

Bi 代石榴石磁光膜/金属反射层/玻璃 多层结构磁光盘的优化设计

钟智勇 王豪才 陈伟元

(电子科技大学 CAE 中心, 成都 610054)

提要 从磁光读出和热磁写入两者结合的角度提出一个新的优化目标函数,并用其完成了 Bi 代 DyGaIG/金属反射层/玻璃多层结构磁光盘的优化设计。结果表明新优化目标函数更具实际意义。

关键词 磁光盘, Bi 代石榴石, 薄膜, 优化设计

1 引言

由于以 TbFeCo 为代表的稀土过渡(RE-TM)族磁光记录薄膜,磁光效应弱,稀土元素昂贵且易氧化,人们致力于新一代磁光记录介质的研究。Bi 代石榴石磁光膜具有大的磁光法拉第效应和良好的化学稳定性,被认为是最具有希望的竞争者之一^[1~3]。

研究介质膜与磁光膜的匹配,进而进行优化设计,这对提高磁光读出性能无疑是重要的,然而国内外学者在进行优化设计时都只考虑了多层膜之间的光学增强效应^[3~8]。我们认为,作为磁光记录薄膜,忽视其热学效应,即热磁写入对记录畴的影响,是不合理的,特别是对于 Bi 代石榴石多层结构磁光膜,其反射层除作光学匹配,起光学增强作用外,由于石榴石膜的吸收系数小,还要作热吸收层^[9,10]。因此,本文将从磁光读出和热磁写入两者结合的角度构造优化目标函数,对 Bi 代 DyGaIG/反射层(Al)/Glass 结构的磁光盘进行优化设计。

2 优化目标函数

对于磁光存贮系统,信息的存取涉及磁光读出和热磁写入两个物理过程。为了提高磁光读出性能,一般采用多层膜来增强磁光效应。对于图 1 所示的磁光差分读出系统, M. Mansuripur 等^[4]已证明其读出信噪比 SNR 正比于品质因子 F , 而

$$F = R \sin^2(2\theta) \cos^2(2T) \quad (1)$$

式中 R 是磁光盘的反射率, θ 是有效偏转角(克尔角或法拉第角), T 是椭圆度的反正切值。

如果只从磁光读出的角度考虑,要提高磁光读出性能,就必须提高信噪比。从优化的角度来说,以品质因子 F 为目标函数是合理的,有很多学者^[4~8]已将此用于 RE-TM 为记录介质的多层结构磁光盘的优化设计。

