

基于 CD/DVD 光头的多层光存储系统

蔡建文, 沈兆龙, 江 兵, 唐火红, 邢 卉, 徐 敏, 黄文浩

(中国科学技术大学精密机械与精密仪器系, 安徽合肥 230027)

摘要: 基于双光子吸收三维光存储技术和现有 CD/DVD 的高精度聚焦、循道伺服控制技术, 搭建了一套与 CD/DVD 相兼容的信息存储系统. 该系统通过 DA 输出选层信号控制音圈电机, 实现多层读写. 详细介绍了系统的工作原理. 系统分为伺服和读写两个模块, 伺服模块在跟踪光盘转动误差过程中提取光头的聚焦、循道伺服信号, 同时为读写模块光头提供聚焦、循道激励信号. 对双光头同步误差进行了测试, 测试结果表明双光头激励信号具有一定的同步误差, 基本符合系统正常运行时双光头同步误差的要求.

关键词: 三维光存储; 双光子吸收; CD/DVD 光头; 伺服技术

中图分类号: TQ591 **文献标识码:** A

Multilayer optical storage system based on CD/DVD pick-up head

CAI Jian-wen, SHEN Zhao-long, JIANG Bing, TANG Huo-hong,
XING Hui, XU Min, HUANG Wen-hao

(Dept. of Precision Machinery and Precision Instrumentation, University of Science and Technology of China, Hefei 230027, China)

Abstract: Based on the technology of two-photon three-dimensional optical storage and current CD/DVD's high precision control technology of focusing and tracking, an information storage system compatible with the current CD/DVD formats was set up. This system controls the voice coil motor by outputting the signal of selected layer with DA and realizes multilayer writing and readout. The working principle of the system was introduced. The system is divided into two modules: write-read module and servo module. The servo module picks up focusing and tracking signals of the pick-up head while following the rotating error of the disk, providing in the mean time the actuator signals of focusing and tracking. Testing of the dual pick-up heads' synchro error was performed and the results indicated that the dual pick-up heads have some synchro error, basically meeting the requirements of a normally functioning system for the synchro error of its dual pick-up heads.

Key words: three-dimensional optical data storage; two-photon absorption; CD/DVD pick-up head; servo technology

收稿日期: 2006-09-30; 修回日期: 2007-03-24

基金项目: 国家自然科学基金(50335050)资助.

作者简介: 蔡建文, 男, 1978年生, 博士. 研究方向: 双光子三维光信息存储. E-mail: caijw@mail.ustc.edu.cn

通讯作者: 黄文浩, 教授. E-mail: whuang@ustc.edu.cn

0 引言

随着信息技术的飞速发展,存储容量的需求以指数级的速度增长.传统的二维存储技术由于受到衍射效应的制约,发展受到了极大的限制.因此需要通过体存储技术来突破光存储、磁存储等平面存储的局限性,实现在三维空间中的存储,大大提高存储的容量.1989年,美国科学家 Rentzepis 提出了用双光子吸收的方法实现三维光存储,存储密度可以达到 10^{12} bits/cm³,这种方法可以保持现有光盘的基本结构,使存储空间从二维变为三维,大大提高存储容量,同时与单光子记录相比,双光子存储记录点较小,可提高面密度容量,因此双光子三维光存储研究得到广泛的关注^[1~7].在 CD/DVD 系统中,用主轴电机带动盘片转动必然会带来轴向和径向误差,轴向误差幅值为 0.2~0.4 mm,径向误差幅值约为 0.2 mm,严重影响了盘片信息的读取.现有 CD/DVD 系统的聚焦、循道伺服技术研究已相当成熟,可以解决上述不利影响,CD 系统轴向和径向的误差允许范围分别为 $\pm 1.0 \mu\text{m}$ 和 $\pm 0.1 \mu\text{m}$,DVD 系统轴向和径向的误差允许范围分别为 $\pm 0.23 \mu\text{m}$ 和 $\pm 0.022 \mu\text{m}$.文章基于双光子三维光存储技术和光盘伺服系统,搭建了一套与 CD/DVD 相兼容的光盘存储实验系统,首先介绍了存储系统的工作原理,系

统分为伺服和荧光读写两大模块,伺服模块在跟踪光盘转动误差过程中提取伺服光头的聚焦、循道激励信号并通过信号隔离和功率放大提供给读写模块光头;为了满足读写光头可以在三维光存储过程中准确写入、读取信息以及在读写过程中准确跟踪信息点荧光强度最大处,对系统双光头激励信号同步性进行了测试,测试结果表明双光头激励信号存在一定的同步误差,但基本满足系统的工作要求.

