

# 光存储技术简介

王代殊

(北京工业大学应用物理系)

程民治 陈文 编译

(巢湖师专物理系)

## 一、从莫扎特到多媒体

当莫扎特交响曲美妙的旋律从 CD (Compact disk 的缩写) 机上响起, 当精采的电影画面通过视盘放出, 当亲自在多媒体台式计算机上操作, 任何一个人都能体验到 CD 带来的革命性的冲击. 今天, CD 的风采已使留声唱片几近成为昨日黄花, 它甚至可能取代录像带. 那么, CD 的魅力究竟在哪里呢?

CD 的显著优点是快速随机存取和信号清晰, 这与它的圆碟状和数字编码有密切关系. 从录音机、磁带、录像带、软盘或硬盘拾取信号, 都是靠机械拾音装置与介质直接 (或几乎是直接) 接触来获得. CD 则是在不与之接触的光学探头下大约 1 毫米的位置自行旋转, 由不同长度的小槽代表着数字形式的信息被贮存在光盘朝下的面上. 这些小槽掩埋在由塑料层表面保护着的镀铝层里. 小槽由中心向外形成螺旋纹, 类似留声机唱片的沟. 不过, CD 上载着信息的小槽是记录在螺旋形的平滑的脊上, 这些脊由窄的沟分隔开.

为从自行旋转的光盘上读到信息, 用一个 GaAlAs 半导体低功率 (低于 3 毫瓦) 二极管激光器所发出的连续光, 通过一个装置在可移动的扫描头上方的短焦距物镜, 紧紧地聚焦于一点上. 当光盘在其上自行转动时, 在该读数头上下左右的跟踪控制下, 伺服电机保持着激光聚焦在每一个槽上. 这时, 从脊和槽上反射的光以数据位串行流 (数字流) 方式再产生调制的信号. 然后, 光电探测器把调制的反射光

转换为数字译码和放大的一个电讯号.

由上面对 CD 工作过程的简述可见, CD 是一种存储信息的新手段, 它的根本优点在于光存储和检索技术、低耗、耐用及塑性存储材质.

当前的重大科技问题之一, 是如何能更好地贮存图象、声音、词汇等信息. 过去人们用照相机、电影、录音机和电子计算机把信息记录在照相底片、唱片和磁带上, 这三种媒体恰好代表了信息存储的三种基本形式: 光学的、机械的和电磁的. 而在光学存储方面, 最先进的两种方法是光盘和全息照相 (图 1).

## 二、阅读光盘过程中的光学和光电学

虽然理论上阅读 CD 过程似乎非常简单, 实际上, 这是光电和光学机械结合的一个奇迹.

首先, 必须使半导体二极管激光器的特征椭圆光轮廓变圆并准直, 否则通过物镜的光不能够明锐地聚焦. 这要用一组光学系统来完成.

其次, 要用一个偏振分光仪和  $1/4$  波片, 把出射的连续工作激光束与调制的返回反射光分离.  $1/4$  波片的作用是把准直通过分光仪的线偏振光转换成圆偏振, 这个圆偏振光再从

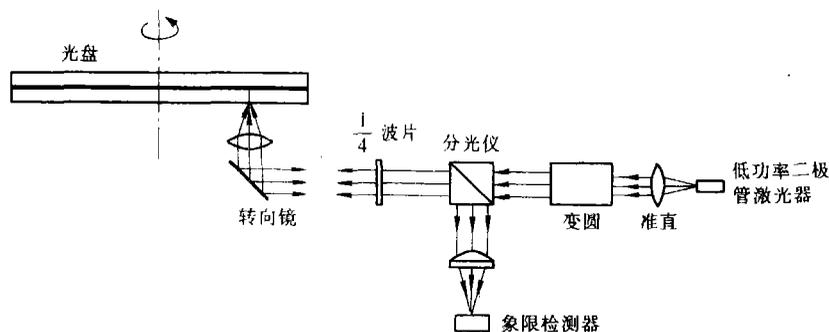


图 1 被读的信息存储在 CD 上, 从一个低功率 CW 二极管半导体激光器发出的平行光束, 首先通过在扫描头中的物镜, 聚焦在自旋的光盘上. CD 上的小槽调制反射光的强度, 最后, 反射光通过分光仪绕回到象限检测器.

