

光盘——激光存储技术的应用

艾延宝

光盘是激光技术在信息记录、存储、提取、传输等方面的重要应用，是光电子技术和计算机技术相结合的产物。自70年代诞生以来，由于其高密度、大容量的信息存储优势获得了广泛的关注，其推广和应用日趋活跃，并迅疾形成一个专门的信息产业。

微光存储的基本原理

光盘是利用激光相干性好的特点，将光束聚焦到直径 $1\mu\text{m}$ 以下的焦斑上，使处在该区域内的记录介质受高功率密度光的烧蚀形成小孔，或产生其他改变物质性质的影响。光束受欲存储的信息调制，于是在介质上便记录下这种信息。为了操作方便，记录介质基层都制成圆盘形状，故得名光盘，英文Compact Optical Disk，简称CD。

尽管光盘与普通唱片在形状上十分相似，但其工作原理和内部结构有本质的区别。普通唱片上刻有螺旋形的槽，槽的深浅或横向宽度正比于声音信号的强弱，即受音频信号振幅所调制。它是属于一种模拟调制方式，所记录的信号在幅度和时间上都是连续变化的。光盘则不然，它采用“数字”方式记录信息，通过编码过程将信号编成一系列“0”和“1”的数字代码后，记录到光盘上。

作为光储存方式，已有近百年的发展历史，常见的照相术就是最早的光存储技术，无论是胶片感光灵敏度、分辨率、色彩，还是照相仪器，都取得

了长足的进步，不仅能拍摄静止景物，还能通过电影、电视将活动图像记录和再现。然而，包括全息照相在内的照相术，都属于模拟光存储范畴，它在存储容量、存储密度及传输速率等方面都受到一定限制。随着信息社会的发展，特别是激光的出现和计算机的日益普及，数字光储技术开始兴起，数字光盘的诞生成为存储技术的一项重大突破。

一般说来，语言、音乐、图像等信号都是模拟电信号，其值随时间连续变化，为转换成数字信号，需依次通过取样、量化和编码过程。所谓取样是指每隔一定时间间隔对所传的信号幅度做出测量，使时间上连续变化的模拟信号变成间断变化的脉冲信号。取样的频率取决于所要传送信号的最高频率，一般要求不低于信号最高频率的两倍。例如，若声道最高频率为 22kHz ，则取样频率应大于 44kHz ，意即至少每隔 $22.7\mu\text{s}$ 应进行一次采样。经取样获得的脉冲信号还不是数字信号，因为其幅度仍然是连续变化的。再进行量化处理，即用一个等分的尺子去量脉冲幅度的大小，将所测到数值取整后再进行二进制编码，最后得到各取样值的数字编码信号。显然，量化时等分得越细，编码位数越多，就越能反映取样脉冲信号幅度的真实值。例如，采用16位的二进制编码，则量化处理时等分的数目为 $2^{16}=65536$ 。

衬底结合或者将金属超细粉末与金属薄膜多层结构混合，可以制成兼顾红外、雷达波的吸波材料；二是新型功能材料，利用有机聚合物研制具有吸波性的电致变色材料。美国空军在F-117、F-22战斗机上涂覆的隐身材料不仅可以在宽带范围内吸收雷达波，而且可以使飞机表面的红外辐射下降60%—70%。美国研制的放射性等离子体和半导体涂料，不仅可以对雷达波的吸收频带宽、反射衰减高，而且可以吸收红外和声波信号。美国还在研制纳米薄膜隐身材料，纳米薄膜可在很宽频谱范围内对光和电磁波的辐射具有非常好的吸收性能，例如用氮化硅、碳化硅、氧化铝和氧化锌纳米薄膜，可对红外光、雷达波具有宽频带的吸收能力，在2010年以后可用于飞机、

航天器、卫星和导弹等武器装备的隐身。

目前美国已在B-2轰炸机、F-117N、F-22、F/A-18E/F、F-35、各种直升机以及“联合防区外发射空地巡航导弹”(JASSM)、AGM-137巡航导弹、AGM-129、“联合防区外发射武器”JSOW(AGM-154)导弹等均采用了隐身技术。由于探测系统到2010年前后高度发达，届时没有隐身能力的飞机和导弹将失去作战能力。

预计到2020年前后，纳米隐身材料、智能隐身材料将广泛应用于各种飞机和导弹上。而且智能隐身武器将能够实现自检测、自监控、自修复、自校正、自适应，使飞机和导弹系统真正实现自动化、智能化隐身。

(江苏徐州空军后勤学院二系 221000)

