

宽温环境下磁光盘写入光功率的优化

曹丹华 吴裕斌 阮玉 朱平

(华中理工大学光电子工程系, 武汉 430074)

摘要 利用有限单元法研究了环境温度、写入光功率、磁光盘膜面温度分布三者间的关系,在此基础上导出了宽温环境下的最优写入条件,该条件为优化宽温磁光盘读出性能提供了依据。

关键词 磁光存储,瞬态温度场,写入功率,磁畴

1 问题的引出

多年来,为了提高磁光盘读出性能,人们从多方面入手改善盘面写入磁畴特性。通常较高的写入功率和较宽的光脉冲在膜面产生较大的写入磁畴,当相邻磁畴的间距远大于光斑尺寸时,较大的磁畴对应于较高的读出电平。但是,当磁畴间距逐步缩小,直至小于两倍光斑尺寸时,继续增大磁畴反而导致读出幅值下降。这样一来,就存在最优写入光功率以及最优磁畴尺寸。E. L. Otter 等人从实验上证明,在常温(23 °C)环境下盘片最优写入光功率 P 与光脉宽 τ 满足关系式

$$P_{ow} = 75 \left(\frac{1}{\tau_p} + \frac{1}{\sqrt{\tau_p}} \right) \quad (1)$$

其中 $\tau_p = 10 \sim 70$ ns。

根据有关分析结果:在热磁写入过程中,膜面各点温度随环境温度变化产生涨落,使磁畴相应产生伸缩^[2]。不难发现,当环境温度变化时,用特定温度下的最优光功率写入的磁畴,其尺寸将偏离最优尺寸,盘片读出性能也可能退化。也就是说,常温环境下最优记录光功率与光脉宽的关系在其它环境温度下是不适用的。为保证宽温磁光盘系统的读出性能,研究环境温度对最优写入功率的影响,建立不同环境温度下最优写入光功率与光脉宽的关系式是十分必要的。

2 瞬态温度场数学模型

本文分析的磁光盘结构如图 1 所示,各层膜的光学、热学特性参见表 1。

根据固体传热学理论,盘片写入介质层的温度分布 $T(x, r, t)$ 可用如下二阶偏微分方程描述

$$\rho C \frac{\partial T(x, r, t)}{\partial t} = k \nabla^2 T(x, r, t) + Q(x, r, t)$$

其中, ρ 、 C 和 k 分别为介质材料的密度、比热和导热系数, Q 为内热源功率体积密度。利用有限

单元法可导出盘片介质层的瞬态温度场模型如下

$$T_t = \left(2G + \frac{3}{\Delta t}F\right)^{-1} (2P_t + P_{t-\Delta t}) + \left(2G + \frac{3}{\Delta t}F\right)^{-1} \left(\frac{3}{\Delta t}F - G\right) T_{t-\Delta t} \quad (2)$$

由(2)式看到,盘片 t 时刻的温度分布取决于前一刻的温度场 $T_{t-\Delta t}$,与材料性质有关的系数矩阵 G , F ,以及边界条件 P_t 和 $P_{t-\Delta t}$ 。

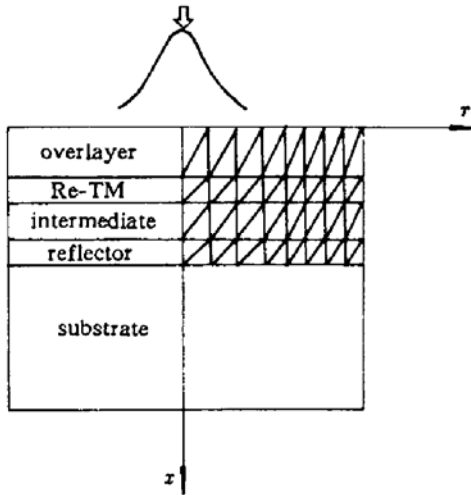


Fig. 1 Layered magneto-optical recording structure

Table 1 Optical and thermal parameters of materials used in examples

Materials	Reflectivity	TC	DSH
Overlayer (Intermediate)	0.04	1.5	1.9
Re-TM	0.50	40	3.2
Reflector	0.84	240	2.67
Substrate	0.04	1.1	2.1

TC: Thermal Conductivity (W/m/K)

DSH: Density \times specific heat (10^6 J/m³/K)

