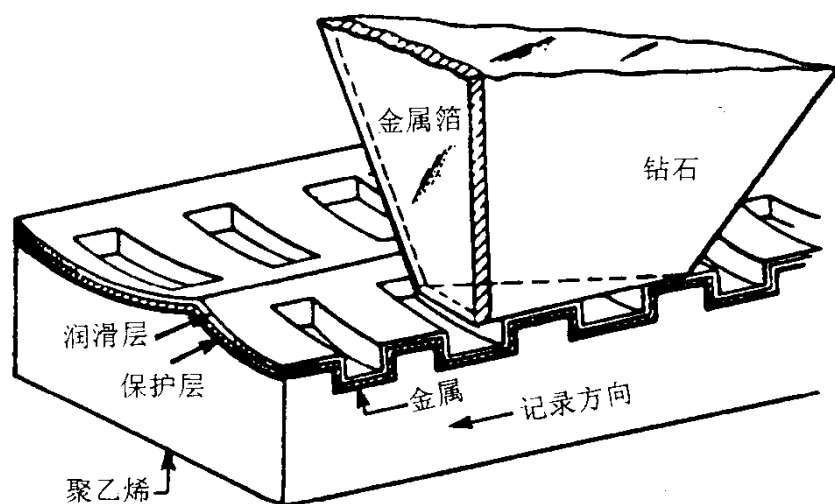


图 2-2 CED 式视盘工作原理

1978 年美国无线电公司 (RCA) 提出了一种接触式有纹槽的视盘系统，在钻石唱针的后部有一微小金属箔，它与视盘（用导电塑料做成的）构成电容的两极。电容的大小取决于纹槽底部坑的形状和深度。当电容两极加上电压时，随唱针在纹槽中的移动，电容的变化就造成充电电流的变化，检出这一电流的变化就获得所记录的信息。这种视盘称作“电容电子视盘 (Capacitance Electronic Disc)，简称作 CED 式视盘。早期产品每面也可放演半小时。几经改进

后，直径 300 mm 的视盘，转速 450 r/min，可放演 1 h，而且图像质量也很好。

同样在 1978 年，日本胜利公司 (JVC) 推出了另一种视盘，取名为高密度视盘 (Video High Density)，简称为 VHD 式视盘。其信号拾取原理与 CED 式相似，也是借唱针后面的微小金属电极与导电的盘体间的电容变化而取得信号的。两者不同之处在于 VHD 视盘上没有纹槽，唱针端面是平的，如图 2-3 所示，因此接触面积较大可以在视盘表面上滑动，以减少磨损并能快速跨过纹迹，便于进行静止图像、快放、慢放、检索等方式。但由于没有纹槽（视盘表面是一层平的透明层，在透明层下面则是由小坑构成的纹迹，小坑的长短和间隔代表所录制的图像信息），唱针必须利用特殊的方法才能依循着纹迹移动。这种视盘的性能也和 CED 式视盘相近。直径 260 mm 的视盘，转速 900 r/min，可放演 1 h。

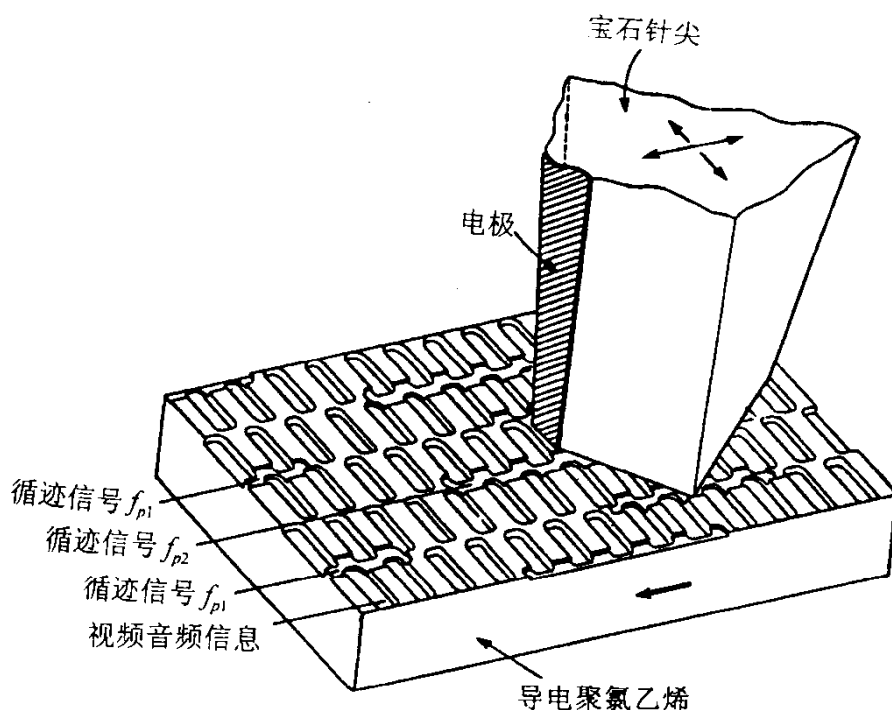


图 2-3 VHD 式视盘工作原理

在 LD、CED、VHD 3 种视盘孰优孰劣争执不休之时，未想到异军突起。1976 年日本胜利公司 (JVC) 发

明了家用磁带录像机 (Video Home System)，即众所周知的 VHS 式录像机，由于采用了一些新技术，例如采用 1/2 英寸盒式录像带，自动上带，彩色信号低带化，交错磁头方位角以取消了磁迹间保护带等，使得它很快地推广开来，以致 VHS 录像机很快就占领了大部分市场。最终这些研究开发视盘的公司都转而大量生产 VHS 录像机了。其实，录像机的图像质量也未见得比视盘好，价格也与视盘机相仿，磁带也不很便宜，但录像机可以记录，视盘与磁带竞争中处于下风的另一原因还在于软件——录像节目带和视盘。如前所述，视盘的开发是考虑