

·学科进展与展望·

# 超高密度、高速光磁混合数字信息 存储技术和存在的问题

韦 玮 傅便翔 何 杰 秦玉文

(国家自然科学基金委员会信息科学部,北京 100085)

**[摘 要]** 随着现代社会和科学技术的高速发展,信息量急剧增加,对信息的处理、传输以及存储容量的要求越来越高,研制开发具有超高密度、高速数字信息存储技术及盘片不仅具有重要的科学意义,而且有着重大的经济价值。本文是在国家自然科学基金委员会信息科学部组织的“超高密度、高速信息存储技术的研究”研讨会的基础上,对当前国内外光存储、磁存储和磁光存储的研究背景及发展现状、存在的问题进行了分析,并对科学基金今后支持的几个研究方向作了介绍。

**[关键词]** 数字信息存储,光磁混合,超高密度

## 1 国内外的研究现状及存在问题

随着信息技术的迅速发展,信息量急剧增加,对信息处理、传输速度以及存储容量的要求越来越高。特别是在互联网的迅速发展下,需要创建、存取和共享大量的数字化信息。实现这些信息的存储方式有:磁存储、光存储、磁光存储以及最新发展的光-磁混合存储等。

光盘数据存储器件已成为当代信息社会中不可缺少的信息载体,在数据和活动图像的存储等方面得到了广泛应用。目前,单面单层容量达 4.7GB 的 DVD 光盘已逐渐成为主流。随着高清晰度数字电视、数字摄录像机、数字电影以及海量网络和卫星数据下载的发展和普及,需要更高存储密度的光盘。光存储最近已提出了工作波长为蓝光的光盘(HD-DVD),单盘容量可达 27GB。

硬盘作为计算机核心的磁存储设备,近几年由于多种技术的发现和不断改进发展迅速,存储密度持续以每年 60%—100% 的速度增长,目前市场上销售的硬盘密度已超过 60 Gbit/inch<sup>2</sup>(纵向纪录),2002 年 12 月美国 ReadRite 公司实验室的垂直记录密度可达 146 Gbit/inch<sup>2</sup>。巨磁电阻(GMR)的发现形成了自旋电子学领域,并实现了产业化。由于 GMR 具有

在较小磁场下就能得到较大电阻值变化的显著优点,可以作为磁/磁光记录数据的读出传感单元。目前硬盘的读出磁头都采用 GMR 磁头。磁电阻单元采用的是多层膜结构,其在纵向的尺寸只有几纳米左右,横向也只有亚微米尺寸,制备条件和材料选择是非常苛刻的,国内目前已有公司(如广东东莞的 SAE 公司)能够生产这种磁头。磁记录方面,目前主要是纵向磁记录,但是随着记录密度的不断提高,晶粒尺寸迅速减小,纵向磁记录遇到了超顺磁这一无法逾越的极限。为了解决这个问题,人们发展了一种垂直记录方法,由于垂直记录单元可以占据更小的尺寸,获得更高的记录密度,同时有更好的稳定性,因此,目前世界上最著名的几个磁记录公司都在发展垂直磁记录。

磁光存储光盘出现于 1988 年,它是信息存储技术的重大突破,在整个信息存储领域占有重要的位置。磁光存储既有光存储的可卸换、非接触读写,又有磁存储的可擦重写、以及和硬磁盘相接近的平均存取速度。特别是磁光盘具有保存时间长、可靠性高、使用寿命长、误码率小等优异性能。作为一种光存储和磁存储并存的存储方式,磁光存储可以借鉴二者的先进技术和方法,如:GMR 可以作为磁/磁光记录数据的读出传感单元,垂直记录单元可以占据

本文于 2003 年 8 月 13 日收到。

更小的尺寸,获得更高的记录密度和更好的稳定性。日本是磁光存储光盘研究的最深入和应用最广泛的国家,在投资60亿日元的“新一代光存储计划”中,2002年磁光读出密度实验室已达64 Gbit/in<sup>2</sup>。