1 实验系统

基于双光子吸收三维光存储技术,利用现有成熟的 CD/DVD 聚焦、循道伺服控制技术,搭建了一套与 CD/DVD 相兼容的多层光存储系统,如图 1 所示.系统由荧光读写模块和伺服控制模块 2 个模块组成.其中,伺服模块由 CD/DVD 光头、主轴电机及 DSP 主控板伺服控制部分组成.主轴电机采用直流电机,实现光盘的等线速度控制(CLV).位于盘片下方的伺服模块借鉴现有光盘存储系统的聚焦和循道伺服跟踪技术,跟踪盘片误差.同时,为了不影响伺服模块音圈电机的正常运行,写入伺服模块将伺服光头的聚焦和循道激励信号引出后经过信号隔离及放大等处理,提供给盘片上方的读写模块,保证双光子读写过程中,读写光头能跟踪盘片转动误差,焦点始终保持在选定层上.

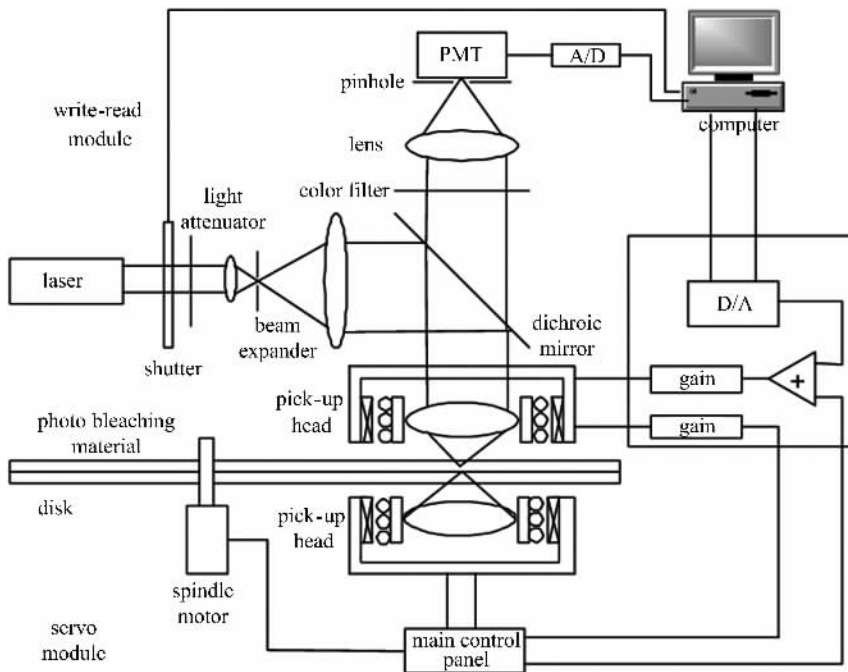


图 1 双光子三维光存储读写系统

Fig. 1 Optical setup for the writing and readout of two-photon three-dimensional storage

伺服模块伺服光头聚焦激励信号产生过程为:从光盘上反射回来的激光经激光头中的光敏二极管转换成电信号,送到聚焦误差信号检出器处理成聚焦误差信号,经相位补偿后送到驱动器处理成驱动电流,经聚焦线圈转换成相应的磁场,推动物镜上下移动,直到焦点准确落在信息纹迹上,使检出的聚焦误差信号等于 0 为止.光盘在旋转过程中,由于光盘和主轴旋转机构的制造误差,信息纹迹不可能始终保持在标称旋转平面上,总会出现或多或少的上下跳动.当光盘出现上下跳动时,聚焦伺服电路便输出与跳动量成比例的聚焦驱动电流,使物镜作相应的上下移动,焦点始终落在信息纹迹上.

伺服光头循道激励信号产生过程为:从光盘上反射回来的激光经激光头中的光敏二极管转换成电信号,送到循迹误差信号检出器处理成循迹误差信号,经相位补偿和驱动放大后产生驱动电流,经循迹线圈转换成相应的磁场,推动物镜左右移动,直到焦点准确地落在信息纹迹上,使检出的循迹误差信号等于 0 为止.

读写模块利用共焦荧光方式进行双光子写入和读出.图 1 中,二极管固体激光器输出 532 nm 的连续光作为 Ti: Sapphire(掺钛蓝宝石)激光器的泵浦源, Ti: Sapphire 激光器作为双光子写入和读出光源,其中心波长为 800 nm,脉宽为 80 fs,重复频率为 80 MHz.光闸由声光调制器和驱动电源 2 部分组成,主控电路从主机获取数据,经编码后输出脉冲驱动信号,控制声光调制器打开或者关闭写入光路.双光子信息写入时,光源采用 800 nm 脉冲光,经声光调制器、能量衰减器、扩束管、二色片和 DVD 光头聚焦于选定信道,来写入需存储的二进制数据,写入光的能量大小通过能量衰减器来控制.信息读出时,对于双光子光致漂白材料,采用 800 nm 的脉冲光,经二色片和 DVD 光头聚焦于选定信道,激发出的荧光信号依次经过 DVD 光头、二色片、滤色片、透镜和共焦小孔成像于光电倍增管(PMT),这部分光路采用共焦成像技术,具有高的轴向分辨率,能够减少存储层间的串扰和消除由存储介质和衬底的不均匀性带来的背景影响, PMT 采集的数据信号由数据采集卡 AD 采集.