CD 背反射,由同一块  $1/4$  波片再转换成线偏振。但这一偏振光相对于始发出射光束的极化平面转了  $90$  度角。这样,就使分光仪能够把背反射光转向光电探测器,同时也减少了对半导体二极管激光器的反馈。

扫描头自重设计得尽可能轻,以便它很快移动。为使焦点的直径和工作距离都减小到最低限度,物镜必须有大的数值孔径。典型的物镜用很轻的塑料制成,焦距  $3-5$  毫米,数值孔径(NA)为  $0.5$  到  $0.6$ ,直径大约  $4$  毫米。

调制的返回光除了载有信息讯号,也能用来监视聚焦和跟踪的偏差。扫描头的聚焦偏差会导致在光测器上光束形状变为不对称,光测器随之产生一个误差讯号,反馈到伺服电机,以纠正焦点。

四个集成光测器紧邻排列成象限探测器,利用从脊道反射的光与从沟道反射的光之间存在位相差这一特点,也可检测到并纠正跟踪偏差。一旦激光束未被集中在光盘的脊道上,从沟道反射的光与从脊道反射的光之间相干,使检测器上高斯光强分布歪斜到某一方向,这对移动扫描头的伺服电机也产生一个跟踪误差的讯号。象限检测器中四个集成检测器总的响应决定了这一信息讯号。

对光盘的其他识读方法也已开始研究。集成光学的最新进展使我们能把激光、分光仪、透镜和光测器结合到微型化的扫描头上。这项技术用到波导光学和全息光学元件,将会进一步减小仪器的尺寸,也使 CD 造价更低廉。

### 三、如何对 CD 写和重写

研制者已发明了多种光盘技术,大致分为“一次写入”和“可擦”的两种。这两种技术都要求激光功率高于只用于读的激光。写数据到光盘上,也要求采用调制后的激光光束。然而,写好的数字流是用低功率连续工作光源的激光来读的,这就像在用一般的 CD 时一样。

最简单而成功的一次写入方案是这样的:光盘外用玻璃或塑料制成保护壳,里面是一个碲合金的吸收层,由空气层与保护壳隔开。激光在碲表面逐字烧了很多小孔而写下信息。这

种  $14$  英寸光盘的两面共有超过  $10$  兆的数据存储能力。

一次写入的光盘能被多次读出,实际上,光盘存储信息的有效期都在  $15$  年以上。

### 四、磁光存储的基本原理

磁光光盘备受青睐是因为其可擦性,同时又兼有光存储的相对长久性。

磁光存储系统的盘上有  $TbFeCo$  或  $FeTbGd$  一类的铁磁合金涂层。用一束强激光聚焦到涂层上时,所照之点被局部加热到居里温度,这个点的铁磁材料就变为顺磁的,即其内部磁极性将随一外磁场而定。在读/写头上装一个微型线圈,这线圈提供了外磁场,这外磁场使顺磁的小点中磁极南北翻转,从而定义了一个数字位。当激光关闭后材料冷却至居里点以下,每一数字位就成为光盘上永久的存储记录。

从磁光盘上读写比从只读的或一次写入的光盘更复杂,在于记录在磁光盘上的每个数字位影响的是光束的偏振而不是强度。激光从铁磁层反射后偏振面旋转了一个微小的(小于  $0.5$  度)角度。传统的磁光系统用一个偏振分光仪和微分检测器的组合来读取数据(图 2)。

### 五、全息存储的优点

一个标准的 CD 只读存储器每平方英寸能存储超过  $5$  亿的数字位,而如果采用倍频半导体激光器,由于波长更短光点更小,可达到每平方英寸  $24$  亿数字位。另外,将半透明存储层迭在单个盘上,也可使存储能力成倍增加。

然而,真正能在存储能力上超过光盘的还数全息存储方法了。据专家预言,在今后十年内,依靠全息技术能够在—个镍币那么小的体积中存入大英百科全书的所有信息。且数据传送率超过每秒  $10$  亿位,随机存取时间少于  $100$  微秒。要知道为什么能达到这个能力,让我们先简单认识一下全息存储的原理(图 3)。

