

# 磁光记录磁畴及其热稳定性研究

王 荣 李锡善 千福熹

(中国科学院上海光机所 上海 201800)

**摘要** 磁光存储的原理是热磁记录,信息以磁畴的形式存储于记录介质中。磁畴的形貌及其热稳定性对磁光盘的存储性能有很大影响。报道了 TbFeCo 磁光盘磁畴形貌及其热稳定性的实验研究结果。

**关键词** 磁光存储,磁畴,磁畴热稳定性,载噪比

## 1 引言

磁光存储是一种热磁记录方式。记录介质在激光束和外加偏置磁场的共同作用下在磁光记录膜层形成磁畴。信息就以磁畴的形式存储,磁畴沿垂直于膜面向上和向下两种磁化方向分别代表 1,0 比特位<sup>[1~3]</sup>。

本文对磁畴的形貌及其热稳定性进行了实验研究。由于磁光记录磁畴一般没有明显的表面形貌变化,因此不能用常见的扫描隧显微镜 STM,原子力显微镜 AFM 及扫描电子显微镜 SEM 等观察磁畴结构。而必须用对垂直磁各向异性敏感的显微镜才能观察到磁光记录磁畴,如偏光显微镜、磁力显微镜、洛仑兹显微镜等<sup>[4~9]</sup>。本文报道了用偏光显微镜观察到的磁畴形貌。

虽然读光束的功率不高,但是对记录信息的每一次读操作,都会使记录磁畴的温度略有升高。由于一般磁光盘的反射率约为 20%,大部分激光束热量被记录介质吸收,因此磁畴的热稳定性对磁光记录介质的寿命有较大影响。同一记录磁畴在经过多次读出之后,其热稳定性会有所降低。本文通过测试在不同激光功率、经多次读出后载噪比(CNR)的变化来研究磁畴的热稳定性<sup>[10,11]</sup>。

## 2 实验研究

### 2.1 磁光记录磁畴形貌观察

由于偏光显微镜对磁各向异性敏感,因此常被用来观察磁畴的形貌。我们用它测试了不同动态记录条件下 TbFeCo 磁光介质记录畴的形貌,如图 1(a)和(b)所示。

与图 1(a)所对应的记录条件是:写功率  $P_w = 10.5 \text{ mW}$ ;介质运动速度  $v = 2.26 \text{ m/s}$ ;信号调制频率  $f = 1 \text{ MHz}$ ;占空比为 1:1;偏置磁场  $B = 0.12 \text{ T}$ 。

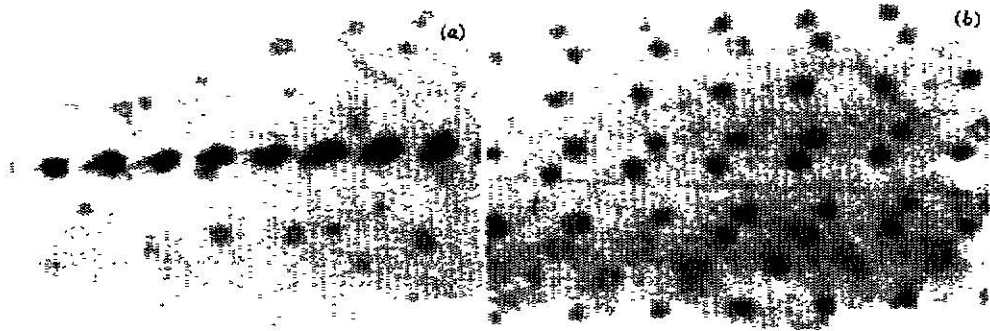


图 1 TbFeCo 磁光介质记录的磁畴形貌

Fig. 1 Recorded magnetic domains of TbFeCo magneto-optical media

与图 1 (b) 所对应的记录条件是:写功率  $P_w = 13.2 \text{ mW}$ ;介质运动速度  $v = 4.35 \text{ m/s}$ ;信号调制频率  $f = 1 \text{ MHz}$ ;占空比为 3:7;偏置磁场  $B = 0.12 \text{ T}$ 。

