

激光光盘材料的发展

Development of Laser Disc Materials

黄毓礼

(北京化工学院,教授)

戴敏生

(北京电影洗印录像技术厂,高级工程师)

在现代信息社会中,信息量的增长对信息记录材料的要求越来越高。信息存贮的一个重要特点是,计算机自动检索并与现代化通讯设备相联系。缩微胶卷和磁记录材料已不能完全满足这个要求。激光光盘正是适应这种要求的一种新型的信息记录材料,它于1972年研制成功,1978年制成正式产品,之后得到了蓬勃的发展。激光光盘信息存贮密度大,一张视盘可存贮文字资料 $3 \times 10^{10} \sim 5.4 \times 10^{15}$ 字节,是迄今为止存贮密度最高的介质。激光光盘的图像清晰度可达广播级水平420条线。由于光盘在录放时是由激光束射向光盘反射后取得信息,不产生与盘的直接接触,因此对光盘无磨损,所以图像能持久保持清晰。此外,激光光盘还具有特殊的录放功能,对信息的取得和处理也极为方便。光盘技术是知识密集型的综合技术,涉及光学、电子学、计算机科学、精密仪器,材料科学等多门学科。激光光盘今后的持续发展与制作所用的材料有着十分密切的关系。目前激光光盘所使用的材料有的制作困难,有些材料性能不稳定,有些则价格昂贵,因此选择和发展激光光盘原材料已成为关键的问题之一。它将决定新型光盘能否出现,光盘的制作是否容易,价格能否降低以有利于普及等重要问题。

激光光盘的发展及现状

1961年,美国斯坦福大学最早开始研究光学式视频唱片。1965年,美国高斯电物理公司、MCA公司继续研究。1969年,荷兰菲利浦公司也进行了光学唱片的研究。直到1972年,MCA公司和菲利浦公司同时发表了他们自己研究激光视盘系统的结果,又经过六年的开发,于1978年正式有了

激光光盘的产品。尔后,日本松下公司、索尼公司、三菱公司也研究光学视频唱片。美国马格纳沃克斯公司开始出售YH-8 000型视频唱片唱机,成为最早的激光电视唱片唱机商品。1979年菲利浦、索尼公司又研制出具有90分贝以上高保真度数码刻录的声盘系统,于1982年进入市场。近年来人们对光盘的关注已从能放图像的视盘和能听声音的声盘转到作为存贮和处理数字信息的应用领域。目前很多研究机构致力于磁光盘和相变型可擦除式光盘,以及其驱动器的研究,并取得很大的突破。日本的KOD公司从1986年起已在其国际数据传送服务通讯系统中使用可擦除重录式光盘,每天用磁带将原始资料记录下来,把信息转录到光盘上,将信息发出去。至1986年,世界上已有28家公司开发了42种光盘文件存档系统,功能有登录文件,根据关键词对光盘中的文件进行检索取出,在显示屏上进行文件编辑修改,激光打印输出复制等。

我国于1979年开始对光盘存贮技术进行研究,如微孔记录技术、精密伺服技术、信息处理技术、各种有关光盘的测试技术等。1984年为光盘系统配上文件扫描、输入和打印输出装置,有文件存档实验系统。目前我国已研究出磁光盘和相变光盘,并能提供小量产品。1986年,我国引入了国外激光视盘和声盘的生产技术和设备,已有生产经营激光光盘视听系统的大型企业。现在正着手进行光盘记录介质、各种配套材料、小型半导体激光器,以及与之配套的光学读写技术关键的研究。

激光光盘的分类、结构及工作原理

激光光盘通常可分为三种类型:只读型、一

次写入型和可擦除型。

1. ROM只读型光盘 这种光盘是由专业工厂将信息记录在光盘内,使用者只能读出这些信息如音乐、录相、图书、资料等,而不能写入任何信息。CD声盘和LV视盘就属于这一种。

视盘的结构为外径300毫米,厚度1.2毫米的两块圆片粘合而成。每面预先刻录有携带图像和声音信息的250亿个凹坑。每个凹坑深度为0.12微米,宽约0.4微米,长约0.9~3.3微米。由这些凹坑形成间距为1.6微米的螺旋形记录道叫做信息槽。盘的中心孔径为35毫米。盘的周围用粘合剂密封以防止水份侵入影响性能。外层是盘片材料,一般用有机玻璃等类似材料构成。

