

405 nm 蓝光高密度光存储实验研究

张东玲^{1,2}, 贺锋涛², 冯晓强², 侯 洵^{1,2}

(1. 河南大学 物理与信息光电子学院, 河南 开封 475001;

2. 中国科学院西安光学精密机械研究所 瞬态光学技术国家重点实验室, 陕西 西安 710068)

摘 要: 采用波长为 405 nm 的蓝光半导体激光器和数值孔径为 0.65 的聚焦物镜, 对不同激光功率下 CD-RW 相变材料的存储特性进行研究. 结果表明, 在本系统中, CD-RW 相变材料记录阈值约为 7.5 mW, 最佳记录功率为 9.0 mW, 最终得到了约 500 nm 的记录线宽.

关键词: 高密度光存储; 相变光盘; 蓝光; 自动聚焦

中图分类号: TP333.4

文献标识码: A

文章编号: 1003-4978(2004)01-0022-03

Study of the High Density Optical Recording with 405 nm Laser Source

ZHANG Dong-ling^{1,2}, HE Feng-tao², FENG Xiao-qiang², HOU Xun^{1,2}

(1. College of Physics & Information Photoelectronics, Henan University, Henan Kaifeng 475001, China;

2. State Key Lab of Transient Optics and Technology, Xi'an Institute of Optics & Precision Mechanics,
Academic Sinica, Shaanxi Xi'an 710068, China)

Abstract: This paper studies the characteristics of optical recording of CD-RW with 405 nm laser source and 0.65 numerical aperture (NA) objective lens. The result reveals that the threshold and optimal laser power in this recording system is 7.5 mW, 9 mW respectively. A track with a width of 500 nm is obtained on the CD-RW disk.

Key words: high density optical data storage; phase-change disk; blue light; auto-focus

0 引言

光存储是继磁存储之后发展起来的重要信息存储技术,它具有存储密度高、容量大、寿命长、信噪比高、读取速度快等一系列优点,因而在信息技术领域具有广泛的应用前景.迄今为止,光存储技术通过近 30 年的发展,不仅在技术上获得了重大突破,在商品市场方面也获得了巨大成功,逐渐成为现代信息社会不可或缺的高科技产业,以光盘为代表的光存储器件已在高密度光存储方面获得了广泛的应用.现有的光盘存储产品从存储密度划分有两代标准,即 CD 和 DVD 标准.对 CD 系统,一般采用波长 780 nm 的激光,物镜数值孔径 $NA=0.45$ 的聚焦物镜.直径为 120 mm 的 CD 光盘单面存储容量为 650 MB.而对 DVD 系统,则采用 650 nm 的红光和 $NA=0.65$ 的聚焦物镜,单面单层的存储容量达 4.7 GB.随着信息的多媒体化和网络通讯的普及以及人们对高清晰图像的追求,需要处理的数据与日俱增,信息存储空间显得日益拥挤.为进一步提高存储密度,人们提出了用蓝光进行存储的第三代蓝光光盘——高密度 DVD(HD-DVD)^[1].本实验采用波长为 405 nm 的蓝光,在不同功率下对 CD-RW 相变材料的存储特性进行了研究.

1 原理

提高存储密度一直是光盘存储技术的主要发展目标之一.在目前的光盘存储技术中,载有信息的调制激光束通过物镜聚焦于光盘存储介质层上记录,属于远场光记录.在远场光存储中,记录点的尺寸决定于聚焦光束的衍射极限.众所周知,在光的衍射极限下,光束的聚焦直径 d (光斑强度分布的半高宽)与光波长 λ 成

正比,与镜头的数值孔径 NA 成反比,即

$$d = 0.510\lambda / NA. \tag{1}$$

而存储密度正比于 $(NA/\lambda)^2$.因此,缩短激光波长和增大物镜的数值孔径是提高光存储密度的两种有效途径^[2,3].

大数值孔径的物镜对盘片厚度的变化更加敏感,小的厚度的变化将产生大的像差,从而使得读出信号质量下降,而且在远场记录的情况下,数值孔径有理论极限,其最大值为 1.因此,使用短波长激光光源是进一步提高光盘存储密度的捷径,也是新一代高密度光盘的研究开发动向.目前,最有可能走向市场化的下一代光盘为蓝光 DVD 光盘.为此,我们采用波长 405 nm 的蓝光半导体激光器、数值孔径为 0.65 的聚焦物镜,在可擦写 CD-RW 相变光盘上进行了存储实验研究.