我们认为,作为磁光记录薄膜,忽视其热学效应,即热磁写入对记录畴的影响,是不合理

的,特别是对于 Bi 代石榴石多层结构磁光膜,其反射层除作光学匹配,由于石榴石膜的吸收系

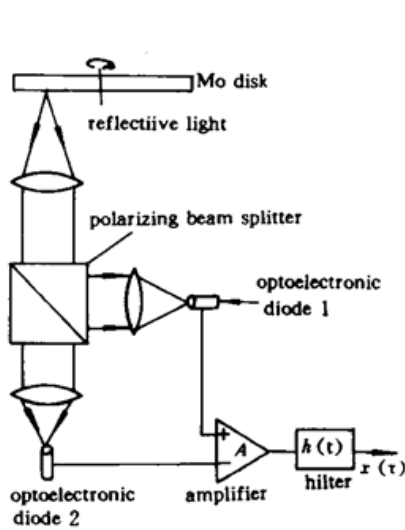


Fig. 1 Differential readout system of MO recording

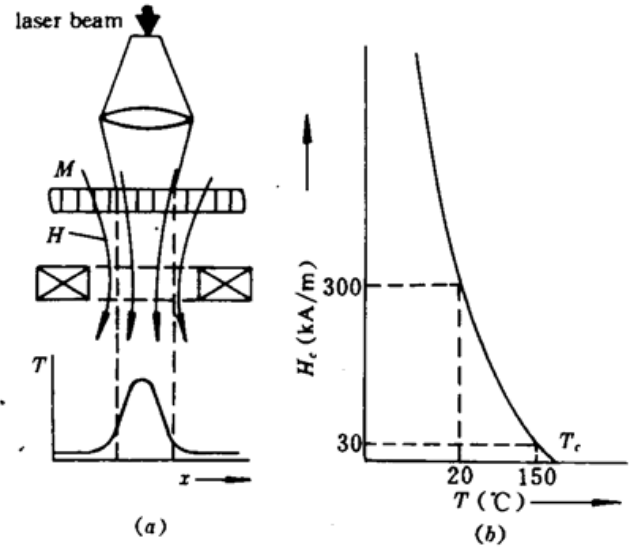


Fig. 2 Principle of thermomagnetical writing

数小,还要作热吸收层。所以,反射膜对热磁写入畴的质量有影响,由此影响信息存贮的可靠性及读出信噪比。根据磁光记录的热磁写入原理,如图 2 所示,当聚焦激光束加热磁层后,受加热的磁层,在外加磁场大于磁层的矫顽力时,磁矩便翻转。必须提出的是,由于温度升高时,其矫顽力亦将下降且下降值较大,由此可见,记录畴的尺寸和均匀性(Regularity)将与记录层中的温度梯度 ΔT 密切相关^[11]。显然, ΔT 越大,其记录畴越好,当然,记录区域的温度应保证大于居里点温度或补偿点温度,我们把这一限制作为优化的约束条件。

所以,我们提出的优化目标函数是

$$F_{opt} = aR\sin^2(2\theta)\cos^2(2T) + \beta\Delta T = aF + \beta\Delta T \quad (2)$$

式中 a, β 是加权因子,且 $a + \beta = 1, a, \beta$ 的值由 Карпелевич 等提出的 α -方法^[12]确定。

3 结果与讨论

我们以(2)式为优化目标函数,对如图 3 所示的 Bi 代 DyGaIG/Al/Glass 结构的磁光盘进行了优化设计。表 1 是磁光盘各层的光学和热学常数(设激光束波长是 510 nm)。

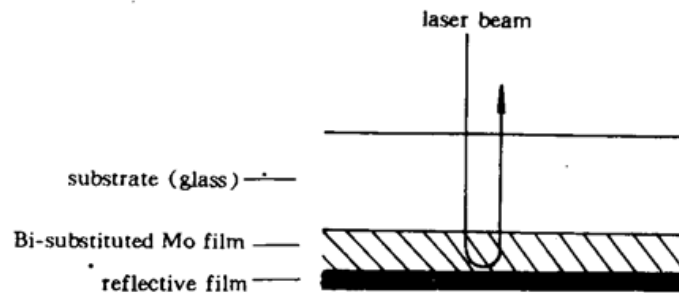


Fig. 3. Structure of optimized MO disks

为了在较宽的范围内求得目标函数的极值点,我们采用了在光学薄膜自动设计实践中广泛采用的统计法^[13],先在大范围寻优,找出数个极值区域,然后用单纯形调优法^[12]分别在各极值区域里寻优,找出最优值。表 2 给出了采用(1)式和(2)式为优化目标函数的两种优化结果。

Table 1 Thermal and optical properties used for the calculations

Materials	$n - ki$	$s_{r,p} (\times 10^{-2})$	Thermal	Specific heat	Heat absorption
			Conductivity (W/m · K)	conductivity (10^6 J/cm ³ · K)	coefficient (μm^{-1})
Bi-substituted DyGaIG	2.97 - 0.15i	-7.59 + 2.8i	6.0	3.00	0
Al reflective film	0.62 - 4.80i		202	2.36	65
Glass	1.52		1.1	3.00	0

从优化结果并结合图 4 可以看出,采用(2)式作优化目标函数,为了取得最优值,Al 反射膜的厚度较(1)式作优化目标函数有所减小,这有利于提高温度梯度(在入射激光的功率为 10 mW,脉冲宽度为 100 ns 时,经(1)式优化的磁光盘,有限元计算的温度梯度 $\Delta T = 230$ °C/ μm ,而(2)式优化的磁光盘,其 $\Delta T = 342$ °C/ μm),同时计算结果也显示 Al 膜厚度的减少,将引起品质因子 F 的稍许下降,这是由于我们提出的优化目标函数是一个多目标函数,其优化值是各子目标函数的综合反映,这说明新的优化目标函数综合考虑磁光读出和热磁写入两个过程,其优化结果反映了热磁写入的影响。该结果与我们用有限元法的计算结果是一致的,如图 4 所示。从图 4 可以看出,在我们讨论的磁光盘中,Al 反射膜起了热吸收的作用,记录层的温度与 Al 层厚度密切相关,要取得好的热学特性,反射膜的厚度有一优值。