视盘的制作过程是,首先预制母带,预先用胶片或磁带编辑图像节目素材,音频也同时录制,然后送母盘制备工艺。

母盘的制备是首先在玻璃盘片上涂上光刻胶,然后用氩离子激光刻录信息,经显影后形成信息槽,再电镀后制成金属主盘,由主盘制成数张金属模盘。一张金属模盘可复制出1万张激光光盘。复制的方法有两种:一种是注塑模压法,即把金属模盘放到唱片制作机上,把熔融的盘片聚合物加压注入到金属模盘与一金属平版之间,则可复制出许多单面盘,最后把两张单面盘粘合而成双面盘,就成为视盘。另一种复制方法是光聚合法,这时携带图像和声音信息的介质是光敏涂层。将光敏涂层涂在金属模盘上再将透明盘片压上,经紫外光曝光使光敏涂层固化,脱模后光聚合的涂层即贴在透明盘片上而形成光盘。

光盘的工作原理是把激光光盘放在唱机盘上。He-Ne激光束对准光盘的信息轨迹。落在光盘表面信息轨迹上的激光功率约为1毫瓦。激光光束大约比普通音频唱片的唱针细几十倍,聚焦为1微米。由于光盘有规律地旋转,激光束则沿着信息轨迹扫描。一部分由槽底反射的光束与同时由槽附近的区域反射的光束发生干涉而变暗。因为槽深为 $\lambda/4$,光程差为 $\lambda/2$ 。如果激光束未落入信息槽,就不发生干涉,反射回来的激光束仍然是明亮的。这样在播放时产生的亮度不同的激光脉冲落入光电二极管,在此转换成电信号,通过天线送入电视机,其中一部分信号转换成电子束在显像管中扫描,而另一部分信号则在喇叭里复原成声音,这样就可以同时出现声像。

声盘的工作原理及制作与视盘类似,但其外径为120毫米,单面播放。由于声盘的不对称结构吸湿后容易产生变形,所以使用吸湿性低的聚碳酸酯为盘片材料。

只读型光盘有CD(Compact Disc)音频高密度光盘,主要用于家庭音乐娱乐。在CD的基础上

发展了CD-ROM(Compact Disc Read Only Memory),用于信息存贮、检索、传递,适合于存贮量大而复杂的数据,可用于存贮图书、科技文献、情报资料等,是一种卓越的电子出版物。只读盘还有CDI,COV,DVI等品种。普通的LV视盘用于教学、训练、娱乐节目等的放映。

2. DRAW系统为一次写入型光盘 制造厂制造这种光盘时只有光盘系统的地址、编码等信息,留有大部分的扇形区供使用者写入所需的信息,但写入后不可擦除。一次写入型光盘用于文件档案和图纸资料的存贮或小批量发行的天文、卫生、医疗等资料以及计算机外存办公室文件的编辑存档等。

飞利浦的DRAW系统的记录介质采用Te膜。光盘的结构为空气夹心饼形式。它是由两张有Te膜的直径为300毫米玻璃或PMMA基板相向组合而成,相距0.6毫米,在外围和中间孔处用垫片封闭。两个内表面有一层用紫外固化的涂层,制有螺旋形轨迹以及对以后写入和重新取出数据很重要的预制信息槽。采用Te为信息记录介质是因为Te的表面张力大而熔点低,当使用5毫瓦功率的激光写入信息时,Te膜则被烧出凹坑,又因为表面张力大,凹坑在冷却前不能流平,这样即将信息写入,尔后可以直读。