2 实验装置

蓝光存储的实验装置原理如图 1 所示.405 nm 的线偏振光经扩束镜扩束准直后,通过偏振分光镜及 1/4 波片,再经聚焦物镜聚焦在光盘记录层表面.1/4 波片的光轴与入射的线偏振光成 45° 夹角,线偏光经 1/4 波片后形成圆偏振光,通过物镜聚焦到光盘上,从光盘反射的圆偏振光经物镜,再一次通过 1/4 波片形成与原入射光相互垂直的线偏振光,此时激光束不再透过分光镜,只被偏振分光镜反射;反射光经柱面镜后被四象限探测器所接收,其产生的光电信号经过一个四输入端的加减运算放大器,信号经过加减运算放大之后形成聚焦误差信号.

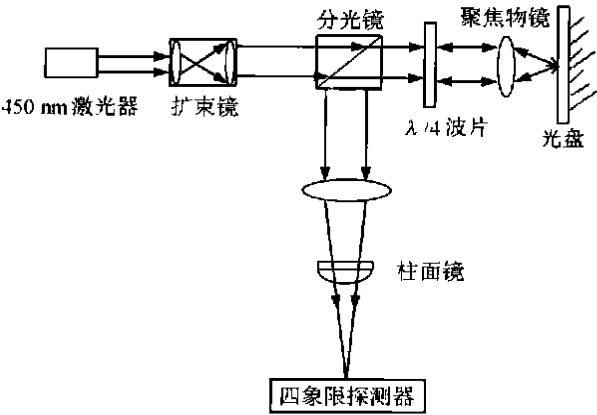


图 1 蓝光存储的实验装置原理图

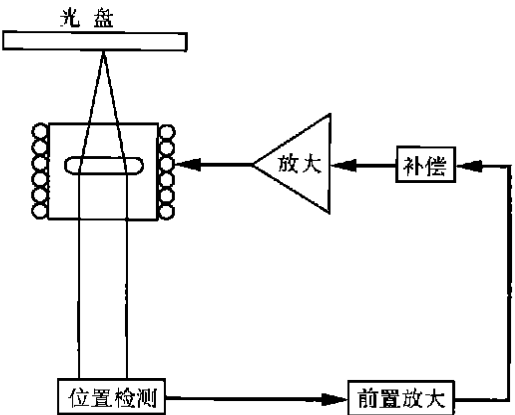


图 2 自动聚焦控制系统

为了保证光斑始终准确无误地会聚于光盘记录介质的表面,必须具有精密自动调焦系统.其基本功能是,当介质偏离焦点时,控制物镜也作相应的位置调整,使聚焦光斑始终跟踪光盘的晃动.自动调焦系统由位置检测器、前置放大、补偿、驱动放大、调整线圈等部分组成(如图 2 所示).位置检测器包括一个四象限光电探测器和一个四输入端的加减运算放大器.当介质正焦时,四象限探测器上得到圆形光斑,入射到每一个象限的激光能量相同,得到的光电信号也相同,经过加减运算放大之后输出的误差信号为零.而在远焦或近焦状态下,四象限光电探测器上得到的是椭圆形光斑,四个象限输出的信号不全相同,经过加减运算放大之后形成正负误差信号.位置检测器得到介质偏离焦点的误差信号,此信号经过放大、补偿以及驱动放大,推动线圈上下移动,使物镜做相应调整,确保激光束聚焦到记录介质表面.

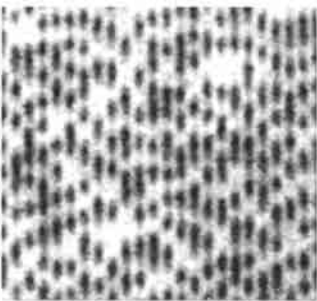


图 3 显微系统(45 X 物镜)对 DVD-ROM 的显微图像

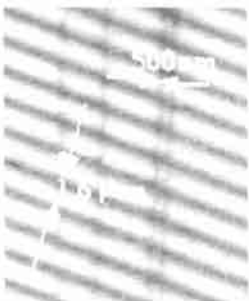


图 4 405 nm 光源在 CD-RW 相变光盘上的刻录结果

3 实验结果与分析

对刻录结果的观察采用的是金相显微镜配合 CCD 图像采集处理系统. 由于其刻录线宽已接近普通光学显微镜的分辨极限, 我们对金相显微镜的照明系统进行了改装, 使用单色性好、高亮度的蓝光发光二极管(LED)进行照明, 并选配了高质量的 45 X 物镜. 通过改进后的显微系统对 DVD 光盘进行了显微成像, 结果如图 3 所示. 系统能清楚地看到最小信息点, 说明该显微系统分辨率已优于 400 nm. 图 4 为该系统对实验刻录结果的显微成像, 刻录线最小线宽约为 500 nm. 实验中存储材料采用 CD-RW 相变盘片, 其道间距为 1.6 μm.