现代物理知识

激光具有优良的时间相干性和空间相干性,可以聚焦到极其微小的光斑,接近与本身波长相应的衍射极限。这种高功率密度的激光光束照射到记录介质表面上时,会烧蚀出直径约 $0.6\mu\text{m}$ 的小孔。如果光速受数字信号控制,它扫描时烧蚀孔的分布花样就与数字编码信号相对应。烧蚀孔为二进制的“1”,未烧蚀处为“0”,则记录何时何地形成的一系列“1”和“0”便是所要存储信息的二进制数字编码。以上是光盘的信息记录过程,常称作信息写入。

这样制作出的光盘称作母盘,然后将其翻制或拷贝成许多的光盘。

光盘所用的光源为半导体激光二极管(LD),激光功率大约在 $10\text{mW}\sim 20\text{mW}$ 。

由于光盘绕中心轴旋转,激光束沿径向扫描,所以烧蚀的排布轨迹呈螺旋状,相邻两线间距为 $1.6\mu\text{m}$ 左右,为使在不同径向位置处都保持恒定的扫描线速度,就要求光盘的转速随扫描位置而变化,照射在外圈轨道时转速要慢,在里圈轨道时转速要快。为此,需要有精密灵活的传动机构和伺服系统,实现对光盘的高精度地驱动。

当用一束很细的激光束照射到光盘,扫描其上螺旋形轨迹时,反射回来的光强大小显然与光斑扫到的地方是否有孔有关。换句话说,反射光强度将受到光盘上烧蚀孔排布光样的调制。于是,就可以根据反射光的强弱将存储在光盘上的数字信息转换成二进制电脉冲信号。此信号经处理系统处理后,再通过解码器解码,还原成初始的模拟信号,最后显示或记录下来。这就是光盘信息的提取再现过程,即通常所说的读出信息。

从光盘上读出信息的关键部件是光盘头,亦称阅读器,其作用是从光盘上提取数字信号,并送给信号处理系统。它主要由光源(半导体激光二极管)、光电探测器及光学系统组成。光电探测器多采用硅光二极管,光学系统包括准直透镜、大数值孔径的聚焦透镜、半反射式分光镜等。光源发出的激光束经分光镜反射后,通过准直透镜,变成平行光束,再由聚焦透镜聚焦到光盘记录介质表面。由于是平行光束,能保证聚焦与光束路径长短无关。从光盘反射的光沿原光路返回,经分光镜后的透射光(不是反射光)投射到光电探测器上,探测器便输出数字的电脉冲信号。分光作用也可以采用偏振

分束镜和 $1/4$ 波长晶片来实现,光源发出的线偏振光通过偏振分束镜(二者偏振化方向一致)后,再经 $1/4$ 波片时,变为圆偏振光,由透镜聚焦到光盘记录介质上。反射的圆偏振光再经该波返回时,又变为线偏振光,不过偏振面相对原入射的线偏振光转动了 90° 角。这种线偏振光不能透过偏振分束镜,只能被反射,沿与原入射光垂直方向射向光电探测器,从而达到分光的目的。

目前,由半导体激光器、光学系统及相应的调节机构构成的光盘头多半既可以作信息写入(记录),又可以把光强衰减后作读出(提取)用。

光盘存储的特点

与其他信息存储技术比较,光盘技术具有许多优越性。

首先,光盘存储密度高,信息容量大,这主要是因为激光束可以聚焦成很小的光斑。由于衍射效应的限制,光束的焦点不可能是一个几何点,而是有一定大小的光斑。光斑直径 d 与光波波长 λ 、聚焦透镜的数个孔径 N_A 之间有如下近似关系:

$$d \approx 0.61\lambda / N_A \quad (1)$$

一般聚焦透镜可取 $N_A=0.5$,GaAlAs(镓铝砷)半导体激光器输出的光波波长 $\lambda=0.85\mu\text{m}$ 。代入上式计算可得聚焦激光光束直径 $d \approx 1\mu\text{m}$ 。一个光点相当于一位十进制码,即一比特(bit),由此可粗略地估算出一个直径 $D=120\text{mm}$ 光盘上所能存储的信息量为

$$\frac{\pi D^2/4}{\pi d^2/4} = \frac{D^2}{d^2} = 1.44 \times 10^{10} \text{ (bit)} \quad (2)$$

它几乎与大英百科全书全部内容所包含的信息是同一数量级。其记录密度可达 $\frac{1.44 \times 10^{10}}{\pi D^2/4} = 1.27 \times 10^6 \text{ bit/mm}^2$,比普通磁盘大百倍,它的储存密度和信息容量是以往各种存储方式所无法相比的。