从根本上来讲,全息信息不是像用 CD 和磁头驱动那样被连续地存储,而是一次—“页”地来写。即通过一个立体的光调制器(SLM),

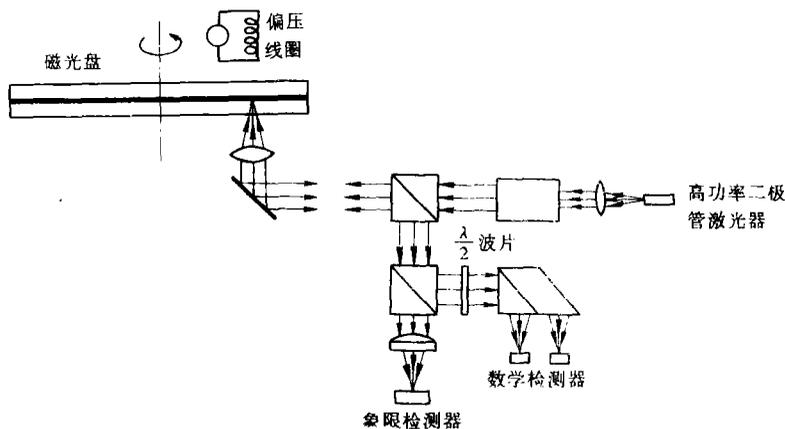


图2 为了将信息写到磁光盘上,从一个高功率半导体二极管激光发出的调制光,聚焦在自旋光盘的铁电层上,将其局部加热到居里温度,装在读写头上的微型线圈的磁场通过翻转磁极将每一个数字位写在盘上。这些信息被读出时,数字是靠光的偏振状态的变动而区分,而不是靠光强的变化,其余与一般的CD无大差别

用明的像素点代表“1”,暗的像素点代表“0”,而形成二维的光的图象,这样把每一页编入一束激光,经过编码的激光通过透镜,然后被聚焦在一个光敏存储材料中,在那里与一束入射的参考激光相干,形成SLM图样的体全息图。对已存储的信息用一束入射参考光照射,原来一页的SLM图的全息像就重建了,由阅读透镜后焦面的CCD阵列探测到。

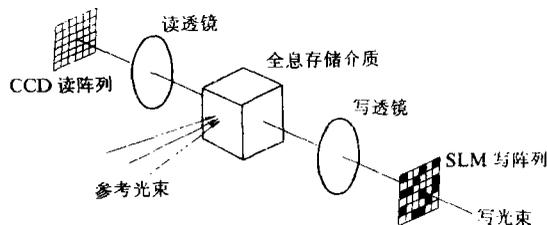


图3 采用全息可一次一页地存储大量信息,通过参考光角度、位相和波长的改变,成千页的信息极快地写入或被读出于硬币大小的全息介质中。

对每一页信息,用一束特定的参考光,不同的页可用不同角度、波长或位相的光,于是成千页的数据可记入一个硬币大小的体积内。另一方面,如果不同的页是由不同角度的参考光来区分的话,那么翻页的速度就像参考光角度变化一样快,因而全息存储有很高的随机存取速度。

## 六、光折变材料应用于全息存储的前景

寻找一种稳定的光敏材料对于全息存储研究至关重要,目前人们看好光折变材料。

当光折变物质被强度不均匀的光照射时,其中可运动的电荷(电子或空穴)从光的亮区迁到暗区,只要光强分布样式不变,这种电荷迁移过程就不断,这样在亮区就出现了固定的正电荷或负电荷,导致晶体内电荷不平衡,其

结果是两个区域的原子之间产生了高达每厘米上万伏的电势差,而这将使晶体的点阵扭曲并改变折射率。

如果全息存储系统的两束激光,会合于光折变材料之中,由驻波干涉图象引起的电荷迁移,也将改变材料的折射率,而形成一位相型体全息图。然而,关键问题是在光束撤走后,电荷仍应继续留在新位置上,否则,电荷扩散回到原来的均匀状态,存储的信息便衰退掉了。

再者,理想的存储材料应该也是能被擦除的,若用强的均匀的光辐照材料,就把陷住的电荷重新移回到均匀分布情况,所以很容易把光折变材料中的全息信息擦除。为了避免误擦除,光折变材料存储信息后应该保存在黑暗中。然而,对于在一单位体积中写或读成千的全息信号的情况,这样做是不可能的。读出一个信号就可能使全部信号擦光或减弱,因此,光折变材料中的电荷俘获问题是全息存储材料研究的一个主要方向。

尽管目前对光折变材料还缺乏透彻的了解,精细的全息写/读方法也还没有发展起来,但是前景还是乐观的。同时,在高密度SLM和CCD阵列方面的研究已经有很大进展,存储速度与处理速度相当的计算机即将问世。