磁光存储的原理是,通过记录位受激光照射达到居里点后磁化进行记录,利用磁光克尔角对磁记录位的不同偏转进行读出。由于磁光盘是靠磁畴翻转的物理过程来实现记录位的擦写,故相对于光盘来讲速度要快很多(接近于磁盘),同时理论上还可以实现无穷多次的擦写。实际产品中,磁光盘可以利用磁耦合性能设计多层膜结构,如将记录层和读出层分开提高记录密度。由于写入时记录尺寸是由照射到记录层的激光光斑中心区域决定的,因此可以实现很小尺寸的记录。读出时,为了克服记录位尺寸减小而使读出信号较弱的问题,可以采用磁超分辨读出(MSR)(分前孔、中孔和后孔三种形式)、磁畴放大读出(即磁放大磁光系统, MAMMOS)和畴壁移动检测读出(DWDD)等技术,使存储密度大幅度提高。若采用MAMMOS技术读出,φ120 mm磁光盘的容量可达90GB(为HD-DVD的两倍)。如果和近场技术相结合,其存储密度将更大。

光-磁混合存储是一种将磁存储、光存储和磁光存储相结合的新型存储方式,它利用了各自的优点进行记录和读出。采用新型垂直磁化记录膜,通过磁光记录或光辅助磁记录来提高记录的道密度,利用高灵敏度和高分辨率的磁电阻/巨磁电阻探测,提高位密度,并得到较强的读出信号,在此基础上,再配合采用蓝紫光、近场和超分辨技术等,可获得更高记录密度。当然,这方面的技术还不很成熟,一些关键物理和技术问题有待于深入研究,如:

- (1) 纳米尺度下磁性材料的性能、晶粒尺寸、分布和微结构以及各记录点的量子效应等。
- (2) 近场结构中材料表面的等离子体等非线性效应,非线性掩膜与超短波长激光相互作用中的物理机理。
- (3) 磁超分辨和磁畴膨胀读出等过程中的层间磁耦合机理、动力学机制等。
- (4) 材料和膜层结构的优化设计,器件制备工艺,超高密度光-磁混合记录的高精度测试等。

在光-磁混合信息存储系统中,提高记录密度的一种直接有效的方法是通过减少聚焦激光光斑尺寸缩小记录磁畴。由于光在近场传播中不受衍射极限

的限制,理论上可以无限制地缩小光斑尺寸,故近场技术成为实现超高密度光-磁混合存储的一种重要的技术手段。针对光学系统的超分辨技术都是建立在减小由瑞利判据决定的衍射斑大小的基础上,在缩小光斑的同时延长光学系统的焦深,通过掩膜层在光盘旋转中的热虹食效应减小记录/读出光斑,可以采用一般的驱动器实现远场读出。近场光存储技术和超分辨光盘技术的结合,产生了超分辨近场结构(Super-RENS)光盘技术,该技术利用薄膜结构获得近场超分辨效果的存储方式,解决了近场高速扫描中飞行高度的控制问题,是目前最有实用化前景的纳米尺度超分辨光存储技术之一。

基于近场光学元件和超分辨近场结构的近场光-磁混合记录技术是目前最有实用化前景的超高密度、高速光-磁混合数字信息存储技术,我国具有良好研究基础,而目前国际上在这方面的研究也刚刚起步,因此,该技术将是我国发展超高密度光-磁和混合数字信息存储技术的重要突破口之一。

## 2 主要研究方向

光-磁混合存储技术是一个学科综合性很强的领域,是多学科交叉、融合的产物,涉及信息科学、材料科学和凝聚态物理等多学科交叉。牵涉到纳米尺度下的材料性能、晶粒微结构、各记录点的量子效应、近场结构中材料表面的等离子体非线性效应、以及材料结构优化、器件制备工艺和高精度测试等,因此,需要不同学科之间的交流与合作。

