

记录媒体用薄膜材料及相关靶材的技术和发展

施 昌 勇

(北京服装学院基础部 100029)

信息化时代随着计算机技术的普及来到我们面前,其突出表现是信息总量和信息交换的剧增,因此,发展海量存储技术日趋重要。

随着信息及计算机技术的不断发展,对其作为主要工具的记录媒体的需求越来越大,要求越来越高。记录媒体中大多数磁盘、磁光盘、光盘是以相关靶材磁控溅射而成的,因此,为满足信息记录媒体的高密度化、小型化和低价格化,需要对其相关靶材的成分、制造工艺、性能和溅射工艺做进一步研究。目前,随着新材料的开发和记录媒体的发展,磁光盘、光盘用靶材市场在不断增长。尤其近几年 CD、VCD、DVD 市场的迅速扩大,其相关靶材的前景也日益被看好。

1. 记录媒体用薄膜的种类及所用薄膜材料

1.1 磁记录

磁记录是利用铁磁材料在撤去外磁场后能保留部分剩磁的特点,使这些材料具有存储效应。低频模拟视听录音机及视听信息记录系统代表了磁记录技术的最早应用,数字数据存储技术使磁记录在记录密度及时间上都上了一个新台阶,近几年硬盘大规模存储技术在容量和速度方面都有了巨大进步。

按记录媒体的机械形状和驱动方式的不同,磁记录可分为磁鼓、磁带(录音机、录像机、数据记录)、磁盘(硬盘、软盘)、磁卡等,其中,高密度硬盘领域的磁性薄膜几乎都是以溅射法制作的,这些磁记录薄膜材料有很高的记录密度。与蒸镀法相比,溅射法虽成膜速度慢,但容易做成各种合金膜。磁盘的记录密度以线记录密度(bit/inch)和磁道密度(trank/inch)的乘积来表示。

纵向磁化钴系是先用溅射法镀铬膜,再在其上溅射钴膜。Co/Cr 二层膜在面方向发生高矫顽力。作为钴合金的媒体种类很多,其主流是 Co-Cr-Ta。底层铬膜厚 150nm,Co-Cr-Ta 膜厚 100nm,媒体矫顽磁场 $H_c = 96000\text{A/m}$ 。

纵向磁化铁系是在大型磁盘装置中,以溅射法形成 $-\text{Fe}_2\text{O}_3$ 薄膜。与钴系比较,其杂音小,硬度高,耐腐蚀性好。作为靶材有 Fe、 Fe_3O_4 、 $-\text{Fe}_2\text{O}_4$ 3 种,

先反应溅射,然后在大气中热处理而形成这种薄膜。

垂直磁化钴系现在成为开发主流的是 80%Co、20%Cr,其六方晶系的 c 轴方向有很强的结晶磁各向异性。把它溅射到钛膜上,可以明显地改善垂直配向性,有时做成 Co-Cr/Ti/Ni-Fe、Co-Cr/Ti 等结构。

1.2 磁光记录

磁光记录技术综合了高密度磁带的巨大容量和磁盘能快速随机存取数据的优点,同时将光学记录高密度、高可靠性与磁记录可擦重写的特点结合起来。磁光记录是利用磁光效应检出其记录状态,并以此命名的。虽然开发和提出了多种材料,但目前开始实用化的是稀土和过渡金属的非晶合金薄膜。这类材料以 Tb-Fe-Co 成分为主,具有理想的磁特性和结构特性。它们具有垂直于膜面的各向异性,这就可以使记录畴尺寸非常小,从而满足高密度记录的要求;另一方面使得磁滞回线呈矩形,从而满足磁光读出高信噪比的要求。由于薄膜为非晶态,因此没有介质晶介噪声。为了制成良好的磁光记录 Tb-Fe-Co 基合金膜,重要的是用能够控制成分的方法制成稀土和过渡金属的垂直磁化非晶合金膜。为了在磁光记录膜上严格控制成分,主要采用磁控溅射法。

1.3 光记录

与磁记录介质相比,光记录介质具有信息存储密度高、载噪比(C/N)高、信息可非接触读/写、存储寿命长、信息位价格低等优点。因此,具有更大存储潜力的光记录介质近年来应用不断扩大。光盘存储器的一大特点是把激光束缩到最小,得到记录的最小单位约 $1\mu\text{m}^2$ 即 $108\text{bit}/\text{cm}^2$ 的高记录密度。光盘是靠检出记录的部分和没有记录的部分的反射光强度变化而进行再生的。已经实用化的光记录媒体有只读型和可改写型。

只读型是在记录层引起永久化而只限于一次的记录。记录方式有在记录膜上开孔的方式(开孔型)和利用非晶到结晶相变化的方式(相变型)等。“开孔型”的典型记录材料是耐酸性极强的 Te-C,这时,

