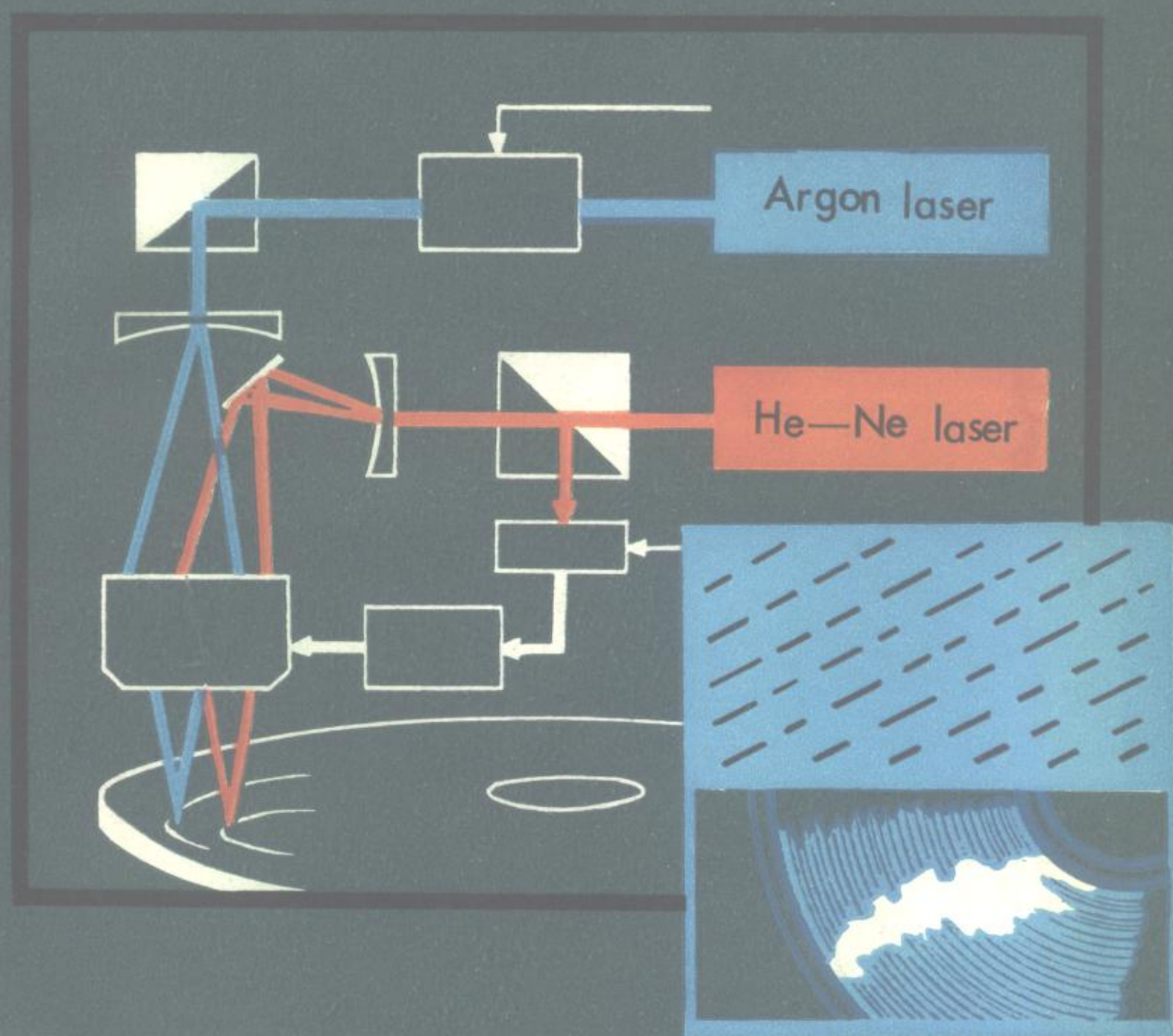


光盘存储技术及其应用

上海市激光技术研究所 编译



上海科学技术文献出版社

光盘存储技术及其应用

上海市激光技术研究所 编译

上海科学技术文献出版社

光盘存储技术及其应用
上海市激光技术研究所编译

*

上海科学技术文献出版社出版
(上海市武康路2号)

新华书店上海发行所发行
宜兴南漕印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 8 字数 204,000

1984年10月第1版 1984年10月第1次印刷

印数: 1—5,100

书号: 13192·64 定价: 1.00元

◀科技新书目▶ 80-219

编者说明

光盘存储技术是七十年代发展起来的光学信息存储新技术,具有高存储密度、低信息位价格、与计算机联机使用能力、高信息输入速率、快速随机存取信息能力及长存档寿命等优点。可以预料,光盘存储技术将和电子技术、磁记录技术一样,在我国国民经济各个部门获得广泛的应用。目前美国、日本等许多研究单位和工业公司竞相投入大量人力和物力对此进行的研究开发,有关文献和报道在各类专业刊物上发表频繁。为了介绍国外光盘存储技术的研究动态,我们翻译了18篇有代表性的文章,并撰写了两篇近年来光盘存储技术的开发、发展及其应用方面的文章,汇集出版。

本书由上海市激光技术研究所存储显示研究室沈冠群、陈垦、《应用激光》杂志编辑部郑绍国等同志组织译校和最后审定。在选题和编译过程中得到了上海市激光技术研究所王淇芬同志和上海科技情报研究所王德明同志的帮助。本书封面和插图分别由徐川寿和蔡康泽等同志设计和绘制。

为了节省篇幅,部分译稿略有删节,其中三篇译文仅作摘译;原文中参考文献全部略去,仅在译文中相应处保留文献编号;原文中部分模糊不清的或意义不大的照片和插图以及与文章内容重复的插图说明都予以删除,而照片和插图序号仍与原文保持一致,读者在需要时可参阅原文。

郑 绍 国

38342

内 容 简 介

本书反映了国外光盘存储技术的研究动态，介绍了光盘存储技术的基本原理、单元技术和应用实例，较为详细地论述了光盘存储系统的性能、关键元器件、激光器、记录介质的选用和发展趋势，以及数字信息的编码、解码和纠错技术。

本书可供从事应用物理、激光技术、计算机技术及信息存储技术的科技人员以及大专院校有关专业师生参考；对拥有大量信息有待快速存取的各类情报所、档案室和图书馆，以及测绘、通讯、医疗、电子、军事等部门的有关人员也有参考价值。