作者在文献[2]中对该模型进行了详细推导,并编写了专用分析程序,该程序可针对不同写入条件,对多层膜结构盘片的瞬态温度场进行模拟。

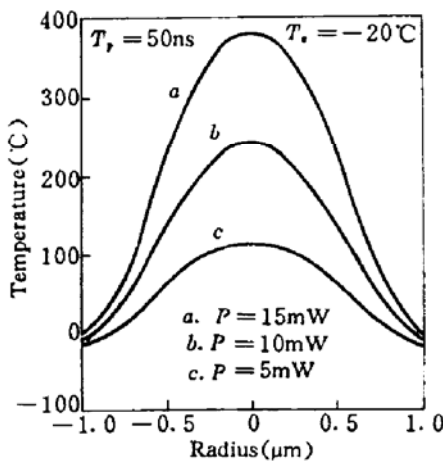


Fig. 2 Radial temperature distribution in the magnetic film for various writing power, at an ambient temperature of -20°C

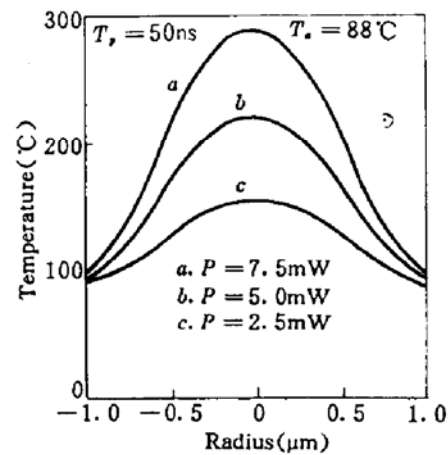


Fig. 3 Radial temperature distribution in the magnetic film for various writing power, at an ambient temperature of 88°C

3 最优写入功率与光脉宽的关系

利用数值分析方法研究不同环境温度下,写入光功率与膜面温升的关系得到图 2、图 3 和表 2。图 2 给出了环境温度为 -20°C 时,不同写入光功率作用下(光脉宽 $T_p = 50\text{ns}$ 不变),磁性层温度沿径向分布的规律。相应地,图 3 为环境温度为 88°C 时,不同功率作用后,磁性层温度分布规律。与各曲线对应的写入功率如图中所标,这里环境温度的取值具有任意性。表 2 列

出了具体数值计算结果,其中 r 为半径, T 为膜面温度, ΔT 为温升, $R_T = \Delta T/\Delta P$, 为单位功率温升。

Table 2 Data obtained by numerical analysis

$T_a = -20\text{ }^\circ\text{C}$					$T_a = 88\text{ }^\circ\text{C}$				
P (mW)	r (μm)	T ($^\circ\text{C}$)	ΔT ($^\circ\text{C}$)	R_T ($^\circ\text{C}/\text{mW}$)	P (mW)	r (μm)	T ($^\circ\text{C}$)	ΔT ($^\circ\text{C}$)	R_T ($^\circ\text{C}/\text{mW}$)
5	0.0	113	133	26.6	2.5	0.0	154	66	26.4
	0.5	62	82	16.4		0.5	129	41	16.4
	1.0	-15	5	1.0		1.0	90	2	0.8
10	0.0	245	265	26.5	5.0	0.0	221	133	26.6
	0.5	143	163	16.3		0.5	170	82	16.4
	1.0	-10	10	1.0		1.0	93	5	1.0
15	0.0	378	398	26.5	7.5	0.0	287	199	26.5
	0.5	225	245	16.3		0.5	210	122	16.3
	1.0	-5	15	1.0		1.0	95	7	0.93

分析数值计算结果得到如下结论(参见图 2 和图 3):

(1) 磁性层受光照射时,膜面各点产生的温升 ΔT 随写入光功率的提高而增大。当膜面入射光功率线性增长时,磁性层各点产生的温升也呈线性变化趋势,即对于膜面某一点存在 $\Delta T/\Delta P = \text{常数}$ 。

(2) 尤其值得注意的是(参见表 2),磁性层某一点的 R_T 值基本不随环境温度变化。

B. J. Bartholomeusz^[3] 等人研究常温环境下 Re-TM 磁性写入层温度分布规律与写入光功率的关系得到了类似结果。

综上所述,环境温度变化时,可以通过调节写入光功率大小达到保持写入磁畴尺寸不变的目的。基于上述结论可导出不同环境温度下最优写入光功率与光脉宽的关系式

$$P_{ow}(T_a) = 75 \left(\frac{1}{\tau_p} + \frac{1}{\sqrt{\tau_p}} \right) \left(1 - \frac{T_a - 23}{T_{th} - 23} \right) \quad (3)$$