GaAs 系半导体对激光附近红外领域的波长有充分的吸收和反射,进而像半导体激光这样的低功率下也容易形成孔。这种膜可用碲作为靶材在 CH₄ 气氛中溅射而成。此外,还有碲中添加硒、铋、铅、铈、锡、银的合金膜以及 TeO_x 膜。“相变型”记录媒体使用的是同时把两种不同合金作为非晶膜镀层的复合膜。若在此处用激光照射,则照射部分的两相合金起反应,产生与照射前光学性质不一样的新合金。例如,靠其反射率的不同,得 1 和 0 两种不同信号。此时采用的薄膜材料是 Sb₂Se₃、Bi₂Te₃。

可改写型是指可以消除记录下来的信息,把记录层恢复到初期状态的材料。它利用结晶态和非结晶态间的相变。某些合金若加热到熔点以上进行急冷,则以非晶体凝固;若加热到再结晶温度以上、熔点以下缓冷,则发生结晶。相变型材料正是利用上述性质。急冷是将强烈的激光短时间照射到熔点以上,再急冷已熔化的合金。缓冷是靠控制激光照射到结晶化温度以上、熔点以下,再缓冷而恢复到原来的状态。记录媒体用靶材种类如表 1 所示。

表 1 记录媒体用靶材的分类

| | | |
|---------|------|---|
| 记录媒体用靶材 | 磁记录 | 纵向磁化钴系 Co-Cr-Ta、Co-Ni-Cr、Co-Cr-Pt、Co-Cr-Pt-Ta 等合金 |
| | | 纵向磁化铁系 Fe、Fe ₃ O ₄ 、-Fe ₂ O ₄ |
| | 磁光记录 | 垂直磁化钴系 Co-Cr |
| | | 二元靶 Tb、Nd、Dy、Fe、Co 等 |
| | | 合金靶 Tb-Fe-Co、Tb-Gd-Fe-Co、Nd-Dy-Fe-Co 等 |
| | 光记录 | 开孔型 Te、Te-Se、Te-Pb、Te-Bi、Te-In、Te-Sn、Te-Ag 等 |
| | | 相变化型 Sb ₂ Se ₃ 、Bi ₂ Te ₃ 、Te-Ce 基、Ag-Zn、Cu-Al-Ni、Ir-Sb-Se、Ir-Sb-Te |

2. 磁盘、磁光盘的构造及制作方法

普通用于硬盘的薄膜记录介质的结构由一个铝合金基层、底层、磁层和表层组成,为了减少磁盘的磨损,还在表层加上一层润滑层。其底层是硬的电镀 Ni-P 合金,它能增加耐振动性能,表层可起到保护和抗蚀作用,磁性薄膜介质大多数是以 Co 为基的合金。

记录介质是光存储材料的敏感层,制备时需用保护层将它封闭起来以避免氧化和吸潮。因此,光记录介质是由保护层、反射层以及记录层等构成的、具有光学匹配的多层结构。为了提高膜的抗腐蚀性,一般以吸收率低的聚碳酸酯作基板材料。表 2 是磁光盘的结构及典型的制作方法。其溅射方法有两种,一种是二元同时溅射法,即分别利用过渡金属靶材和稀土靶材同时溅射到基板形成合金薄膜的方

法。这种方法虽然容易控制膜的成分,但若长时间溅射,则过渡金属靶材的溅射速度会变化而使膜成分变动。因此,这种方法不适合批量生产。另一种是合金靶材法,它是利用稀土和过渡金属合金靶材进行溅射,能进行长时间的稳定的溅射,广泛使用于磁光盘生产中。

表 2 磁光盘的典型结构及制作方法

| 磁光盘简单结构 | 功能 | 制造方法 | 靶材 |
|------------------|-------|------|-------------|
| Al-Ti | 反射膜 | 溅射 | Al-Ti 合金 |
| SiN _x | 透明保护膜 | 反应溅射 | Si |
| Tb-Fe-Co 底膜 | 记录膜 | 溅射 | Tb-Fe-Co 合金 |
| 聚碳酸盐基板 | | | |

3. 对靶材性能的要求

记录媒体用靶材大多数是合金,对这种靶材的要求是:记录盘中膜成分均匀;溅射寿命长;提高靶材的利用率;降低靶材制造成本。要求是关系到记录盘特性的重要因素,膜成分分布是随靶材的组织而变化的。为了改善膜成分分布,提出并研究多种靶材,以调整靶材成分。此外,靶材中杂质含量也应严格控制。要求和与溅射设备和靶材的磁导率有关。因此,选择原料时应慎重考虑磁导率。此外,若靶材是以粉末冶金法制造的,则其密度对靶材的使用效率亦影响较大。

4. 靶材的制造方法

在磁记录、光记录中使用的金属、合金靶材主要用真空熔炼法制造。此外,有的三元或四元合金靶,其合金化难度较大,需多次熔炼或用粉末成形法制造,有的靶材是以熔炼法和粉末成形法相结合经多道工序加工出来的。上述方法中的毛坯一般是先经过均匀化处理,再机加工而成的。光磁盘领域使用的稀土和过渡金属合金靶材制造难度较大,因为在熔炼时晶间析出各种脆弱的金属间化合物而容易脆碎,所以用于批量生产的大型合金靶材通常不用熔炼法制造,而用组织及晶粒容易控制、裂缝敏感性较低的粉末冶金法制造。把过渡金属粉、稀土粉、过渡金属和稀土合金粉末按靶材所需成分配料、混合后,用 CIP(冷等静压)、烧结、HIP(热等静压)、真空或惰性气氛热压的方法进行成形烧结。其中过渡金属和稀土合金靶制造难度较大,因为这种合金粉末容易氧化而变脆。采用还原扩散法制造过渡金属和稀土合金靶材的过程如图 1 所示:



图 1

5. 存在的问题

5.1 磁记录用靶材中存在的问题

在硬盘记录媒体上使用的 Co-Cr-Ta 或 Co-Ni-Cr 等溅射膜,其改写信息所需的矫顽力最高达到 144000A/m,但最近 Co-Cr-Pt 或 Co-Ni-Pt (192000A/m)膜倍受注目。然而,含有铂的合金膜虽然有高的矫顽力,但材料成本高,而且与 Co-Cr-Ta 相比低噪音特性也没有改善。即使靶材的基本成分一样,随着用户对原料配比的要求不同或添加数种元素,使靶材也多种多样。因为镀膜工艺是磁性膜特性的重要因素,多数情况下是靶材制造商与用户、镀膜设备厂家协助开发。而且,不纯物的计量也严格,特别是氧含量、氮含量高会给记录特性带来影响。

5.2 磁光记录用靶材中存在的问题

靶材对薄膜的磁学性能有要求,特别是对矫顽力 H_c 的均匀性。其理由是薄膜的 H_c 分布受稀土金属元素组成分布的影响最大。因此,最基本的是

实现靶材中稀土金属成分分布的均匀化。然而,即使靶材中成分分布很均匀,靶材内部组织的不同使薄膜中稀土金属的组成分布有很大变化。在靶材制造过程中应严格控制由稀土金属相和过渡金属稀土金属合金相组成的靶材内部组织,并作适当调节。

磁性靶材的磁导率越低,泄漏磁场分布越广,则易于提高靶材的利用效率。同样,磁光记录用靶材磁导率越低,其利用效率越高。但是,为了实现薄膜特性的均匀分布,则有一定的界限。今后必须考虑的不仅是靶材,还包括溅射设备的改进。

在一些连续溅射装置中,从吞吐量和生产能力考虑,对大型靶材的要求越来越高。现在长度约 1000mm 的拼接靶材已商品化,今后将进一步提高。

目前在磁光盘领域采用的大多数靶材都是粉末冶金方法制造的,这必然会对密度方面提出要求,并把高密度化作为目标。光盘用靶材因其种类不同而分类较多,其开发前景也非常好。

科苑快讯

能看清黑洞细节的 太空射电望远镜

俄罗斯科学家试图揭开遥远太空天体——黑洞最神秘的面纱,他们建造了一架能观看到宇宙最深处的射电望远镜。

众所周知,黑洞是宇宙中最残忍和最无情的“杀人者”,无论是行星还是恒星在黑洞面前都没有生路。黑洞惊人的吸引力即使是太阳光也无法抗拒,黑洞就像飓风,它会将整个世界吸入风洞中。关于这毁灭性的威胁暂时很少有人知道,因为谁也没有见到过黑洞,但是俄罗斯科学家找到一种能看到黑洞的方法,准备发射一架太空射电望远镜。它将比现有的望远镜敏锐几千倍。

俄罗斯科学院院士尼古拉·卡尔达绍夫指出,“这架太空射电望远镜甚至可以看清黑洞的细节,它将能使我们发现宇宙新的物理规律。”

“射电天文学”计划早在前苏联时期就已开始,但只是到现在才与 20 个国家的科学家一起建成这架太空射电望远镜。在通过全部试验之后天线会像花朵一样闭合,这个巨大的“花蕾”将会在 2006 年利用大功率运载火箭发射升空。借助于这台最新型的

射电望远镜将可以仔细观察宇宙中最遥远的天体,这些天体原先在最好情况下也只能看到一个点。

这台太空望远镜将沿非常扁长的轨道运行,并与地面射电望远镜一起联合作,为此还建立了一个直径达 36000 千米的潜在天线。该望远镜设计者尼古拉·巴巴金指出,“它的分辨率如此之高,将从地球上看到月球上的一粒豌豆。”但是更重要的将是观察宇宙的深处,揭开宇宙的秘密以及像黑洞这样天体产生的威胁,通常恒星会在消耗全部“燃料”之后发生爆炸,它们的残余会形成新星和行星,就像诞生我们的太阳系一样。但是任何正在死亡的恒星不会向四面八方飞散,而是会向内坍塌,取而代之的是密度高得难以置信的小球,其引力将它撕裂成几部分。

幸运的是,这样灾难性的事件出现的几率极小,最接近的一个黑洞——我们银河系中心的一个黑洞对于地球来说完全没有危险,它要比太阳重 250 万倍,实际上它呈一条状,在它周围因其吸引力约有 4000 亿颗银河恒星在旋转。

(周道其译自俄《宇宙信息分析高架网》2004/2/2)