其次,光盘是用光束读写信息,光盘头与盘面不接触,没有像普通唱机和磁记录装置里出现的机械磨损,因此使用寿命大大增长。由于没有机械接触,读写时不会对电机转速产生任何影响,这对减少失真十分有利。同时,由激光光束聚焦到记录介质,且光斑极小,因此光盘保护层表面的尘埃或局部沾污对读写信息的影响很小,可以忽略,从而大大降低了对使用环境的要求,或者说,光盘抗表面沾污能力强。此外,由于光盘头与盘面不接触,且有一定的空间,这就为光盘的自动插换创造了

方便条件,原则上一个光盘驱动器可以配备无数片光盘。

光盘是集磁带大容量和磁盘检索功能于一体,且具有使用寿命长,信息保存可靠,对环境无严格要求的优点,它不仅能存储诸如立体声之类的音频信息,也能存储图像一类的视频信息,还可以存储其他信息,是当今各种存储媒体中的佼佼者。

光盘技术的发展

20多年来,光盘存储技术发展十分迅速,已生产出满足不同需要的多种光盘产品,如激光唱片(CD)、激光电视片(LD)、CD图像唱片(CD-Graph,简称GCD)、CD电视片(CD-Video,即VCD)、CD照相盘(CD-Photo)、只读式CD盘片(CD-ROM)、可录CD盘片(CD-R)、只读式人机交换盘片(CD-I)、一次性记录盘片(WORM)、可擦重写光盘(Erasable or Rewritable Disk)、可录磁光音乐迷你盘(Mini Disk,简称MD)等,广泛运用于娱乐、教育、电子出版物、文件存档及在线存储等各个方面。

目前,数字光盘的音质和画面质量已远远胜过磁带模拟记录,完全可以替代沿用已久的录音带和录相带。电子出版物以迅猛的势头占领市场,一张CD-ROM盘可以容纳一整套大百科全书或十几年的报纸,必将成为今后信息传递和交换的重要载体,多媒体光盘特别适合于教育、商业和游戏,能人机对话、图文声并茂,CD-Photo也即将挤进照相行业,定会受到人们的欢迎。

今后,光盘技术发展的主要发展方向仍然是高密度、大容量、快速率和小尺寸。

从(1)式中可以看出,光源波长越短,聚焦光斑就越小,存储密度必定提高。因此,半导体激光器要向短波方向发展,开发高功率、长寿命的可见光半导体激光器或采用倍频技术也是十分必要的。发展新的存储介质材料是提高存储密度的关键环节,在短波条件下具有良好性能的存储材料有,有机色变和发泡材料、晶态与非晶态的可逆变化材料及磁光材料等。微细加工在光盘生产中占据重要地位,要开发新的超微加工技术。要在高速旋转(目前驱动器转速为1800~3600r/min)的盘片上用光读出亚微米级的记录信息并非易事,提高存储密度必须相应地改进微小记录光斑的检测方法。据报道,索尼(SONY)公司研制出有不同居里点和矫

顽力的双层磁光膜,巧妙地利用薄膜的磁光特性能检测出光斑中心,从而在磁光盘上用大于记录光斑的光速读出亚微米级的信息,可使存储度提高4倍多。

现在光盘的存取太慢,数据传输率为0.7M~4Mbit/s,平均存取时间在几十毫秒左右,尚不及磁盘快。其中重要的原因是与光盘不能直接重写有关,直接重写就避免了擦除等待的时间。目前已面世的重写光盘有磁光盘和相变光盘,前者是用稀土-过渡金属(如Gd-Co、Tb-Fe)制成的非晶磁性薄膜,通过改变磁化方向实现重写;后者为非晶体态半导体相变薄膜,利用介质上被聚焦光照射点受热能发生相变,达到重写的目的。减少光盘头的质量能有效地提高其径向速度,从而可缩短平均寻找时间,为此需要借助半导体集成工艺实现光盘头的集成化。

此外,将音响、电视和计算机集成一体的小型光盘电视(CDTV)也将发展起来,会有广阔的市场前景。光盘存储技术是激光技术、光电子技术、信息技术相结合而形成的一门新兴交叉高技术,对科学和社会发展都具有深远的影响,其开发应用潜力十分巨大。我国虽起步较晚,但发展速度令世人瞩目,已取得了许多可喜的成果。

(哈尔滨黑龙江科技学院自动化工程系 150027)

名人妙语

人的脑子本像一间空空的小阁楼,应该有选择地把一些家具装进去,只有傻瓜才会把他碰到的各种各样的破烂杂碎一股脑儿装进去。

——柯南道尔(英国)