目 录

光盘存储技术及进展	(1)
光盘在信息存储和检索中的应用及其潜力	(9)
5兆位/秒数据速率的数字式光学记录装置	(17)
数字化光学数据存储和检索	(28)
光学数字化记录和磁性数字化记录的比较	(34)
存档光盘的数据存储	(41)
用于信息读出的半导体激光器	(44)
光盘记录用高功率 GaAlAs BMH 激光器	(53)
碲薄膜的信息位光学存储	(54)
高密度光学记录介质	(62)
可逆光学数据存储介质的近期进展	(67)
用于光学数据存储的碲膜中孔形成过程	(69)
光盘性能的测定	(71)
小型声唱片数字式音响系统	(78)
小型声唱片系统的概貌和信号调制	(82)
小型声唱片系统中的错误校正和隐没	(88)
小型声唱片播放时的数-模转换	(94)
Megadoc——一个用作电子文件处理的组合化系统	(99)
电视专利检索系统	(112)
激光文档——一种高速文件存储和检索系统	(119)

光盘存储技术及进展

沈冠群 陈 垦

(上海市激光技术研究所)

一、光存技术的开发

光盘存储技术是七十年代发展起来的光学信息存储新技术。早期的开发主要集中在激光式电视唱片的研制,1972年荷兰 Philips 和 MCA 公司首先发表激光式电视唱片^[1],它们用聚焦成直径1微米以下的氩激光束在涂有记录介质的光盘上以烧蚀微孔的方式录制电视节目,用类似密纹唱片复制工艺制备1毫米厚的唱片复制品,用小功率氦氖激光扫描信息轨道,按反射强度的变化再现已录刻的信息^[2-4],1974年 Thomson-CSF 和 Zenith 公司共同发表了另一种透射式激光电视唱片,最终被统一为 Philips-MCA 方式。光学式电视唱片在1978年正式上市^[5]。这大大促进了人们对光学存储技术的研究和应用的开发,光存系统性能、光盘质量及纠错技术等得到了很大的发展,1978年底荷兰 Philips 首先展出了第一台具有随录随放功能的光盘存储系统样机^[6],随后各种能记录、再现的光盘存储系统作为大容量存储器陆续发表或投入使用。1979年 Philips/Sony 又首先发表了具有90分贝以上的高保真放声信噪比的小型数字式声唱片(DAD)^[7],1982年小型数字式声唱片进入市场^[8]。光盘存储技术以其新生的活力吸引了世界上许多工业研究单位的关注,到目前为止国外已有50多家大公司正在开展这项研究工作。诸如美国的 RCA 公司、北美 Philips、Magnavox 公司、Xerox

公司、IBM 公司、Bell 实验室、磁性外部设备公司、存储技术公司、Burroughs 公司、3M 公司、Eastman Kodak 公司、Drexler 公司、Harris 公司、Omex 公司、数字记录公司、Panasonic 公司、MCA 公司等,在西欧有荷兰 Philips 公司、法国 Thomson-CSF 公司、联邦德国 Burch 公司等,在日本有松下、东芝、日立、索尼、三菱、先锋、夏普、奥林帕斯 NEC 研究所、NHK 综合技术研究所、国际电信电话研究所(KDD)、TEAC 等。近年来,在有关专业杂志与专利中,光盘存储技术研究的文献和专利报道已占有相当比重。国际光存专业会议极为频繁,据统计1982年11月~1983年2月四个月内在美国就有十五个学术会议(如 SMPTE、SPIE、SPSE 等)涉及到光存技术^[9]。美国 Optical Memory Newsletter 打算每月召开一次光学数字存储会议,及时分析光学存储介质和器件技术发展状况,广泛评述光存发展的成果,分析器件结构经济性以及在工业中的各种应用^[10]。美国 Laser Focus 杂志把光盘存储技术的进展列入1982年激光应用领域中取得重大发展的项目之一^[11]。

光盘存储技术由于具有高存储密度(5×10^5 位/毫米²)、低信息位价格(10^{-8} 美分/位)、与计算机联机使用的能力、高信息输入速率(50兆位/秒)、快速随机存取信息及半永久性存储寿命等优点,使它成为有广泛应用前景的信息存储技术。可以预期,随着光存技术的发展,它将和电子技术、磁记录技术一

样,会越来越和国民经济、科学技术的发展以及人民生活水平的提高紧密结合在一起,发挥更大的作用。

二、光盘存储系统描述

光盘存储器按其功能可分为两大类,一类是只读(read only)存储器,只能用来读出由专业工厂记录信息的光盘,系统不能作信息的追加记录。目前国外市场上销售的电视唱片放象机和小型数字式声唱机就是属于这一类。另一类称为 DRAW(Direct Read After Write)系统,兼有记录和读出两种功能,并且记录后不需处理即可直接读出所记录的信息,可作信息的追加记录。这类系统根据记录介质和记录方式的不同可分为一次写入和可擦除重复写入两类。DRAW 系统主要用于文件档案存储、图纸资料存储、计算机外存、办公室文件编辑存档等。如荷兰 Philips 研制的 Megadoc 电子文件处理系统^[12]、美国存储技术公司的 Laserfile 文件存储系统^[13]、日本东芝的 Tosfile 2000 型图像存档系统^[14]、松下的文件存档系统^[15]、日立的文献管理系统^[16]等。各研究单位发表的各种光盘存储系统在激光功率、波长、光盘结构、格式、记录、读出方式、信息跟踪方式、记录介质的选用等方面各有特色,但其基本光路和工作原理大体相同。我们将着重介绍较为典型的 Philips 的 DRAW 系统^[17-20],并对其他系统的特点作一简略叙述。

图 1 是 DRAW 系统框图^[21]。记录光源是一定波长的连续输出经准直的线偏振激光束,激光束通过调制器受输入信号调制成为载有信息的激光脉冲,经光学系统、偏振分束棱镜和 $1/4$ 波片导入大数值孔径物镜,在光盘记录介质表面会聚成直径小于 1 微米的光斑,用烧蚀成孔或其他方式记录信息。当物镜沿径向平动,光盘在转台上旋转时,在光盘表面形成螺旋状或同心圆信息轨道。用小功率激光束滞后几微米直接跟随记录光斑扫