式中, T_{th} 为盘片的写入温度阈值, T_a 为环境温度。

有待指出,上式的导出基于写入材料的光学特性、热学特性(如 R , ρC 和 k) 不随温度变化,以及在写入光脉冲作用过程中基片吸收热和膜面散失热可忽略不计,另外认为盘片的初始温度为环境温度。

4 实验结果及结论

为了验证理论分析的正确性进行了如下实验。实验装置如图 4 所示,对于某一初始温度的样品用不同的光功率写入多次,利用 CCD 探测头获取磁畴图像并送计算机处理,经分析后得到最优写入光功率值。图 5 给出了理论分析结果和实验结果,其中点表示实验测试结果。与曲线 a, b 对应的光脉冲宽度分别为 50 ns 和 70 ns。实验中所用盘片的结构及材料为 AlN/TbFeCo/AlN/Al/Glass。由图可知理论分析结果和实验结果基本相符。另外从实验中发现为了满足(3)式成立的条件,写入光功率须大于 7 mW,而且环境温度的变化梯度不能过大。

本文利用有限单元法研究了环境温度、写入光功率、磁光盘膜面温度分布三者间的关系,

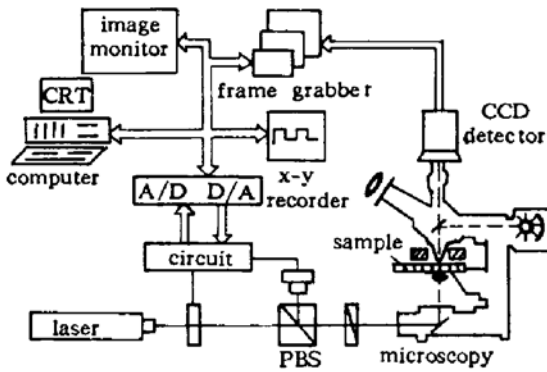


Fig. 4 Schematic diagram of the experimental system

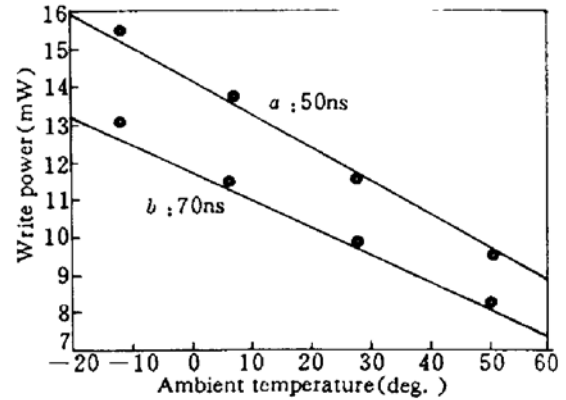


Fig. 5 Optimum writing power as a function of ambient temperatures

发现单位写入光功率产生的温升基本不随环境温度变化。进而导出了宽温环境下最优写入光功率与光脉宽的关系式,该关系式为深入研究宽温磁光盘机写入光功率的控制方法提供了依据。

参 考 文 献

- 1 E. L. Otter, B. I. Finkelstein. Optimum Laser Power and Pulse Length for Recording of Magneto-optical Media. *J. Appl. Phys.*, 1990, **67**(9): 5325~5327
- 2 曹丹华, 阮 玉. 宽温环境下磁光盘瞬态温度场的研究. *中国激光*, 1993, **20**(5): 365
- 3 B. J. Bartholomeusz. Thermomagnetic Marking of Rare-earth-transition-metal Thin Films. *J. Appl. Phys.*, 1989, **65**(1): 262~268

Optimization of Writing Power of Magneto-optical Disks at Different Ambient Temperatures

Cao Danhua Wu Yubin Ruan Yu Zhu Ping

(Department of Optoelectronics Engineering, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074)

Abstract With a finite-element method, the relationships among ambient temperature and writing power, as well as the temperature distribution in the magneto-optical (MO) film are discussed. On the basis of a numerical analysis, the optimum recording condition adapted for different ambient temperatures is derived. Also, the analysis presents an access for optimizing the readout characteristics of MO disks at different ambient temperatures.

Key words magneto-optical storage, instantaneous temperature distribution, writing power, domain