在进行多层写入过程中,需要对光头音圈电机进行选层信号控制,为了得到音圈电机的特性,用激光干涉仪对三洋光头(SF-HD60S)的音圈电机进行了实测,获得了音圈电机的特性曲线^[8]. DVD 光头

上的物镜 z 向控制距离较大($-0.7 \sim 1.1$ mm)而且曲线在零附近($-0.3 \sim 0.3$ mm)有很好的线性段,可以很好地满足音圈电机对 DVD 光头在 z 向的控制.

2 实验结果与分析

在读写过程中,读写光头能否与伺服光头同步跟踪盘片误差是一个重要的问题.盘片转动过程中,轴向误差幅值为 $200 \sim 400 \mu\text{m}$,径向误差幅值约为 $200 \mu\text{m}$,而三维信息点尺寸在微米量级,如果不对盘片转动误差进行伺服跟踪,将无法正确读写.系统伺服模块采用的 DVD 聚焦和循道伺服技术,聚焦精度可达 $\pm 0.1 \mu\text{m}$,循道精度可达 $\pm 0.022 \mu\text{m}$,能满足三维信息存储的需要.伺服模块在跟踪盘片转动误差过程中,同时为读写模块提供盘片聚焦、循道激励信号,读写模块将聚焦激励信号与选层信号相加,经过增益调节,功率放大来驱动读写光头的聚焦运动,跟踪轴向转动误差;同时,读写模块将循道误差信号经过增益调节,功率放大来驱动读写光头的循道运动,跟踪径向误差.当需要改变选层时,根据音圈电机特性曲线,调整选层电压即可实现多层读写.

伺服模块基于 MT1389 芯片工作,由于进行存储实验时材料反应速度的限制,主轴电机转速设定为 0.8 r/s,在不同的选层电压下,采集伺服模块光头和荧光读写模块光头的聚焦驱动信号,驱动信号均为类正弦波形,正确地反映了盘片转动过程中,轴向误差呈现出与转速有关地周期性,如图 2 所示.图 2(a)为在 0.3 V 选层电压下,读写光头聚焦致动器两端的驱动电压与伺服光头聚焦致动器两端的驱动电压随着时间变化的对比情况,可以看到,两个光头的驱动电压变化基本是一致的,大约相差一个直流分量 0.3 V,如把图 2(a)中读写光头聚焦致动器两端的驱动电压减去 0.3 V,两个光头之间的驱动电压均方根误差仅为 0.059 V.同理,图 2(b)为在 -0.3 V 选层电压下,读写光头聚焦致动器两端的驱动电压与伺服光头聚焦致动器两端的驱动电压随着时间变化的对比情况,可以看到,两个光头的驱动电压变化基本是一致的,大约相差一个直流分量 -0.3 V,如把图 2(b)中读写光头聚焦致动器两端的驱动电压减去 -0.3 V,两个光头之间的驱动电压均方根误差为 0.060 V.从图 2(c)可以看出,如果读写光头聚焦致动器两端不加上选层电压,可以获

得与伺服光头聚焦致动器基本一致的驱动电压,两个光头之间的驱动电压均方根误差为 0.045 V.

图 3 为系统正常运行条件下,伺服模块光头和荧光读写模块光头的循道驱动信号的对比.从图 3 可以看出,两光头在道跟踪上随着时间的推移,驱动电压在幅值和相位上基本保持一致,两个光头之间的驱动电压均方根误差为 0.172 V.如上述分析,双光头三维光存储系统正常运行需双光头驱动电压同步误差越小越好,同步误差信号的均方根误差与实际存储数据之间存在以下关系:当均方根误差越小,通过读写光头激光束可以落在存储点信号光强越强的地方,可以获得更好的存储实验结果,当均方根大到一定程度,激光光束就会落在存储点的外面,无法读到信息点,影响信息的写入与读出.