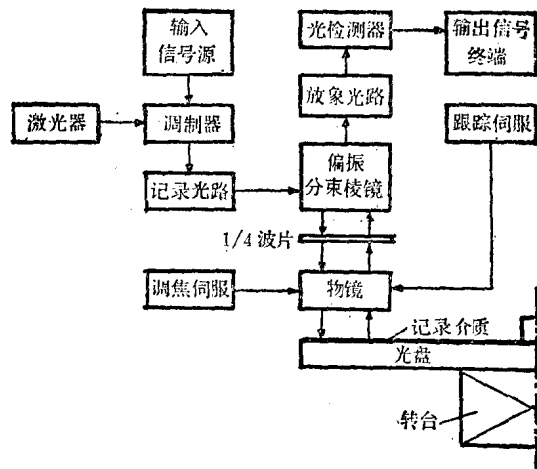


图 1 DRAW 系统框图

描信息轨道,即能根据读出光束反射强度的变化经解调后还原所记录的信息。

在 Philips DRAW 系统中来自激光器的输出光被分成强度不等的两束光,90%用于记录,10%用于读出。输入信号通过光调制器对记录光束进行编码。写/读激光束经准直扩束后充满写/读光学头的显微物镜入瞳,以便充分利用物镜的分辨能力。显微物镜的数值孔径在 0.4~0.65 左右,使两光束会聚成直径 1 微米以下相互分开几微米的两个焦斑。偏振分光棱镜和 $1/4$ 波片将反射光和入射光区分开来,以保证接收器能尽量多地接收被光盘表面信息凹坑调制的反射光。读写光学头安装在由 90 毫米冲程的线性电机作径向驱动的光学头滑动臂上,滑动臂移动速度用速度传感器测定,并由伺服机构控制,进动速度大小视光盘转速和轨道节距的要求而定。放置光盘的转台由一扁平直流电机、空气轴承及光学转速计构成,转轴径向稳定度优于 0.1 微米,转速由转动伺服机构控制,精度达 0.02%。由于光盘的挠曲,信息面会产生 0.5 毫米左右的垂直偏移。Philips DRAW 系统采用象散法取出调焦误差信号,并把物镜安装在类似扬声器音圈结构的装置中,由调焦误差信号驱动物镜跟随信息面上

下移动, 保证信息面在物镜焦深范围内(1~2 微米)。在有预刻槽光盘的 DRAW 系统及只读式光盘存储系统中, 在记录过程中为使记录光斑循预刻槽进行记录, 或读出光斑在读出过程中循信息轨道行进, Philips 系统采用光栅形成的三光束阵列及径向跟踪反射镜, 使重装光盘引起的偏心误差由 50 微米减小到光斑中心与轨道中心偏差 0.1 微米内, 实现径向跟踪伺服。

Philips 的 DRAW 系统采用碲基膜作光盘记录介质, 光盘结构为空气夹心饼形式, 它是由两张镀有碲膜的直径 30 厘米玻璃基板相向组合而成, 在内外半径处用垫圈隔开, 中间形成密封空腔。读/写光束透过 1 毫米厚的玻璃基板会聚到信息层上, 故光盘表面擦伤、灰尘及指痕的影响轻微, 且记录膜层不受水汽或记录期间产生的生成物的影响。

Philips 还提出了一种预刻槽光盘的概念。光盘在录刻信息前预先制成宽 0.6 微米、深 0.07 微米, 节距 1.67 微米的连续螺旋沟槽, 预刻槽光盘由原盘复制而成, 这样在录刻信息时只要径向伺服机构保证记录光斑落在槽内, 而不需要一精密进动机构。此外, 预刻槽内还能插入诸如标题、地址、同步码等其他信息, 以便实现随机存取检索。

DRAW 系统光盘选取一定的格式, 以便于与计算机相联进行写入和检索。Philips 光盘每面有 4~5 万圈轨道, 每圈分为 128 个信息段, 每段内含有题头、字同步场、表示轨道数、段数的地址场、检验码和数据场。段与段之间有缓冲空间。在用户数据中加入纠错码, 使之具有一定的自动纠错能力。

当系统记录信息时, 输入数据经过一双向单段缓冲寄存器, 然后对信息段进行编码、交叉存取、调制, 驱动记录激光将信息记录在光盘上。读取光束随之读出所记录的信息, 若信息段记录超过系统纠错能力, 就写入二次纠错拒收码, 拒发“准许写入下段”的信号。在这种情况下将重写刚才的信息段。当重放

信号表示信息段记录低于系统纠错能力, 就写入验收码, 发出“准许写入下段”的信号, 数据源继续送入数据。

我们再对其他不同于 Philips 的 DRAW 光盘存储系统的主要特点作一概述。

- RCA 光存系统与 Philips 系统大致相同, 但它采用直径 30 厘米塑料盘上涂覆保护层 $\text{Te/SiO}_2/\text{Al}$ 的光盘, 利用消反射原理提高光能利用率和读出信噪比^[22]。在美国空军资助的高输入数据速率(320兆位/秒)数字记录系统中, RCA 为提高输入速率采用把记录光束分成八束独立调制的激光束, 在盘上形成八道间隔紧密的轨道。每一通道调制频率为 50 兆位/秒, 轨道宽 0.4 微米, 相邻轨道间隔 1.25 微米。

- Harris 研制的 MASTAR 系统^[23]为了达到高密度存储使用独特的声行波透镜扫描系统, 用 He-Cd 激光器作记录光源, 宽带声光调制器使光束高速调制, 声光偏转器在衍射角范围内偏转激光束使其在膜片上依次聚焦成一行点。MASTAR 系统采用 148 毫米 $\times$ 148 毫米 $\times$ 0.007 英寸的盒式光盘 (Optical diskette), 用卤化银作记录介质, 每张光盘容量为 10^9 位, 位出错率为 10^{-9} 。1000 张光盘放置在一自动换片装置中, 总容量为 10^{12} 位。系统可自动取出光盘, 使其定位并进行记录或检索。检索时间 5~10 秒, 存储寿命 25 年。Harris 目前正在研制一容量为 10^{15} 位的 AMM (Archival Mass Memory) 系统^[24]。

- Omex (原精密仪器公司) 研制了一种幻灯片式文件自动存储和重放系统^[25]。用 50 毫瓦氩激光记录, 用小功率氦氖激光自动调焦, 由声光偏转器和 x-y 两维精密平动台的移动实现激光扫描, 以 5 兆位/秒速率记录在镀有 Te-Bi 膜的 5 英寸 $\times$ 5 英寸玻璃基板空气夹心结构光盘上。光盘原始错码率小于 10^{-5} , 经纠错后位出错率小于 10^{-11} 。每片光盘容量 2.9×10^9 位。他们还采用 30 英寸 $\times$ 40 英寸聚酯带作存储片基, 能存储图像或文件(大小

为 8.5 英寸×11 英寸) 一万张, 总容量 8×10^{11} 位, 位出错率 $10^{-11} \sim 10^{-12}$ 。

• 数字记录公司提出一种独特的扫描激光记录光卡的技术^[26]。通过旋转沿圆周安装有数个间隔相同的扫描透镜的转盘扫描器, 激光以弧形线扫描把信息记录在 4 英寸×5 英寸的光卡上, 光卡基板为玻璃, 将来准备用塑料代替。光卡记录密度为 300 兆位/英寸²。根据同样原理研制的小型数字式声唱机即将投入市场。