图 1 (a) 和 (b) 所示的磁畴形貌有差别。图 1 (a) 所示的记录畴呈长椭圆形,而图 1 (b) 所示的记录畴近似为圆形或椭圆形;这与许多文献所报道的模拟计算结果及实验结果一致。图 1 (a) 所示的磁畴内部是均匀的,而从图 1 (b) 可以看到,部分记录畴的内部不均匀,并且呈现环形磁畴结构。这可能是由于记录畴中心部分的温度升高过多,使得记录介质有部分损坏;也可能是一种磁畴结构。M. Mansuripur 与 G. A. N. Connell 曾在文献中提到过形成环形磁畴形貌的可能性<sup>[2]</sup>。圆形且内部均匀的磁畴对记录信息最为有利。因为这种磁畴沿径向的微观力均匀分布,所以热稳定性好。

由实验结果可以看到,记录畴的尺寸与记录条件密切相关。在记录介质运动速度较低、脉冲宽度较大时记录的磁畴尺寸较大。

## 2.2 磁光记录磁畴的热稳定性

磁畴的形成一般与以下几方面的作用力有关:(1) 畴壁能量产生的收缩力;(2) 退磁能量产生的扩张力;(3) 平行或反平行于磁畴磁化方向的偏置磁场产生的扩张或收缩力;(4) 有利于固定畴壁位置的矫顽力。随着磁畴温度的变化,上述各种力也可能随之变化。对圆柱形磁畴,记录刚结束时单位面积畴壁的径向作用力表示为<sup>[12]</sup>

$$F_{\text{tot}} = -\frac{\sigma(r)}{r} - \frac{\partial \sigma}{\partial r} + 2M(r)H_{\text{demg}}(r) + 2M(r)H_{\text{ext}} \quad (1)$$

其中,  $\sigma(r)$  为单位面积畴壁能量,  $M(r)$  为磁化强度,  $H_{\text{demg}}$  为磁畴退磁场,  $H_{\text{ext}}$  为外加偏置磁场。在形成稳定磁畴以后,各种作用力达到平衡。如果磁畴的温度发生变化,这种平衡就受到影响。例如,温度变化引起磁畴半径发生变化,则畴壁能量和退磁能量都要发生变化。相应于这两种能量的畴壁收缩力和扩张力也要发生变化。但是在没有激光束照射时,磁畴所发生的变化又不能完全复原,因此多次读出影响磁畴的稳定性。

磁光记录磁畴的热稳定性与制盘工艺及磁光盘结构密切相关。实验所用磁光盘采用三靶双电源射频磁控溅射设备制备,其结构如表 1 所示。记录介质本身具有较好的热稳定性<sup>[1]</sup>。

表 1 样品磁光盘的膜层结构

Table 1 Structure of sample magneto-optical disks

substrate	PC	1.2 mm
dielectric film	SiN	50 nm
magneto-optical storage film	TbFeCo	40 nm
dielectric film	SiN	50 nm
reflection layer	Al	100 nm

通过测试相同的记录信息进行多次读出之后及用不同的功率读出时,记录信号载噪比的变化来考察磁畴的热稳定性。实验结果如图 2 和图 3 所示。其中  $B$  是记录信息时的外加偏置磁场。

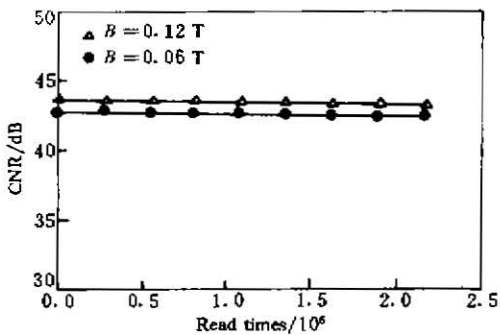


图 2 读操作次数对记录载噪比(CNR)的影响

Fig. 2 The dependence of CNR on read operation times

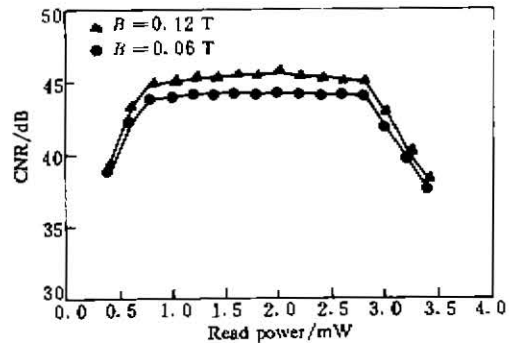


图 3 读光束功率对记录载噪比(CNR)的影响

Fig. 3 The dependence of CNR on read power

与图 2 和图 3 对应的原信息的记录条件是:写功率  $P_w = 11.5$  mW;介质运动速度  $v = 4.35$  m/s;信号调制频率  $f = 1$  MHz;占空比 4:6;偏置磁场  $B = 0.12$  T 或  $B = 0.06$  T。