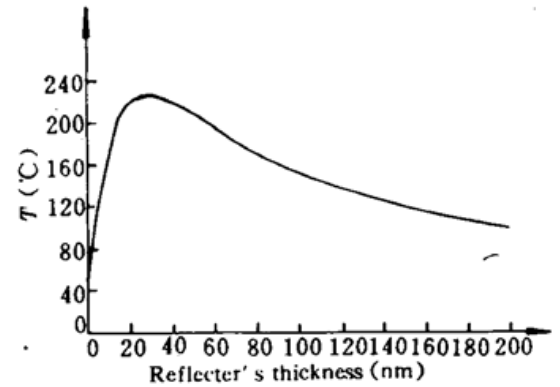


Fig. 4 Al thickness dependence of the writing temperature calculated by finite method at the center of the laser beam, write laser power is 10 mW, pulse duration is 100 ns, and the ambient temperature is 20 °C

Table 2 Results of optimization

Materials	Results of optimization	
	(1)	(2)
Bi-substituted DyGaIG	220.0 nm	229.3 nm
Al reflective film	56.7 nm	28.9 nm
Glass	massive	massive

4 结 论

本文从磁光读出和热磁写入两个过程结合的角度提出了一个新的优化目标函数,不但考虑了反射率、偏转角及椭圆度对信噪比的影响,而且还考虑了激光束热效应的影响,它更加全面地反映了对读出性能的影响因素,因而更具实际意义,其优化结果也反映了这一点。

参 考 文 献

- 1 M. Abe, M. Gomi. MO Recording on Garnet Films. *J. of Magnetism and Magnetic Materials*, 1990, 84: 222
- 2 J. L. Deschanres, M. Langle, B. Bochu *et al.*. Growth of Bi-substituted YIG Thin Films for Magneto-optic

- Application. *J. of Magnetism and Magnetic Materials*, 1991, 101 : 224
- 3 H. Kano. Optimized Structure of Sputtered Garnet Disks. *IEEE Transactions on Magnetics*, 1989, 25(5) : 3737
 - 4 M. Mansuripur, G. A. N. Connel. Signal and Noise in Magneto-optical readout. *J. of Appl. Phys.*, 1982, 53 (6) : 4486
 - 5 唐九耀, 唐晋发. 多层结构磁光记录介质的光学特性. *电子计算机外部设备*, 1988, (2) : 52.
 - 6 Ping He. Optimization of Quadrilayer Structure for Various Magneto-optical Recording Materials. *SPIE*, 1991, 1449, Optical Data Storage : 272
 - 7 S. D. Bader. Magneto-optic Multilayers. *SPIE*, 1992, 1663, Optical Data Storage : 374
 - 8 R. Atkinson. Design of Magneto-optic Phase-optimised Tri-layer Systems for the Enhancement of the Polar Kerr Effect. *J. of Magnetism and Magnetic Materials*, 1993, 124 : 178
 - 9 A. H. M. Holstag. Calculation on Temperature Profiles in Optical Recording. *J. of Appl. Phys.*, 1989, 66 : 150
 - 10 M. Kenny, I. Z. Rahaman, M. A. Rahman *et al.*, Thermomagnetic Recording in Ferrimagnetic Garnets. *J. of Magnetism and Magnetic Materials*, 1993, 120 : 265
 - 11 Bo Liu, W. W. Clegg, C. D. Wright. An Analysis of the Thermal Characteristics of Magnetic Field Modulation Method of Magneto-optical Recording. *J. of Magnetism and Magnetic Materials*, 1993, 120 : 259
 - 12 薛履中. 工程优化技术. 天津: 天津大学出版社, 1988. 101, 283
 - 13 唐晋发, 郑 权. 应用薄膜光学. 上海: 上海科技出版社, 1984. 435

Optimization Design of Bi-substituted Garnet Film/Metal Reflective Layer/Glass Multilayered Magneto-optical Disks

Zhong Zhiyong Wang Haocai Chen Weiyuan

(CAE Center, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054)

Abstract Bi-substituted garnet films are most promising of the next generation of the magneto-optical recording medium. In this paper we present the construction of a new optimization objective function, which combines readout and thermal writing in a magneto-optical recording process. The method proposed is succeeded in the optimization design of magneto-optical disks, the structure of which is Bi-substituted DyGaIG/metal reflective layer(Al)/Glass. The result shows that the new optimization objective function would have more realistic significance.

Key words magneto-optical disks, Bi-substituted garnet, films, optimization design