• 松下研制成一种利用晶态-非晶态转换性质的可擦除重复记录的静止图像存储器^[27]。采用半导体激光器作为记录、读出光源, 记录材料为 PMMA 基板上蒸镀的 TeO_x ($x \sim 1.1$) 薄膜, 记录时利用 TeO_x 在光能作用下(5~10 毫瓦) 的黑化现象把信息记录在有预刻槽的光盘上, 利用反射光强度变化读出信息。一张 20 厘米直径的光盘可存 15000 幅静止图像, 分辨率 260 线, 可擦除重写 10^6 次。

• 联邦德国 Philips 实验室研制成一台小型磁光数字光盘记录系统^[28]。用半导体激光器记录, 将光盘置于磁场中用居里点写入技术记录信息。光盘直径 5 厘米, 容量 10^8 字节, 比软盘大 10~100 倍, 而整个系统体积仅为 $150 \times 150 \times 30$ (毫米³), 可擦除重写 10^7 次。

• 日本 NHK 技术研究实验室用热磁记录^[29], 在磁场中用激光束加热 CrO_2 膜, 改变其磁化强度。信息记录后不能用光学方式直接读出, 必须转移到磁石榴石薄膜上, 再用光学方式读出。该系统尚处于实验阶段。

• Advanced Technology 实验室准备利用“光子-回声”现象研制 10^{14} 字节的三维存储系统^[30], 这是迄今发表的第一个三维体存储系统。系统用可见光读写, 检索时间毫微秒量级, 总存储器体积 1 立方英尺, 存储密度 1 位/微米³。

• IBM 计划用 GaAlAs 半导体激光器在含有 R_2' 色心的 LiF:Mg 上烧蚀光化学孔,

形成频率域光存元, 孔的典型宽度为 100 兆赫, 因谱线不均匀宽度为 200 千兆赫, 所以每个光化学孔能存储 10^3 位信息^[31]。

三、目前主要课题及进展

1. 研制高分辨率、高灵敏度、低缺陷密度、高信噪比、长寿命、低价格、记录后不需处理即可直接读出的记录介质。

记录介质的研究是目前光存技术研究中最为活跃的领域。记录介质是实现光学记录方式的关键, 目前虽已进行了大量工作, 取得了很大进展, 但至今仍未获得理想的记录介质。

记录介质就其记录形式可分为二类。一类是利用激光热效应在记录膜层上烧蚀微孔、形成汽泡或其他显微标记记录信息的一次记录介质。另一类是利用激光热或磁光效应实现非晶态-晶态转换或磁化逆转等的可擦除重复记录介质。

研究得最早、最为深入的是金属、合金薄膜^[32], 如碲、铋、锗、硒等。这些材料具有低熔点、低热导、高光吸收等特性。金属、合金膜用聚焦激光束烧蚀微孔记录信息, 根据对记录膜层灵敏度、分辨率、重复性和存档寿命的要求, 碲基膜最引人注目。碲的熔点为 450°C 、热导率为 2.4 瓦/米·度, 具有优良的孔型, 能实现高密度记录。但纯碲具有低熔点材料共有的化学稳定性差的缺点。容易氧化、酸蚀, 使光盘位出错率上升, 影响存档寿命^[33]。为此人们采用种种办法来克服这个缺点, 如 Philips 的空气夹心饼结构光盘或 RCA 的透明保护层三层膜结构光盘等。由于激光透过基板或保护层会聚在信息层进行记录、读出, 基板或保护层厚度和折射率的不均匀性会引起激光束离焦和大数值孔径物镜不能校正的球差^[34]。表 1 列出了对碲系膜的研究动态。碲合金膜光盘的加速老化寿命试验表明已初步达到实用要求, 目前已进入实际使用的光存系统大多采用加保护措施

表1 Te系膜研制动态

记录膜层和光盘结构	主 要 特 点	研 制 单 位
Te 空气夹心饼结构	灵敏度 10^{-6} 焦耳/微米 ² , 存档寿命大于 10 年, 位出错率 10^{-4}	Philips ^[35]
Te 三层膜结构	利用消反射原理, 提高光能利用率和信噪比	RCA, IBM ^[36-38] Philips
封装的 Te 膜	涂 300 埃厚 SiO ₂ 保护膜, 改善 Te 膜稳定性	IBM ^[39]
Te-Se/光刻胶/基板	Te ₈₀ Se ₂₀ 孔型圆而清晰, 在 60℃、95%RH 条件下 80 天, 光透无变化, 耐湿性能好	日立 ^[40]
Te-C/PMMA	灵敏度比 Te 膜高, 稳定性好, 在 70℃、85%RH 条件下 60 天, 反射率无变化	东芝 ^[41]
Te-Bi/玻璃基板	灵敏度高, 0.2×10^{-9} 焦耳/微米 ² , 孔圆而清晰, 原始位出错率小于 2×10^{-5} , 存档寿命 10~20 年	Omex ^[42]
Te-Bi/聚四氟乙烯/PMMA	Te-Bi 厚 300 埃, 成孔激光阈值有明确界限	IBM ^[43]
Te 合金膜(IBM 专利)	稳定性好, 在 45℃、70~95%RH 条件下, 150 天透过率不变, 缺陷密度小于 2×10^{-5} 不变	IBM ^[44]
Te 基加硬碳保护层	膜层硬, 不易擦伤, 灵敏度降低到 2×10^{-9} 焦耳/微米 ²	Honeywell ^[45]

