

# 大克尔角磁光材料测试系统试验研究

李 楠 潘龙法 吕悦川  
(清华大学微细工程研究所, 北京, 100084)

摘要: 磁光存储系统中, 存储信息的介质——磁光材料膜的读/写性能直接影响了系统信噪比和信号质量, 直接擦写等性能指标, 因此, 研制和开发高性能磁光材料是改善系统性能的直接手段。本文介绍了一个磁光材料读/写性能测试系统以及利用该装置对大克尔角磁光材料  $MnBiAl$  样品进行的静态读/写试验, 测试结果可以为分析和改进这种新型磁光材料的读/写性能及其实用性提供有益的数据。

关键词: 磁光存储 磁光材料 克尔效应 读/写性能测试

## Study of a testing system for magneto-optical materials with large Kerr rotation

*Li Nan, Pan Longfa, Lü Yuechuan*  
(Microengineering Institute, Tsinghua University, Beijing, 100084)

**Abstract:** In magneto-optical (M-O) storage system, the read/write characteristics of the recording media, (M-O) material film, has direct effects on the performance of M-O storage system, such as SNR, quality of readout signals, direct erase/rewrite processing, etc. As a result, developing new M-O materials with good read/write characteristics could improve the performance of M-O storage system. In this paper, a system for testing read/write characteristics of M-O materials is presented. Static read/write tests have been applied to the new M-O materials,  $MnBiAl$ , which has large Kerr rotation. The experimental results give useful data for the improvement of read/write characteristics and the study of the practicality of this new M-O materials.

**Key words:** magneto-optical storage magneto-optical material Kerr effect read/write characteristics test

### 一、引 言

磁光存储技术自 1989 年实现国际标准化以来, 实用化进程迅速, 其中磁光盘及其驱动器已成为可擦重写光盘市场中的主流产品。与此同时, 和磁光存储技术相关的各种高精技术, 如磁光材料、固体薄膜技术、激光技术、光路设计和信号处理技术等正在成为开发和研制高性能磁光盘及其驱动器的科技人员们关注的重点。在磁光存储中, 采用热磁效应记录信息, 利用磁光克尔效应读取信息, 从存储材料膜面的反馈光能受到了极大的限制, 系统读出信号的质量和信噪比均与磁光材料克尔角大小成正比关系。可见发明新型大克尔角磁光材料正是改善磁光存储系统性能的直接手段, 而对磁光材料动、静态读/写性能的测试和研究是研制开发新的磁光材料过程中必不可少的环节<sup>[1~3]</sup>。

### 二、测试系统原理

#### 1. 写入和擦除

在磁光存储中, 选用磁化轴在垂直材料膜面方向的磁光材料, 采用热磁效应改变材料微区

磁化的取向, 则会出现不同磁化方向的磁畴, 若设磁化方向向上的磁畴代表“1”, 反之代表“0”, 即具备了数字记录功能<sup>[4]</sup>。

热磁记录的原理有居里点记录和补偿温度记录<sup>[5]</sup>, 以居里点 ( $T_c$ ) 写入为例, 外加一偏磁场, 使磁化轴垂直于材料膜面并在室温  $T_0$  下磁化至饱和; 在剩磁状态下用微激光斑照射, 使材料微区温度上升, 当高于 ( $T_c$ ) 时, 微区转变为顺磁区, 饱和磁化强度为零, 矫顽力降低, 甚至趋于零; 此时除去光斑, 微区温度下降, 磁化强度开始增大, 在周围退磁场和外磁场的作用下磁化方向实现反转, 即完成信息的写入。若将外加偏磁场增大并反向, 加热后的材料微区磁化方向再次反转, 则会擦除已写入的信息。

### 2. 信息读取

在磁光存储中, 读信号是利用磁光效应获取, 接收透射光时为法拉第效应, 接收反射光时为克尔效应<sup>[6]</sup>。以利用磁光极克尔效应读出为例, 如图 1 所示, 被磁化的铁磁物质反射表面的光学性质会发生变化, 线偏振光在其表面反射时偏振面随磁化方向的不同而发生旋转, 其大小与入射面内的磁化分量成正比:

$$\theta_k = k(M_S \times I) \quad (1)$$

式中,  $\theta_k$  为克尔旋角,  $I$  是平行于磁性材料表面的矢量,  $M_S$  为磁化方向,  $k$  为物质的克尔旋转系数。

目前选用的磁光材料均为垂直磁化方向记录, 即与入射光的传播方向一致, 此时极克尔效应最大。利用克尔效应读出的基本光路如图

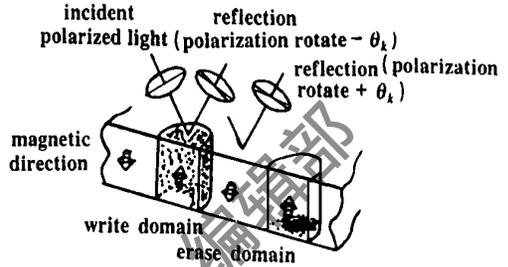


Fig. 1 Illustration of M-O polar Kerr effect

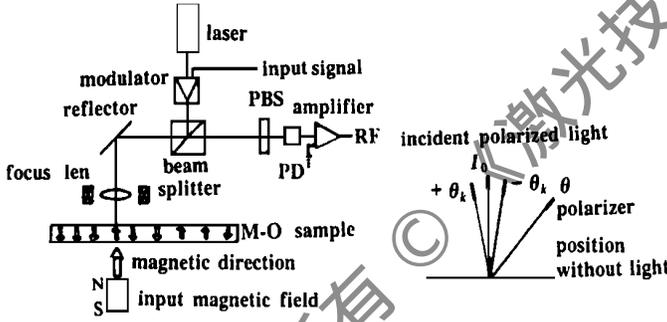


Fig. 2 Illustration of M-O readout principle

2, 把磁化方向的差别变成的线偏振光束偏振面旋转方向的不同, 偏振光束通过检偏器转换为输出光强弱的变化, 并用探测器检出, 即可获得 RF 等信号<sup>[7]</sup>。

设  $I_0$  为入射线偏振光  $P$  方向的光功率,  $\theta$  是入射光的偏振面与检偏器透光轴夹角; 当入射光在膜面反射时, 对应垂直磁化方向向上或向下, 反射光的偏振面旋转  $+\theta_k$  或  $-\theta_k$ , 则对应信号“1”或“0”的 RF 信号差值为:

$$\Delta I = I(+\theta_k) - I(-\theta_k) = I_0 R \sin 2\theta \sin 2\theta_k \quad (2)$$

式中,  $R$  为薄膜表面的反射率。

## 三、测试系统组成及功能

### 1. He-Ne 激光器及 AOM (声光调制器) 控制

考虑到写入光路能量损失接近 75% 及材料灵敏度、外磁场强度等, He-Ne 激光器选用最大功率可达 60mW 的大功率激光器; 通过控制 AOM 实现不同功率不同脉宽的输出激光脉冲, 如可产生脉宽分别为 10ns, 50ns, 100ns, 200ns, 1μs, 2μs 等的激光脉冲来进行材料的写入试验。另外控制电路还控制 AOM 产生一低功率恒定输出的激光束, 用于读取信号和聚焦伺服。

### 2. 磁光读/写光学系统

光学系统由写入(或擦除)光通路、读出光通路和聚焦伺服光通路组成,如图3所示。

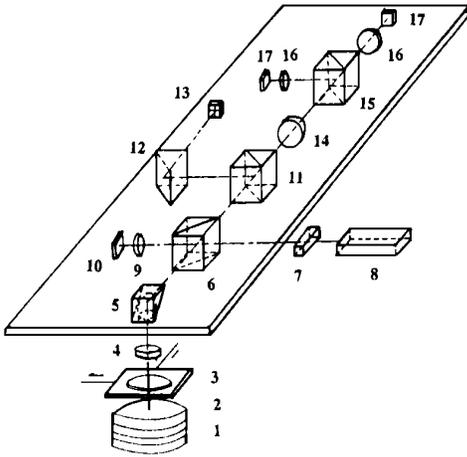


Fig. 3 Optical system of M-O read/write system  
 1- input magnetic field 2- precise micro-move stage 3- sample 4- focus len 5- reflector 6- beam splitter 7- AOM 8- He-Ne laser 9- len 1 10- photo-electrical detector 1 (PD1) 11- beam splitter 2 12- critical angle prism 13- PD2 14-  $\lambda/2$  waveplate 15- PBS 16- len 2, 3 17- PD3, 4

写入光通路由 BS1、反射镜及聚焦物镜组成,其中,BS1 的 P 光反射率约 60%, S 光透过率 100%; 反射镜反射率大于 96%; 聚焦物镜的透过率 97%, 整个光通路的光能利用率满足写入功率的要求。写入激光功率由光电探测器 1 接收,经电路处理后测定。

在读出光通路的磁光信号接收光路中 BS2 的 P 光透过率为 60%, S 光的透过率为 100%, 这样可使磁光差分信号接近最佳;  $\lambda/2$  波片和 PBS 组成差分接收光路。 $\lambda/2$  波片的调整是为了把从磁光材料反射的椭圆偏振光线线性化并使偏振面与 PBS 成 45 分束, PBS 把光束分成 P 分量和 S 分量,并分别由两个光电探测器接收,由电路差分运算后得到磁光差分信号。