一次写入型的光盘品种有WORM盘(Write Once Read Many)。WORM盘集中了软盘和硬盘的某些特点,但比硬盘存贮密度高,又能像软盘那样可以方便地从驱动器上取下。WORM光盘可以存贮文字和图像,由于采用合金进行记录,所以获得的图像非常清晰而且寿命可达30年或更长。它也是一种电子出版物,主要用于用户自己生产、小批量发行的情况。

3. E-DRAW可擦除光盘 这种类型的光盘使用者可以写入信息,不需要时可以擦除再利用,为此很受用户的欢迎,包括磁光盘和相变光盘。

磁光盘使用Fe,Co,Ni并掺以稀土金属Gd,Tb,Dy为信息记录介质。写入时脉冲式激光束在预制的轨迹的一个点上加热了信息层,使这点的温度超过居里温度,同时受设备内磁场的影响使磁畴方向产生一定的取向,这种取向通过冷却到居里温度以下而被固定下来,这时已将信息写入。以上的写入过程应在100纳秒的时间内完成。读出时,当扫描激光从具有磁取向的磁畴方向通过和反射时,扫描激光的偏振面交变地转变一个小角度。此角度变化由分析器记录,由此而产生的辐射功率波动再由光电二极管转换成电信号。在擦除数据时,用激光束定时对信息层作用,在光盘旋转时,将外加的磁场方向倒转,则可消除写入时的磁畴的取向。

相变光盘是通过激光作用使材料发生非晶态至晶态的相变以实现写入和擦除。硫属化合物作为光记录介质已进行了研究。非晶态物质中原子排列长程无序,折射率和光吸收系数比晶态小,反射率也低。晶态物质中原子排列长程有序,折射率和光吸收系数大,反射率也高。相变光盘利用晶态和非晶态的反射率差进行信息的记录和再现。常用的硫属化合物作为光记录介质都是三个或更多元素组合而成的,如TeGeAs、TeGeSnO、TeGeSbS、TeGeSn等,即要含有吸收近红外半导体激光而发生热相变的硫属元素Te,又要要有能提高晶化温度使非晶态稳定的元素如Ge、Sn,还要有能提高耐湿性的元素。

现在可擦除光盘的可擦除次数达一百万次以上。信息存储量大约为8英寸软盘的14倍,1 500兆字节。它主要用于需要不断更新的信息的存储,适合作为计算机的外存设备。

激光光盘的原材料

1. 激光光盘用的记录介质材料

对于光盘的记录介质材料有很高的要求,应具有高灵敏度、高分辨率、高载噪比、低误码率,具有反复擦除性能,存储寿命长等等。研究和使用的最早的是无机光盘记录介质。如一次写入型光盘使用Te,可擦除磁光盘使用Fe、Co、Ni掺以稀土金属Gd、Tb、Dy,相变光盘常用硫属化合物等三个以上元素组成的记录介质膜。对于这些无机记录材料还要做很多的研究和采取相应的措施以达到使用的要求。如,对于无机材料,为了提高其对氧和湿气的抵抗能力,在介质膜上一般都要有一保护层。对于近年来发展的相变光盘记录介质目前的研究在于寻找能够非晶化的组成,且其非晶态必须稳定。为了得到良好的信号质量,材料的晶态和非晶态的反射率差越大越好。对于计算机的外部存储,光盘必须能擦除100万次以上,擦除速度的要求从30微秒提高到小于1微秒,为此相应的记录材料也在研究中。

由于无机记录介质往往选材比较困难,造价高,不易操作,易受环境影响,以及很多都有毒性等因素。有机记录介质在光盘中的应用正在越来越引起人们的重视。虽然有机记录介质尚未进入普遍使用阶段,但其灵敏度和记录密度有可能超过无机介质,而且有机记录介质原料易得,操作简便,造价较低,易于改进而且毒性相对较小,这些都是利用有机记录介质的有利因素。

