

# 一种新型磁光盘驱动器 光学头光学系统

熊胜明 林大键

(中国科学院光电技术研究所, 成都双流)

## 提 要

本文叙述了一种新型磁光盘驱动器光学头的光学系统, 并从理论上阐明了磁光信息读取的基本原理。该系统改善了光学系统性能, 减少了系统噪声, 提高了光能利用率, 并用于  $5\frac{1}{4}$  吋的磁光盘驱动器开发研究, 获得读取信息的信噪比优于 50dB 的结果。  
关键词: 光学头; 磁光盘。

## 一、引 言

使在试验台上用于磁光盘信息的读写光学试验系统成为实用的可擦重写光盘驱动器的光学头, 应改善光学系统性能<sup>[1]</sup>, 提高光能利用率, 使光学元件易于安装调试, 以实现快速寻道和光学头小型化之目的。

目前, 磁光盘驱动器光学头大多采用半导体激光二极管 LD 作光源, 其输出功率为 20~30 mW。它的发光特性对光学系统的读取性能影响很大。在磁光头中, 激光二极管应基本上无像散, 低功率输出时, 除了需要的光谱线外, 不应有其它谱线和背景光。否则系统噪声很大。另外, 光盘和光学元件引起的双折射对改善 CNR 有影响<sup>[2]</sup>。

在选用性能优良的激光二极管时, 光学系统布局需要解决的问题是: 1. 提高光能利用率; 2. 减少光学零件表面反射的杂光进入探测器; 3. 外型尺寸紧凑, 尤其是作为调焦和道跟踪用的运动光学件尺寸应尽量小; 4. 设法消除双折射对 CNR 的影响。

针对上述问题, 本文提出了一种新型磁光盘光学系统。此系统具有分离结构, 消除了杂光噪声、提高了光能利用率。取得了较好的信噪比。

## 二、一种新的磁光盘光学系统

磁光盘光学系统结构如图 1 所示。该系统由两部分组成: 一部分固定; 一部分可动。反射镜 15 和聚焦物镜 16 加二维执行机构构成可动部分, 由小车驱动, 以减轻可动部分重量, 实现快速寻道, 二维执行机构实现自动调焦和道跟踪微动。其它部件固定。

在光学系统中, 半导体激光器 LD1 发出水平方向的偏振光, 经准直物镜 2, 扩束整形棱

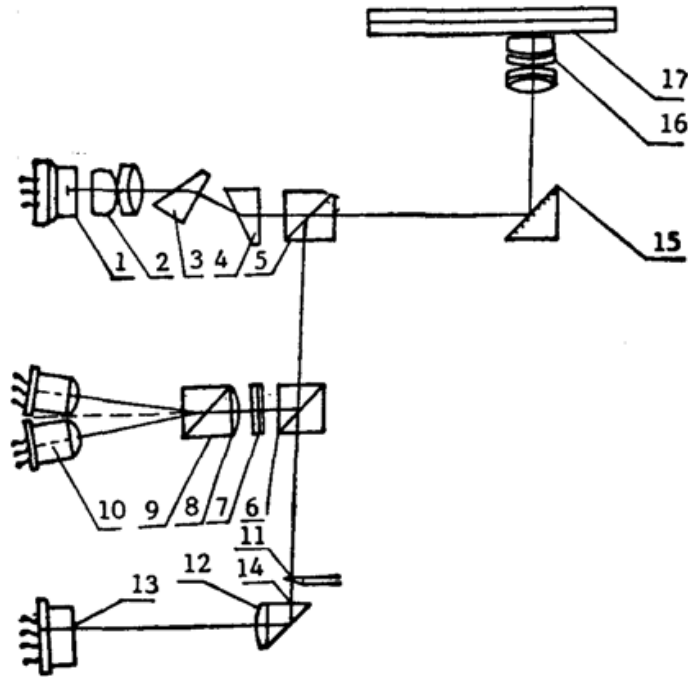


Fig. 1 New magneto-optic head

1. laser diode; 2. collimating lens; 3, 4. beam shaping prism; 5. polarized beam splitter (PBS<sub>1</sub>); 6. polarized beam splitter (PBS<sub>2</sub>); 7. half-wave plate; 8. spherical lens; 9. wollaston prism; 10. PIN photodiode; 11. knife edge; 12. cylindrical lens; 13. quadrant detector; 14. reflector; 15. reflector; 16. focus lens; 17. optical disk

镜 3、4, 偏振分光棱镜 5, 反射镜 15, 聚焦物镜 16 到达光盘的磁光介质膜上, 构成写擦光路。从光盘上反射携带信息的光经偏振分光棱镜 5, 6, 波片 7, 平凸透镜 8 和握拉斯顿棱镜 9 胶合件到达两个 PIN 光电二极管上, 构成光信息的读取光路。另一路透过偏振分光棱镜 6, 刀口 11, 反射镜 14 和柱透镜 12 胶合件到达四象限探测器构成调焦和道跟踪伺服光路。此路只用一个四象限探测器 13, 获得聚焦伺服信号<sup>[3]</sup>和道跟踪伺服信号<sup>[4]</sup>。