聚焦伺服光通路主要由聚焦物镜及其伺服线圈、临界角棱镜和光电探测器 2 组成,采用临界角法获得离焦信号,通过伺服电路反馈电流至物镜的伺服线圈,以此来控制物镜的微量,直至完成调焦。聚焦物镜的聚焦精度达  $0.8\mu\text{m}$ ,  $NA=0.6$ , 当  $\lambda=0.63\mu\text{m}$  时,物镜焦深  $\delta = \pm \lambda [2(NA)^2] = \pm 0.9\mu\text{m}$

### 3. 控制电路

控制电路包括聚焦伺服、磁光信号差分探测、AOM 脉冲功率调制、步进电机驱动控制、磁场驱动及换向控制等电路。聚焦伺服电路把从光电探测器得到的离焦信号放大并驱动聚焦物镜的线圈,调整物镜微动到准确聚焦范围内; AOM 脉冲功率调制电路驱动声光调制器,可改变激光束写入功率(0~15mW)、脉宽(100ns~10 $\mu$ s); 步进电机控制电路可控制样品台在 x, y 方向移动(0~10mm),最少运动分辨率达 1.25 $\mu$ m。磁光信号差分探测电路将经  $\lambda/2$  波片和偏振分束器后射到两个光电探测器的光强信号进行差分及减少噪声处理,最终获 RF 信号。

## 四、测试结果

对大克尔角磁光材料 MnBiAl 样品进行读/写试

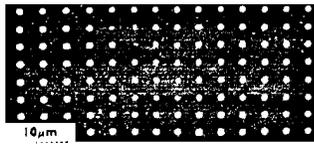
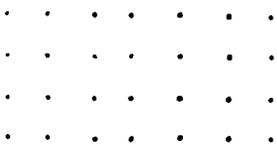


Fig. 4 Write domains: laser pulse 10ns power 30mW

Fig. 5 Write domains: laser pulse 10 $\mu$ s power 13 mW

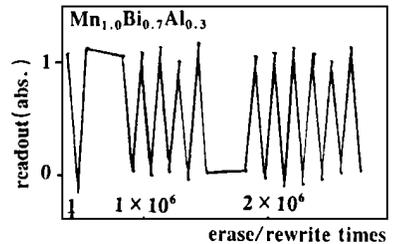


Fig. 6 Erase/rewrite testing

## 脉冲激光微焊中有关材料温度场的计算

杨义发 黄维玲

(华中理工大学激光研究院, 武汉, 430074)

摘要: 本文主要讨论了多脉冲激光微焊中熔池的形成和发展过程, 数值求解了工件表面受激光照射时的非稳态温度场, 对激光焊接具有指导意义。

关键词: 两步法 三步法 ADI法 激光微焊 显热容

## Numerical calculation of material temperature distribution on pulsed laser conduction welding

Yang Yifa, Huang Weiling

(Institute of Laser Technology & Engineering, HUST, Wuhan, 430074)

**Abstract:** In this paper, we mainly discuss the emergence and developing of the melted pool in the process of impulse laser conduction welding. According to thermal conduction equation, the numerical model of nonlinear parabola equation and the numerical resolution of the instantaneous temperature distribution obtained. The experiments show the good agree with the results of numerical calculation.

**Key words:** two-time level implicit scheme three-time level implicit scheme Alter Direction Implicit scheme conduction laser welding sensible heat capacity

随着功率和脉宽的增大, 输出信号增大, 图4, 图5是在不同写入功率和不同脉冲宽度条件下在样品写入的信息, 图6为信号与重复擦写次数的关系。另外, 外加磁场与信号关系、读出激光功率与信号信噪比关系等正是今后的试验所要研究的。

本次试验同中科院物理所合作, 王荫君、徐瑶老师提供了试验用的大克尔角磁光材料样品及有关资料, 并给予大力协助, 在此深表感谢。

### 参 考 文 献

- 1 Iwanaga T, Sugaya S, Inada H *et al.* Appl Opt, 1986; 27(4): 717~ 722
- 2 LaBudde E V, Hazal R L. SPIE, 1985; 529: 176~ 179
- 3 Boyes B A. SPIE, 1985; 529: 169~ 175
- 4 林福宗, 电子计算机外部设备, 1988; (2): 58~ 64
- 5 干福熹. 数字光盘和光存储材料, 上海: 上海科技出版社, 1992
- 6 Meiklejohn W H, Proc IEEE, 1986; 74: 1570~ 1581
- 7 Inoue F, Meada A, Itoh A *et al.* IEEE Trans. Magnetics, 1985; MAG-21(5): 1629~ 1631.

\* \* \*

作者简介: 李楠(附照片), 女, 1970年出生。硕士研究生。主要研究方向: 磁光存储技术, 磁光材料性能测试系统设计, 光盘机总体设计和控制, 精密测试技术等。

潘龙法, 男, 1946年出生。副教授。长期在清华大学从事教学科研工作, 任科技攻关项目负责人, 现任清华大学光盘国家工程研究中心副主任。ISO/IEC/JT CI/SC23/WG 国际光盘标准化组织专家组成员。