有机记录介质研究得较多的体系是染料或颜料—聚合物体系,可用于一次写入型光盘。不同于无机记录介质的一点是,无机介质一般为金属,对

于光的吸收能力强,并在所有的激光波长范围内的反射性能也高。而有机体系中的染料吸收光的范围比较窄,吸收能力也较低,并因品种而异,因此选用染料,其光吸收要与激光光源相匹配。适用于氩离子激光(488纳米)的可选用偶氮染料、蒽醌染料、荧光素等。适用于氩—氦激光(633纳米)的可选用金属酞菁类、萘醌类、三芳甲烷等染料。适用于半导体激光(780~805纳米)的可选用菁类染料等等。

染料或颜料—聚合物记录介质形成凹坑的机理尚不完全清楚,但此过程是属于热过程。光被吸收后转化成熟。由于有机聚合物是属于低的热扩散体($D \sim 10^{-3}$ 厘米/秒),在以小于100微秒的曝光时热将集中于曝光区,温度在此局部可超过1000℃,使得有机聚合物降解、蒸发。这种局部过热将聚合物烧蚀而形成凹坑。为了提高光密度,选用染料吸收光的能力越高越好。这样可以少用染料而达到最大的光密度。因为在染料—聚合物体系中多加入染料也是不容易的,而靠增加记录膜的厚度来提高光的吸收也是有限度的。关于聚合物本身的化学和物理性质对光盘灵敏度及制作的影响,研究表明聚合物对形成凹坑的最终尺寸是有影响的。染料—聚合物的组成物必须有利于涂敷,而且为了保证光盘的使用寿命,它们必须保持相容和稳定。这个组成物中选用的聚合物玻璃化温度应超过80℃。在染料—聚合物记录介质中,往往由于烧蚀形成凹坑的过程中组成物降解会生成小的颗粒状物重新沉积于表面,这会形成噪声源,也应设法消除。

类似的体系中也有有机无机复合体系的,如将金属或炭黑粒子分散在聚合物中。由于这种膜并不是光学各向同性的,因此具有较低的灵敏度。关键问题是要使这些粒子非常细小,达到 $10^2 \sim 10^3$ 埃,而且要很均匀。

一次写入型的光盘记录介质还有以形成泡的记录层的方法。这也是一个热过程。记录层由几层组成,薄的吸收层(是金属或陶瓷的)、高分子层和反射层。在上面的一层吸收光能后转化成熟,在高分子层间引起局部汽化而产生泡形微结构。高分子则起产生气体的作用。聚甲基丙烯酸甲酯,聚 α -甲基苯乙烯和聚碳酸酯都能起此作用。研究的一个关键是要生成轮廓分明的、结构很好的微泡。

将染料—聚合物用作可擦除光盘的记录介质也在进行研究。在记录层上有一透明的陶瓷层。这个表层可防止记录时材料的损失。擦除的过程是,使用低能量的激光较长时间地在记录层上曝光,使光线散焦在凹坑的边缘,使之软化,使记录介质流入凹坑内形成平的表面,而不损失灵敏度,表层厚为50~100纳米,CNR大于50分贝,循环记录

次数达 4×10^4 。

有机光致变色材料用于光盘的记录介质也在进行研究。其中俘精酸酐和螺吡喃类化合物的光致变色都是可逆的光化学反应,往往具有很高的分辨率,用作光盘记录和擦除的信息记录材料是有前景的。目前的研究中在反复记录、擦除的次数尚达不到光盘使用的要求。

也在研究用有机相变材料作为记录材料。利用有机物的聚集态—非聚集态的转换来记录信息。

2. 激光光盘的盘片材料

光盘的盘片材料是光盘中用量最大的材料。对盘片的要求是在扫描写入激光波长范围内透过率要高。由分子取向或内应力造成的双折射要小,要有足够的光学均匀性,尺寸稳定性好,吸湿性小,纯度高,耐划痕,熔体流动性好。据报道,有很多聚合物和优质玻璃均可作为盘片材料使用。但是在实际上可供选择的材料还是有限的。目前用于生产光盘的盘片材料中聚合物材料主要有聚甲基丙烯酸甲酯和聚碳酸酯。聚甲基丙烯酸甲酯由于具有优越的光学性能和易加工性,自然是制作光盘盘片的首选材料。然而聚碳酸酯在吸湿性方面要比聚甲基丙烯酸甲酯的低。