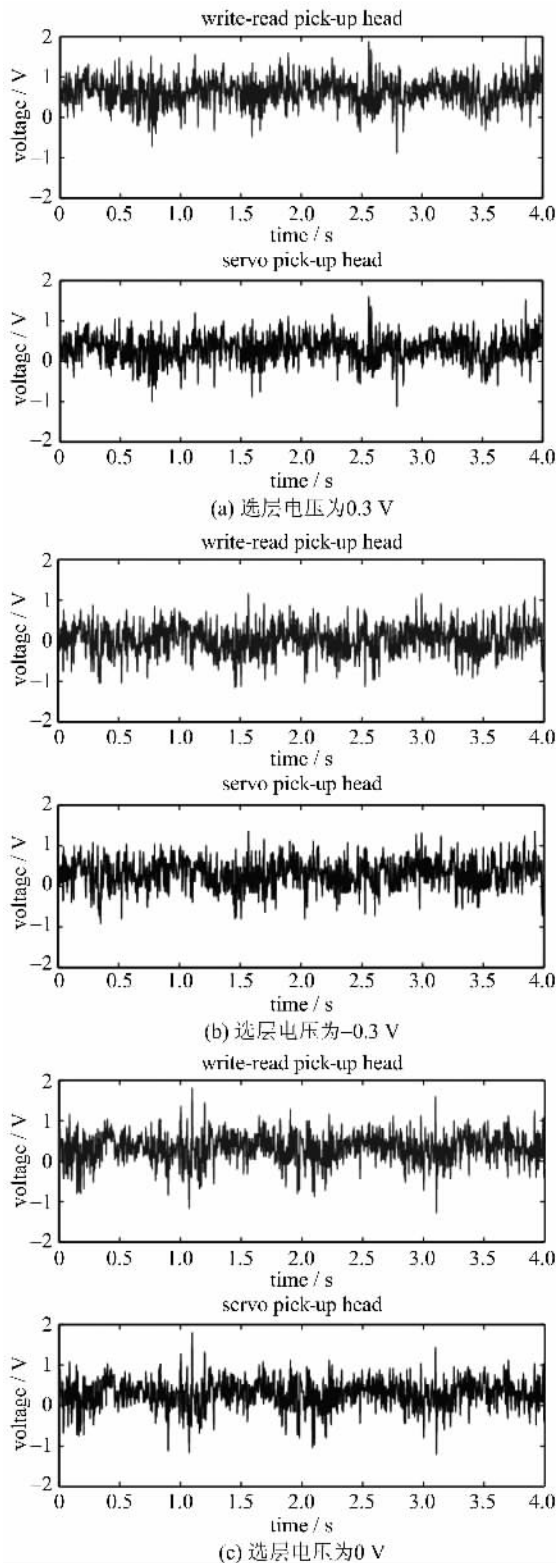


图 2 荧光读写模块光头的选层电压不同时间伺服模块光头和荧光读写模块光头的聚焦激励信号对比
 Fig.2 Contrast of actuator signal of servo pick-up head and write-read pick-up head when voltage of write-erad pick-up head is different

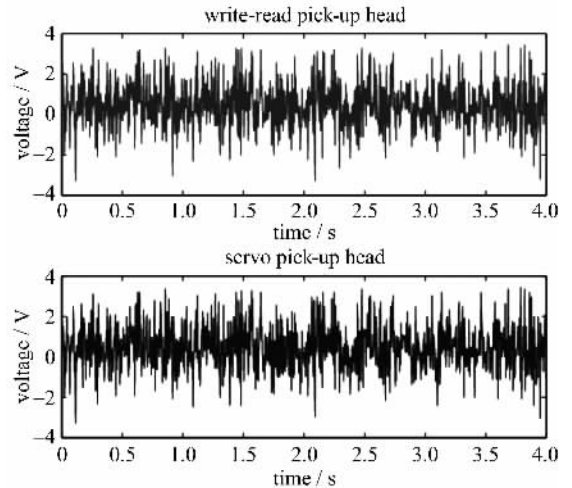


图 3 伺服模块光头和荧光读写模块光头的循道激励信号对比
 Fig.3 Contrast of actuator signal of servo pick-up head and write-read pick-up head

3 结论

基于双光子吸收三维光存储技术和现有成熟的 CD/DVD 聚焦、循道伺服技术,开发了基于现有盘片形式的三维光存储系统.文中详细介绍了系统的工作原理,为了克服盘片旋转时所产生的聚焦、循道误差,采用双光头进行误差补偿,伺服模块在跟踪盘片转动误差过程中,同时为读写模块提供盘片聚焦、循道激励信号,读写模块将聚焦激励信号与选层信号相加,经过隔离和功率放大来驱动读写光头的聚焦运动,跟踪轴向转动误差.同时,读写模块将循道误差信号经过隔离功率放大来驱动读写光头的循道

(下转第 568 页)