表2 Te系膜外不可擦除记录介质研制动态

记录膜层和光盘结构	主 要 特 点	研 制 单 位
Au 或 Pt 合金/聚合物/基板	激光加热使聚合物蒸发, 释放气体形成气泡, 气泡对读出光散射, 使反射信号有较大对比度, 信噪比 65 分贝, 化学稳定性好	Thomson-CSF ^[46]
Au, Pt 合金/聚合物/Al/基板夹心饼结构	气泡型结构与消反射三层膜结构结合, 提高光学效率, 灵敏度高, 阈值功率 4 毫瓦, λ : 514.5 毫微米, 稳定性好	3M ^[47]
Drexon 预刻槽, 预格式	100 毫微米厚强交联胶质表层中含有银微粒的合成材料, 溶剂涂覆制备, 烧蚀记录, 灵敏度高(3 毫瓦, <100 毫微秒), 信噪比低(40 分贝), 存储寿命 20~100 年	Drexler ^[48]
染料/聚酯	激光烧蚀记录, 反射光相移, 干涉读出, 可用 633 毫微米或 930 毫微米激光, 信噪比高(60 分贝), 灵敏度高(100 毫瓦, <50 毫微秒), 存储寿命大于 10 年, 记录膜上下有网状保护层	Kodak ^[49]
Au/介质层/反射层预刻槽, 预格式	用 Au 膜记录前后透过率变化的物性来记录信息, 灵敏度高(4~6 毫瓦, 42 毫微秒), 稳定性好, 寿命大于 10 年	Burroughs ^[50] , 光学涂膜公司
Sb ₂ Se ₃ /玻璃 或 Sb ₂ Se ₃ /Te(400 埃)/ 玻璃基板	用 Sb ₂ Se ₃ 透过率变化物性记录信息, 灵敏度高(3.5 毫瓦, 1800 转/分), 信噪比 55 分贝	Sony ^[51]
显微针状结构 (Si 或 Ge)	等离子刻蚀半导体, 溅射铝原子淀积在半导体膜上形成显微针状结构, 用局部熔融形成高反平面, 灵敏度高(0.4 毫微焦耳), 信号反差 0.8, 均匀性差	Bell 实验室 ^[52]
非晶态氢化半导体 (硅, 锗)	非晶态氢化硅: 低功率下形成气泡区, 高功率下烧蚀成孔。 非晶态氢化锗: 激光作用下形成海绵状多孔区, 化学稳定性好	Bell 实验室 ^[53]
非晶态硅/贵金属铑/ 基板	激光加热使 Si, Rh 两层相互作用, 形成高反射率贵金属硅化物显微标记, 非晶态硅厚度为 $\lambda/4n$ (消反射), 灵敏度低	IBM 实验室 ^[54]

的碲基膜。

为了解决低熔点材料化学稳定性差的缺点, Thomson-CSF, 3M, Drexler, Kodak 等公司根据他们各自的特长研制了其他各种记录材料, 表 2 列出了这方面的研究动态, 其中汽泡型记录薄膜是很有前途的新颖介质, 而 Drexler 生产的 Drexon 是唯一作为商品的光盘。

近两年来在可擦除重复记录的记录介质研究方面取得了重大突破, 这些材料主要靠非晶态-晶态转换或磁光效应进行记录、读出。表 3 列出在这方面的研制动态。

可擦除光盘要在性能上超过磁盘, 使它能与磁盘记录竞争, 必须解决阈值高, 信噪比低、数据密度低和读出时数据损坏等不足。

记录介质的研究正方兴未艾, 更多新型的可供选择的材料不断出现, 因此目前要明确指出一两种标准记录介质作为第一轮商品光盘为时尚早。

2. 研制长寿命、大功率、单模半导体激光器。

光盘存储系统要求记录激光功率为 15~40 毫瓦, 读出激光功率 1 毫瓦左右的单模单色激光器。大多采用氩、氦氖激光器。目前用于读出的小功率半导体激光器已趋成熟, 用半导体激光器, 准直透镜、分束器、 $\frac{1}{4}$ 波

片、衍射极限物镜和四象限接收器组合而成的小型光学读出头已经商品化^[61]。由于半导体激光器具有尺寸小、效率高、可直接调制、调制频率高(数百兆位/秒)、可靠性好、寿命长等优点, 研制长寿命、大功率、单模半导体激光器用来取代气体激光器是近期的主要目标之一。

提高半导体激光器输出功率会产生由于局部发热引起的器件劣化和端面熔融。为克服上述困难主要通过两个有效途径: 制备大尺寸光斑及与模式相关的损耗机构以抑制高阶模振荡的器件; 在反射镜区制备非吸收界面的结构使界面不易损坏。如三菱研制的 JST (模结条型) 激光器采用端面附近开设窗口的“窗式结构”获得 15 毫瓦以上的连续单模输出^[62]; 日立、RCA 采用增大波导通路截面降低光功率密度的方法获得 20 毫瓦大尺寸, 无象散输出^{[63][64]}; 东芝采用减薄活性层厚度增强输出的方法^[65], 松下、夏普采用降低阈值的方法分别制成 20~30 毫瓦的台阶衬底型结构激光器和 V 型槽衬底内条形结构激光器, 并开始大量生产^[66]; RCA 采用台阶异质结大光腔结构获得 50 毫瓦基模输出^[67]。目前荷兰 Philips、美国 RCA 和 Xerox、日本松下、日立、东芝、三菱等公司均已能生产连续输出功率 15 毫瓦以上、可连续工作

表 3 可擦除记录介质的研制动态

记录膜层	主要特点	研制单位
GdTbFe ₃ /PMMA	采用消反射结构增强克尔效应, 旋光角度 1.75°, 用半导体激光器记录, 信噪比 > 40 分贝, 可擦除 10 ⁷ 次	联邦德国 Philips ^[55]
TeO ₂ (x~1) 含有少量 Ga, In, Sb	用 8 毫瓦半导体激光器记录, 擦除, 非晶态-晶态转换记录信息, 光斑尺寸 $\phi 0.8$ 微米, 可擦除 10 ⁶ 次, 信噪比 55 分贝	日本松下 ^[58]
Tb ₂₂ Fe ₇₈ /SiO ₂ /Ag	热磁记录, 6 毫瓦半导体激光器记录, 数据输入速率 2 兆位/秒, 信噪比 44 分贝, 存储密度 15~20 兆位/厘米 ²	日本 KDD ^[57]
Cu/SiO ₂ /GdTbFe/SiO ₂	热磁记录, 旋光角度 1.75°, 信噪比 40 分贝	日本夏普 ^[59]
SiO ₂ /非晶态 Te/SiO ₂ /Al	非晶态-晶态转换记录, 记录功率 4~8 毫瓦, 信噪比 35~40 分贝	美国 RCA ^[59]
As-Se-S-Ge	非晶态-晶态转换记录, 氩激光记录, 氦氖激光读出, YAG 激光或红外灯擦除	日本武藏野 ^[60] 通讯研究所

本的发展和生产名列世界前茅。

半导体激光器的研制目前有向可见光区输出发展的趋向,以减少衍射光斑尺寸,提高存储密度。日立已有工作波长为780毫微米、10毫瓦输出半导体激光器的产品;松下企图制造接近氮氛谱线的半导体激光器;索尼最近用金属有机物化学气相淀积制造720毫微米半导体激光器取得成功^[68]。

另一个研制目标是研制可独立寻址的半导体激光器阵列,以提高系统输入输出能力。Bell实验室已在一片管芯上制备了中心距为50微米的16只半导体激光器阵列,每只输出10毫瓦(基模)^[69]。RCA也报道了研制由十个半导体激光器组成的输出200毫瓦的阵列^[70]。