3. 光敏聚合物信息记录介质

在激光光盘生产过程中,母盘刻录信息是在光敏聚合物上进行的。现在使用的是正性感光聚合物。由于用氩离子激光刻录信息,所以此光敏聚合物对488纳米波长的光要很敏感,而且分辨率要小于1微米才能达到刻录的要求。

在复制光盘时可采用光聚合法复制信息槽,这时要使用光敏聚合物,称为 α P胶,是负性感光聚合物,用紫外光固化成型。为满足生产要求该聚合物要与盘片能很好贴合而且要容易脱离金属模。

除以上所述材料外,还有其它的辅助材料,如反射层、保护层、粘接层等。

从光盘材料的研究和发展来看,有机物,包括高分子化合物,由于其品种多,可变化性大,非常具有发展前景,在促进光盘的今后发展中将起重要作用。

目前我国已有激光声盘、激光视盘的生产。其它的光盘品种正在研制和小批量试制中。配合光盘生产的原材料研究是实现激光光盘生产的迫切任务。只有光盘的原材料生产立足于国内,才能使光盘的应用得以普及和不断扩大,使微机加光盘的这种信息革命尽快在我国开花结果。

(责任编辑 宋义荣)

(上接第63页)

提供了许多有利条件。至今,近三分之一的博士后

出国参加了国际学术会议或短期合作研究。

根据当前我国博士后制度的发展情况,从1989年起,我们开始招收少量外籍博士来华做博士后。现已有来自美国、德国、日本、澳大利亚等国的十几位博士进入北京大学、清华大学、北京农业大学、中科院大连化学物理研究所等单位的博士后流动站。招收外籍博士后,进一步扩大了国际间的人才与学术交流,增加了中国博士后制度在国际上的影响,也有利于吸引更多的中国留学博士回国工作。

四、展 望

我国的博士后制度虽已取得了一些令人振奋的成绩,但总体上看,仍然处于试行阶段。为了进一步推动这项工作的顺利发展,我们将采取以下几项措施:

1. 逐步扩大博士后流动站设站规模和招收博士后的人数。今后,将继续贯彻巩固、提高和稳步发展的方针,根据国家科技、教育和经济发展的需要,在国家急需发展的学科和地区,适时适量地增设一些新站,同时有计划地逐步选择一些社会科学方面的学科设立博士后流动站,试行博士后制度。拟在最近两年内,使全国每年招收博士后的人数达到500人左右,在站人数将达到1 000人的规模。

2. 进一步完善博士后制度。随着各方面体制改革的深入,博士后管理制度须不断调整、充实和完善,以使博士后人员能在更好的工作环境和条件下更加迅速地成长。同时,逐步下放部分管理权限,更充分地调动各方面做博士后工作的积极性。

3. 大力办好博士后科学基金。努力开拓多种渠道,多方面筹集资金,更加合理地管理好、使用好基金,为解决博士后工作在财力、物力方面的困难发挥更积极的作用。

4. 广泛开展国际间的交流合作。过去在这方面曾做过一些工作,如招收外国籍的博士后人员,派遣博士后人员出国进行合作研究与交流等。今后,我们将加强与国际组织及世界各国友好团体、机构的联系和合作,扩大交流与合作的范围,使我国的博士后进进一步走向世界。

目前,虽然我们面临的困难和问题还很多,但是我们坚信,随着改革开放的进一步深入,我国博士后制度必将展现出一个更加蓬蓬勃勃、兴旺发展的局面。

我们殷切地欢迎和期望,国内和留学国外的毕业博士们踊跃进入我国博士后流动站工作,参加祖国现代化建设。

(责任编辑 宋义荣)