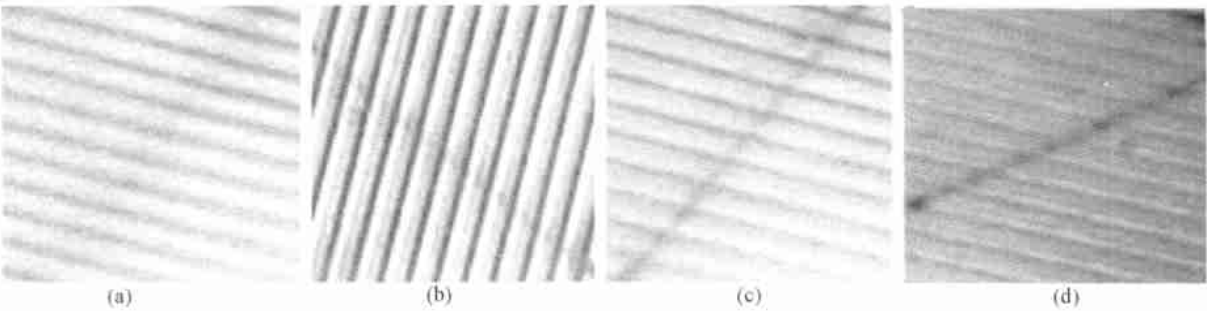


图 5 激光功率与存储结果

图 5 中, (a)、(b)、(c)、(d) 分别为 6.5 mW, 7.7 mW, 9.0 mW, 11.4 mW 激光功率在 CD-RW 相变光盘上的存储结果. 结果表明, 在本实验系统中, 刻录阈值约为 7.5 mW. 当激光功率小于刻录阈值时, 光盘上没有明显的刻线, 如图 5(a); 当激光功率大于 7.5 mW 时, 光盘上便有明显的刻线, 如图 5 中的 (b)、(c)、(d). 可以看出, 图 5(b) 的刻录线宽最小, 但图像的对比较差, 信噪比较低; 在 (d) 中采用较大功率时, 图像对比度较高, 但刻录线也较宽; (c) 中图像对比度较高且线宽较小, 为 CD-RW 相变光盘蓝光存储最佳功率.

由激光波长和聚焦物镜的数值孔径, 理论上刻录的最小线宽应为 $d = 0.510 \lambda / NA \approx 320 \text{ nm}$. 但在本实验系统中, 蓝光焦深 $\Delta z = \pm \frac{0.61 \lambda}{(NA)^2} \approx 600 \text{ nm}$, 系统聚焦精度必须小于 $\pm 600 \text{ nm}$; 而在写入过程中, 由于聚焦控制过程是一个动态调整过程, 光盘在焦点附近很小范围内上下波动, 而且光盘存储介质层有一定的厚度, 所以在实际写入中存在一定的聚焦误差. 且在写入过程中光与存储介质作用时间较长, 存在热扩散效应. 由于上述种种因素的影响, 使得记录的最小线宽约为 500 nm, 大于理论线宽.

4 结语

本实验结果表明, 在本系统中, 记录阈值约为 7.5 mW, 最佳记录功率为 9.0 mW. 最终得到了约 500 nm 的记录线宽. 随着蓝光存储系统的不断完善及蓝光激光器成本的不断降低, 新一代的蓝光高密度 DVD 存储系统在不久的将来走向市场成为可能.

参考文献:

[1] JUNGWAN K, In Sik Park, Du Seop Yoon, et al. Optical storage system for 0.4mm substrate media using 405nm laser diode and numerical aperture 0.65/0/60 objective lens [J]. Jpn. J. Appl. Phys., 2001, 40: 1604—1608.

[2] KOZLOVSHY W J, DEWEY A G, JULIANA A, et al. Optical recording in the blue using a frequency-doubled diode laser [J]. SPIE. 1992, 1663: 410—415.

[3] MANSFIELD S M, STUDENMUND W R, KINO G S, et al. High-numerical-aperture lens system for optical storage [J]. Opt. Lett., 1993, 18(4): 305—307.