3. 改善系统性能。

改善系统性能主要包括提高光盘存储密度、提高系统数据存取速率,降低原始错码率,采用适宜的编码纠错技术及研究实用的可擦除重写的光盘存储系统等。

光盘存储密度受光学系统衍射极限的限制。为进一步提高光盘存储能力,各公司采用种种措施,诸如用短波长激光记录,选用大数值孔径物镜,等线速度存储,适当的编码、纠错形式等,来提高单盘存储密度。另外还采用自动换片装置和光盘组来增加系统容量^[71]。

为使信息点尺寸由1微米减小到0.5微米,轨迹节距由2微米减小到1微米,使单盘容量达 10^{11} 位。Philips准备采用混合型预刻槽有格式光盘,把时钟信号、调焦信号与信息轨道分离,减小轨道节距而不引入串音。Philips下一阶段目标是每面光盘存 10^{12} 位,计划采用 $\phi 14\sim 16$ 英寸的光盘,并用0.35毫微米紫外记录光源,使光斑缩小到0.3微米^[72]。Philips在数字式声唱片中采用8~14位编码,使存储密度提高0.5倍^[73]。松下利用在光盘上开V形槽以形成两斜面记录信息的轨道,可用反射衍射光读出高密度记录的

上万小时、几乎无象散的半导体激光器。目信息^[74]。此外光谱域存储和介质体存储的设想如果得以实现,将使存储密度大大提高。

实现高数据存取速率主要采取提高扫描速度,设计多通道存取系统的方法。美国军方要求数据输入速率为300兆位/秒。美国Harris公司采用声光偏转加光盘转动方式提高扫描速度。RCA公司将激光分成独立调制的八束光,进行多通道记录,同时记录八条轨道,输入速率提高八倍。Xerox公司专门设计了一种光栅,可将一束光分为十束。可以预见大功率半导体激光器列阵的出现将为提高数据存取速率提供美好的前景,估计数据速率可望达到千兆位/秒。

系统位出错率主要取决于光盘记录膜层原始缺陷密度以及采用的纠错技术。目前除采用化学稳定性好的记录介质,用夹心饼结构或保护层使膜层处于清洁环境外,还采用在基板上涂一层聚酯薄膜,填补基板表面的缺陷,以降低对基板的要求。另外提高膜层反射率,增大读出信号反差,以及增大光通量可改善读出信噪比,减小系统出错。在编码纠错技术上,Philips及Burroughs公司采用纠错能力很强的Reed-Solomon码提高系统纠错能力。采用数据组交叉存取的方法也能增加对突发错误的纠错能力。由于采取这些纠错技术,数字式声唱机已具有对4000位突发错误的纠错能力,纠错后误码率低于 10^{-9} ^[75]。

光盘存储技术经过十多年的开发和研究取得了迅速的发展,目前的研究工作正方兴未艾,随着记录介质、小型半导体激光光源、系统性能等具体问题的解决或改善,光盘存储必将成为存储技术中的一个重要方面。可以预期在本世纪末光盘存储将形成一独立的工业体系,在国民经济和科技发展中起重要的作用。

参 考 文 献

[1] Philips Tech. Rev., 33 (7), p.178 (1973)

- [2] IEEE. Trans. Consumer Electronics, (11), p.318 (1976)
- [3] Appl. Opt., 17 (13), p.2001 (1978)
- [4] Appl. Opt., 17 (13), p.1993 (1978)
- [5] Laser Focus, 15 (2), p.24 (1979)
- [6] Electronics, 51 (23), p.75 (1978)
- [7] Philips Tech. Rev., 40 (6), p.151 (1982)
- [8] Laser Report, 18 (17) (1982)
- [9] 1983年一月赴美光学数据存储会议内部情况报告(未发表), (1983)
- [10] Optical Memory Newsletter, Nov.-Dec. (1982)
- [11] Laser Focus, 19 (1), p.33 (1983)
- [12] Philips Tech. Rev., 39 (12), p.329 (1980)
- [13] J. Applied Photo-graphic Engineering, 6 (2), p.62 (1980)
- [14] 东芝レビュー, 36(3), p.250 (1981)
- [15] Photonics Spectra, May, 1983, p.90
- [16] J.E.E., 16 (140), p.22 (1979)
- [17] IEEE Spectrum, 16 (2), p.33 (1979)
- [18] IEEE Spectrum, 16 (8), p.26 (1979)
- [19] Symp. on Optical Data, Display Processing & Storage, Orlando, Jan., 1979
- [20] Opt. Eng., 21 (5), p.913 (1982)
- [21] Nature, 287, p.583 (1980)
- [22] IEEE JQE, QE14 (7), p.487 (1978)
- [23] Opt. Eng., 20 (3), p.387 (1981)
- [24] Opt. Eng., 20 (3), p.399 (1981)
- [25] Optical Memory Newsletter, Sep.-Oct. (1982)
- [26] Electro Optics, Mar., 1983, p.30
- [27] Proc. SPIE, 329, p.40 (1982)
- [28] Lasers & Applications, Mar., 1983, p.22
- [29] Technical Digest of Topical Meeting on Optical Data Storage, ThA3 (1983)
- [30] Electro Optics, Mar., 1983, p.11
- [31] Technical Digest of Topical Meeting on Optical Data Storage, WA7 (1983)
- [32] B.S.T.J., 50 (6), p.1761 (1971)
- [33] Opt. Eng., 20 (3), p.373 (1981)
- [34] Appl. Opt., 21 (9), p.1602 (1982)
- [35] J. Vac. Sci. Tech., 18 (1), p.68 (1981)
- [36] RCA Rev., 40 (3), p.345 (1979)
- [37] Appl. Phys. Lett., 36 (12), p.950 (1980)
- [38] Appl. Phys. Lett., 35 (1), p.81 (1979)
- [39] J. Vac. Sci. Tech., 18 (1), p.75 (1981)
- [40] Technical Digest of Topical Meeting on Optical Data Storage, ThB2 (1983)
- [41] Technical Digest of Topical Meeting on Optical Data Storage, MB2 (1983)
- [42] Technical Digest of Topical Meeting on Optical Data Storage, MB3 (1983)
- [43] Technical Digest of Topical Meeting on Optical Data Storage, WA2 (1983)
- [44] Technical Digest of Topical Meeting on Optical Data Storage, ThB3 (1983)
- [45] Technical Digest of Topical Meeting on Optical Data Storage, WA3 (1983)
- [46] Conf. on Lasers & Electro-Optical CLEO'81 Tech. Dig., 22 Washington DC (1981)
- [47] Conf. on Lasers & Electro-Optical CLEO'81 Tech. Dig., 22 Washington DC (1981)
- [48] J. Vac. Sci. Tech., 18 (1), p.87 (1981)
- [49] Technical Digest of Topical Meeting on Optical Data Storage, TuA2 (1983)
- [50] Technical Digest of Topical Meeting on Optical Data Storage, TuA5 (1983)
- [51] Technical Digest of Topical Meeting on Optical Data Storage, WA4 (1983)
- [52] Technical Digest of Topical Meeting on Optical Data Storage, WA5 (1983)
- [53] Appl. Phys. Lett., 40 (1), p.85 (1982)
- [54] Appl. Phys. Lett., 39 (11), p.927 (1981)
- [55] Technical Digest of Topical Meeting on Optical Data Storage, ThA2 (1983)
- [56] Laser Report, 19 (7) (1983)
- [57] Technical Digest of Topical Meeting on Optical Data Storage, ThA1 (1983)
- [58] Technical Digest of Topical Meeting on Optical Data Storage, ThA4 (1983)
- [59] Appl. Phys. Lett., 38 (11), p.1 (1981)
- [60] 研究实用化报告, 23 (7), p.1393 (1974)
- [61] Technical Report of Television Society of Japan, 4 (38) (1981)
- [62] Appl. Phys. Lett., 34 (10) p.637 (1979)
- [63] Hitachi Rev., 31 (5), p.227 (1982)
- [64] Appl. Phys. Lett., 36 (3), p.190 (1980)
- [65] Digest Technical Paper, The 13th Conf. on Solid State Devices, Tokyo, B-4-3, p.109 (1981)
- [66] IEEE JQE, QE17 (5), p.776 (1981)
- [67] Appl. Phys. Lett., 41 (4), p.310 (1982)
- [68] Laser Focus, 18 (3), p.57 (1982)
- [69] Appl. Phys. Lett., 41 (1) p.9 (1982)
- [70] Appl. Phys. Lett., 41 (11), p.1040 (1982)
- [71] Opt. Eng., 20 (3), p.394 (1981)
- [72] Electro-Optics Apr., 1983, p.40
- [73] Philips Tech. Rev., 40 (6), p.157 (1982)
- [74] Appl. Phys. Lett., 42 (2), p.144 (1983)
- [75] Philips Tech. Rev., 40 (6), p.166 (1982)