实验结果表明,磁光记录磁畴在低功率下对读操作次数有较好的热稳定性,经过大约  $2 \times 10^5$  次读操作之后,载噪比才下降约 0.5 dB;读操作次数是根据盘片转速、信号调制频率与实验时间计算得出的。读功率有一个阈值范围;对我们所用的样品磁光盘,读功率的最佳范围为 0.8~2.8 mW;在读功率较低时,由于信号强度低,载噪比低并随读功率的增大而有所上升;在读功率较高时,磁畴的稳定性下降,因此载噪比降低并随读功率的增大而降低。

由实验结果还可以看到,在较高的外加偏置磁场下形成的磁畴有较好的热稳定性,而且本身的载噪比也要高一些。

### 3 结 论

本文报道了以偏光显微镜观察磁光记录磁畴形貌的实验结果。观察到了近椭圆或圆形的记录畴,与文献报道的理论和实验结果相符。还研究了磁光记录磁畴的热稳定性。采用不同的读功率测试,确定了安全读功率范围为 0.8~2.8 mW;磁光记录磁畴经多次读操作之后,载噪比下降不多,具有较好的热稳定性。

## 参 考 文 献

- 1 Gan Fuxi. Digital Optical Disks and Optical Storage Media. Shanghai; Shanghai Press of Science and Technology, 1992. 28 (in Chinese)
- 2 M. Mansuripur, G. A. N. Connell. Energetics of domain formation in thermomagnetic recording. *J. Appl. Phys.*, 1984, **55**(8):3049~3055
- 3 D. Mergel, P. Hansen, D. Raasch. The physical basis of magneto-optic recording. *SPIE*, 1992, **1653**:240~249
- 4 C. D. Wright, N. A. E. Heyes, W. W. Clegg. Scanning laser microscope studies of the overwrite characteristics of TbFeCo films using magnetic field modulation. *J. Appl. Phys.*, 1991, **69**(8, Part II A):4942~4944
- 5 M. D. Schultz, T. Xue, M. H. Kryder. Direct observation of magnetization dynamics in spinning magneto-optic discs. *J. Appl. Phys.*, 1993, **73**(10, Part II A):5776~5781
- 6 A. Wadas, J. Moreland, P. Rice. Magnetic force microscopy images of magnetic garnet with thin-film magnetic tip. *Appl. Phys. Lett.*, 1994, **64**(9):1156~1158
- 7 S. Manalis, K. Babcock, J. Massie *et al.*. Submicron studies of recording media using thin-film magnetic scanning probes. *Appl. Phys. Lett.*, 1995, **66**(19):2585~2587
- 8 A. Kikukawa, H. Awano, S. Hosaka *et al.*. Domain observation of a durability tested TbFeCo magneto-optical disk using magnetic force microscopy. *Appl. Phys. Lett.*, 1995, **67**(10):1480~1482
- 9 T. Kohashi, H. Matsuyama, C. Haginoya *et al.*. Mark observation of TbFeCo recorded on land/groove substrate by spin-polarized scanning electron microscopy. *Appl. Phys. Lett.*, 1996, **68**(23):3350~3352
- 10 R. Yardy, B. I. Finkelstein, T. W. McDaniel. Read stability in magneto-optical storage. *SPIE*, 1990, **1315**:106~116
- 11 T. W. McDaniel, B. I. Finkelstein. Magnetization stability in the magneto-optical readout of TbFeCo disks. *J. Appl. Phys.*, 1991, **69**(8, Part A):4954~4956
- 12 D. Rugar, J. C. Suits, C. J. Lin. Thermomagnetic direct overwrite in TbFe using thermally induced domain wall energy gradient. *Appl. Phys. Lett.*, 1988, **52**(18):1537~1539

## Study of the Shape of Magneto-optical Recording Magnetic Domains and Their Thermal Stability

Wang Rong Li Xishan Gan Fuxi

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800)

**Abstract** The principle of magneto-optical storage is thermo-magnetic recording. Data are recorded in media in the form of magnetic domains. The shape and thermal stability of magnetic domains are important to the storage properties of magneto-optical disks. The experimental results of shape and thermal stability of magnetic domains are reported in this paper.

**Key words** magneto-optical storage, magnetic domain, thermal stability of magnetic domain, carrier-to-noise ratio