为了实现目标,须集中在以下几个主要方向对材料、单元技术及其物理问题展开研究。

- (1) 研究制备适合于蓝紫光条件下的光-磁混合记录垂直磁化记录膜材料,满足超高密度、高速存储要求,并研究其形成机理及物性。
- (2) 研究应用于蓝紫光记录条件下的信号检测技术,包括光学超分辨、超分辨近场结构、磁超分辨、磁电阻/巨磁电阻等,并设计制备出相应的检测系统。
- (3) 研究分析亚微米级及纳米级垂直磁性记录单元,及其各向异性、光磁记录特性、温度特性和热稳定性。
- (4) 研究磁畴放大及图像处理等相配合的显微图形分析和测试技术,测定纳米记录磁畴的结构和形貌,并研究记录及读出过程和动态特性。

## RESEARCH AND PROBLEMS IN THE ULTRA HIGH-DENSITY OPTICAL-MAGNET MIXED DIGITAL STORAGE

Wei Wei Fu Bianxiang He Jie Qin Yuwen

(Department of Information Science, NSFC, Beijing 100085)

**Abstract** With the development of modern society and scientific technology, the demand of information storage with large capacity, high density, high data process transfer rate and low production cost has been increasing dramatically. Therefore, it has been of great scientific and economic signification to research and develop the storage technique of ultra high-density, faster data transfer rate. In this paper, the current research status and existing problems in the optical storage, magnetic storage and magneto-optical storage are analyzed in the world, and some research targets supported by NS-FC are introduced.

**Key words** digital information storage, optical-magnet mixed recording, high density, data transfer rate

·资料·信息·

### 国家重点实验室成果获“计算机世界科学领域 最佳荣誉奖:21世纪成就奖”

有世界IT业“奥斯卡”奖之称的“计算机世界荣誉奖”日前在美国国家建筑博物馆举行颁奖典礼。中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室(英文缩写名:LASG/IAP)提交的项目,获2003年“计算机世界科学领域最佳荣誉奖:21世纪成就奖”,成为“科学类”最高大奖的得主。这是我国科研机构首次在世界IT业奖项评选中摘得桂冠。LASG/IAP多年来得到国家自然科学基金的持续大力资助,此次获奖项目起草人王斌研究员为国家杰出青年科学基金获得者和科学基金“创新研究群体”的负责人之一。

有世界IT业“奥斯卡”奖之称的“计算机世界荣誉奖”,2003年6月2日在美国首都华盛顿国家建筑博物馆举行盛大颁奖典礼。由中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室主任、国家杰出青年科学基金获得者和国家自然科学基金“创新研究群体”负责人之一——王斌研究员撰写的大气研究项目荣获2003年“计算机世界科学领域最佳荣誉奖:21世纪成就奖”。这是我国科研机构首次在“计算机世界荣誉奖”的奖项评选中摘得桂冠。

“计算机世界荣誉奖”创立于1988年,旨在表彰运用信息技术为社会作出重大贡献的机构和个人。

获奖后,LASG/IAP的科研人员表示,为了LASG/IAP自身工作、尤其是我国气候系统模式的更好发展,希望针对他们工作中面临的问题,能得到国家层面上的重视。

自国家自然科学基金委员会成立起,就给予LASG/IAP持续、大力的支持,该实验室是我国大气科学相关研究机构中获科学基金项目 and 经费资助最多的单位,目前有4位国家杰出青年基金获得者和一批科学基金重点、面上项目以及其他类型项目。2002年,以前任实验室主任吴国雄和现任主任王斌为首、LASG主要学术成员为主的研究团队,获国家自然科学基金“创新研究群体”资助。国家自然科学基金对该研究团队的支持是其发展和取得较好成绩的主要因素之一。

在为我国科学家取得如此骄人成绩而欢欣的同时,我们清醒地认识到,在类似发展我国气候系统模式这样的大科学研究、大工程组织管理中一些涉及科学研究和国家发展战略的重要领域,我国在科学规划、组织管理、资源配置和合理利用、评价体系的科学性等方面还存在不少问题。值得我们深思并切实改进。

(摘自国家自然科学基金委员会简报2003年第14期)