光盘在信息存储和检索中的应用及其潜力

王 德 明

(上海科技情报研究所)

人类社会离不开信息的交流,而这些信息的大部分需要暂时地或永久地记录在某一种合适的存储介质上。随着社会的发展,存储着信息的介质数量的增长是惊人的。据统计,当前科技文献约每七年翻一番,办公室文件约2~3年翻一番。纸是具有上千年历史而至今仍最广泛地使用着的存储介质。但它的存储密度低,又不易永久性地保存。第二次世界大战期间一种能把纸质资料体积缩小几百甚至几千倍的照相缩微片开始推广使用。它不但存储密度高,而且还有永久保存性好、成本低、容易复制、便于检索等优点。今天已广泛地在银行、保险公司、图书馆、情报中心、政府机关等大量应用。进入六十年代计算机信息处理技术得到迅速的推广,大量的机读数据需要存储和检索。一种利用磁膜记录信息的磁带、磁盘存储器得到广泛的使用。它具有信息存储方便,适于同计算机和现代通信设备相联系等一系列特点。这后一个特点在现代化信息系统中几乎是不可缺少的。现代化的信息系统是由计算机集中控制的,人们坐在与计算机相联的终端显示屏前,手按键盘与计算机对话,一批批所需的数据从计算机数据库中取出,显示在终端屏幕上,经人们加工处理过的信息又送进数据库存储起来,或送到所需者的终端中去。这种高效的工作方式是当代的趋势,而配置在这种信息系统中的存储介质必须具有便于和计算机、现代通信设备相联系的特点。今

天大量的机读数据已存储在具有上述特点的磁带和磁盘中了。然而多数的文字和图象资料至今仍存储在纸和缩微胶片上,从而不能发挥计算机数据处理的巨大作用。因为文字、图象资料往往需要极大的存储容量,这是磁带和磁盘难于胜任的。

文字、图象记录对存储容量的要求

表达一幅图象或一页文字需要多少信息量是随这些信息的性质和所采用的存储方式而差别很大。例如一页16K的文字资料,假定具有1600个汉字。如将它们先转换成代码后存储,因每个汉字的代码占2字节,共需3.2KB(千字节)的存储容量。但代码的转换现在还需手工,效率很低。所以这种代码存储方式不适应大量文字资料的存储。另一种称为影象存储方式是把一页文字当作一幅照片,通过摄象机等进行扫描而分解成许许多多象素然后存储起来。要分辨小号的汉字需要每毫米约8线的扫描密度。这样存储一页16K的文字资料,就需要0.5MB(兆字节)的容量。经信息压缩后也需约0.1MB的容量。存储一幅标准电视影象,虽其分辨率低,仍约60KB的容量。可见影象存储方式要比代码需方式占的存储容量大得多。而且它将信息输入存储器的速度快而简便,而且可以保持信息的原样(如手迹等),是目前最实用的存储方式。

一卷长2400英尺、密度为1600BPI(每

英寸字节)的标准磁带,其存储容量约为48MB。采用影像存储方式,只能存储未经压缩的高分辨率资料96页,或经压缩的高分辨率中文资料500页,它的存储密度太低。缩微胶片的存储密度虽然相当高,但它难于和计算机、现代通信设备相联接。为适应现代社会发展的需要,一种兼有缩微胶片和磁性记录介质两者优点的新型介质是很需要的。

新型存储介质光盘的出现

1972年荷兰飞利浦公司和美国音乐公司几乎同时展示了他们各自研制的光学电视唱片系统。这种直径30厘米的唱片,双面录有一小时的彩色图象节目,其信息存储密度达 4×10^7 位/厘米²,比磁盘高两个数量级。节目的重放是利用聚焦的激光束从唱片的信息层读出的,没有机械磨擦,也就不会损耗唱片,唱片寿命可说是半永久性的。激光读出头可以随意地读出唱片表面任何一条轨迹中的信息,因此它有类似于磁盘的随机读取的特点。从而使它具有放静止图象的能力,这样一张电视唱片每面可存储5万余张各不相同的图片或资料。这些特点预示这种新的图象记录介质具有巨大的应用潜力。

1979年荷兰飞利浦公司展示了一台光学数字记录器^[1]。它采用50毫瓦半导体激光器,可用10兆位/秒的速度实时记录信息,并能不经任何处理立即把记录下的信息读出。该公司将此特征称为DRAW(写后直读的缩写)过程。它可以在一张双面空气夹层碲膜盘片上存储 1.2×10^{10} 位的信息,其平均存取时间为70毫秒,原生误码率在 10^{-5} 至 10^{-6} 之间,经校正后的误码率小于 10^{-10} ,基本上符合计算机使用的要求。盘片上记录下的信息保存寿命可达10年,也能满足一般存档的要求。从此电视唱片信息记录技术不仅可以用来存储电视图象节目、高质量声频节目,还能存储计算机编码数据、文献资料、档案等几乎包括一切表达形式的信息。它不仅可以事前制版,

大量印制后廉价发行,又可以实时记录当场使用。这种信息存储技术现已概括地称为光盘技术,电视唱片只是其中的一种应用。

光盘的存储密度比磁记录高两个数量级,现在一张双面光盘采用图象方式可以存储10万张低分辨率的标准电视图象,5000页不经压缩高分辨率中文资料;或25000页经压缩的高分辨率中文资料。采用代码方式可以存储80万页中文资料。加上光盘能方便地与计算机和现代通信设备相联接等其他一些优点,使愈来愈多的人们相信,光盘是最有指望的新型存储介质。

光盘是一种正在开发之中的存储介质,现有三种类型的光盘:(1)信息由专业厂记录后复印的电视唱片;(2)可随录随放,但不能擦除信息后重录的DRAW光盘;(3)可擦除信息、随录随放的光盘。可擦除光盘现尚处于基础研究阶段。现在市场上出售的电视唱片和数字化声频唱片是光盘在文娱节目上的应用。近年来国外许多公司正在研究将上述第一、第二两种光盘用于文件、教学资料、数据等业务信息的存储和检索,有些已投入实际应用。

电视唱片用于信息存储和检索

用于信息存储和检索的电视唱片是由专业厂接受用户提供的信息刻录成原版、制成模版后压印提供的。复制片批量愈大,成本愈便宜。所以对于需要大量发行的信息,采用这种型式的光盘最为合适。现制版费每片约2500~3000美元,压印复制片每张10美元^[2]。如复印片批量大,复制费用还可大幅度下降。加工周期约为三星期。一张电视唱片双面可记录一小时连续图象节目,或10万张图片,它们属于标准的电视图象分辨率。一张电视唱片的信息存储容量为 $6 \sim 8 \times 10^{10}$ 位。由于电视唱片录制过程中不能校正出错,在制版、压印过程中又会增加缺陷因素,其误码率较高,约为 $10^{-3} \sim 10^{-4}$ 。这样的误码率

约相当于在一幅图象的 48 万个象素中有 5~50 个象素出错, 所以不会影响图象内容的表达。但如用来记录数字信息, 则一个错误的编码, 会导致完全错误的后果。因此在误码率还没有充分减少之前, 它还只适于图象记录。电视唱片是已商品化的技术, 经济效果好, 可以在教育、训练和用一般图象格式提供插图的情况下使用。

电视唱片放象机有家庭用和工业用两类。信息存储和检索型电视唱片应采用后者。工业用电视唱片放象机由微处理机控制, 具有较强的智能, 较好的图象质量和耐用程度。它可以通过图象接口装置(VIU)与计算机联系^[3]。1981 年 MCA 又推出一种 Disco Vision PR 7820-2 型工业用电视唱片放象机, 可以直接和计算机联接。

(一) 几个已实际应用的例子

最先将电视唱片用于信息存储和检索的是美国政府。1977 年他们向 MCA 订购了工业型放像机和全套刻录制片设备, 以改进他们的信息系统^[4]。

(1) 用作商品介绍

1979 年美国通用汽车公司向 MCA 购置了一万多台工业用放象机, 用来替代原来的 8 毫米、16 毫米电影作新车和新产品展示^{[5][6][7]}。该公司把分类成树枝状结构的大量汽车图片记录在 28 张对话式电视唱片中。用户通过监视器逐个地观看所显示的图片, 如观看者将他的爱好和希望作出反馈, 系统会顺着他的愿望追查至所需的信息。利用内部的微处理机, 可以做到有 1024 个步骤的计算机辅助指导(CAI)下的检索。现在通用汽车公司已在 13500 家销售店安置了 10200 台此种放象机。通用汽车公司选用电视唱片系统而不用磁带录象机的理由, 是它具有迅速检出信息并能放静止图象的能力。由于同样的原因, 美国福特公司于 1981 年向索尼公司订购工业型放象机 4000 台, 准备在近年内全部替代现在使用的磁带录象机^[8]。1981 年

3 月日本丰田汽车推销部也购置了 68 台此种电视唱片系统, 作为推销汽车的工具。日本的日立和日产两公司也合作研制成一种“汽车商谈”系统, 它在电视唱片放象机上配置有微型计算机和软盘^[6]。

(2) 用于计算机辅助教学

美国 IBM 通用系统分部已研制成一种替代通常的课堂教学的电视唱片系统^[7]。应用这个系统, 学生可以按适于自己的进度学习, 可以集中精力学习自己感兴趣的或需重点理解的那些部分。每个学生单独在一个隔音室的终端前学习, 思想集中, 学习效率很高。这套系统是供 IBM 公司内部使用的。

日本的时代生活社研制成用于英语会话学习的光盘计算机辅助教学(CAI)系统, 并已有商品出售^[6]。他们在光盘存储有分类成树枝状结构的有声活动画面, 和向学生提问的静止图象。学生可用 CAI 方式以合适的进度和与系统对话的情况下进行学习。因为是非接触读出, 在同一圈轨迹上无论读多少时间, 都不必担心唱片的磨损。据说时代生活社已向先锋公司购买一万多台放象机。

(3) 用于提供专利插图

1981 年 3 月 Pergamon International 研制成一套配合专利数据库提供专利工程插图、化学结构图、专利摘要等原文信息的电视唱片系统^[9]。俗语说“一图值千字”, 在工程技术领域的插图更是如此。以往通过计算机从专利数据库取得的只是题录索引性的文字资料, 没有任何图象。因此难于理解专利的内容。该公司将 1971 年以来 75 万篇美国专利的封面(上面有插图等信息), 录在八张电视唱片上。整套系统包括一台特殊的智能终端, 一台 Disco Vision PR7820 工业用放录机和八张唱片。用户通过目录检索系统 BRS 网络访问专利数据库, 取得所需专利的文字数据。然后装上合适的电视唱片, 在 2 秒钟内屏幕上自动显示出该专利的插图。整套系统, 包括全部硬件和软件, 售价为 6000