### 三、光信息的读取方法

在图 1 中用改变半导体激光器的输出功率来实现光学系统写、擦和读取信息功能, 激光聚焦到磁光膜上, 根据克尔磁光效应再生信息。设激光偏振态为  $E_p$ , 由于克尔效应等光学效应光盘反射光  $E'_i$  为椭圆偏振光, 椭圆偏振光对读取信息的 ONR 有影响<sup>[1, 2]</sup>。因此在 PBS<sub>2</sub> 前加一补偿片, 使  $E'_i$  变为线偏振光  $E_i$ 。设  $E_i$  与  $E_p$  夹角为克尔转角  $\theta$ 。在新的光学系统中采用差动探测来获取光信号, 此方法具有高的共模抑制比, 运转点有较好的信噪比。

把偏振光  $E_i$  分解为互相垂直的两部分  $E_p$  和  $E_s$ 。  $|E_p| = |E_i| \cos \theta$ ,  $|E_s| = |E_i| \sin \theta$ ,  $E_s$  是由克尔效应, 双折射和其它光学效应引起。使用握拉斯顿棱镜把  $E_i$  分为相互垂直的光矢  $E_o$  和  $E_e$ , 分别投射到两个 PIN 光电二极管上, 两个光电管产生的光电流作为前置放大器电流源。

图 2 表示在坐标系统中  $E_p$ ,  $E_s$  的探测系统。原偏振光  $E_p$  与探测器 A 之夹角为  $\varphi$ , 由于握拉斯顿棱镜作用, 探测器 B 与  $E_p$  夹角为  $90^\circ - \varphi$ 。图 3 为电路探测系统。

反射光  $E_i$  经握拉斯顿棱镜的光矢如图 4 所示。  $E_p$ ,  $E_s$  用复振幅表示。  $E_p = E_{p0}$ ,

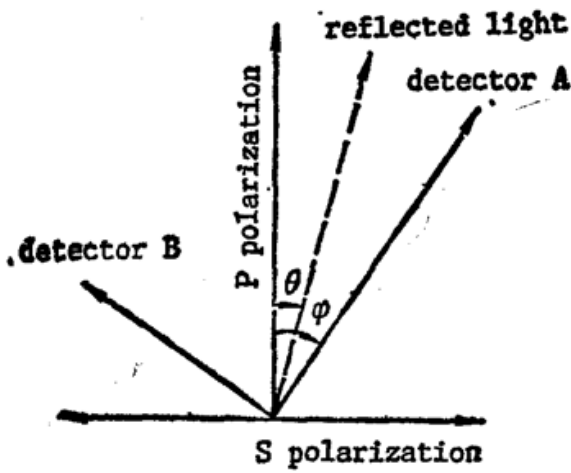


Fig. 2 Optics of the detection system

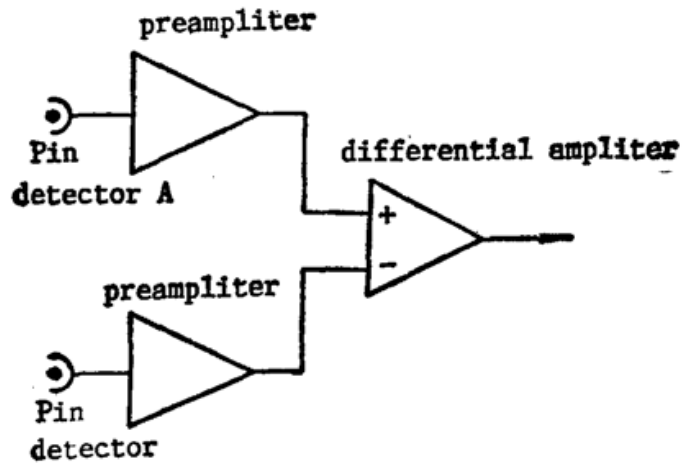


Fig. 3 Electronics of the detection system

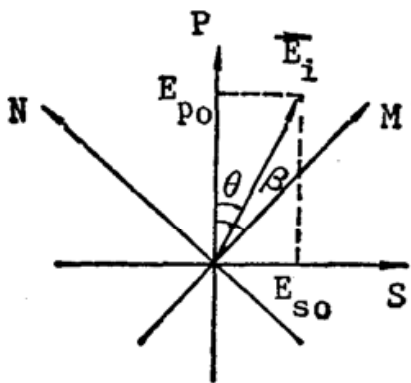


Fig. 4

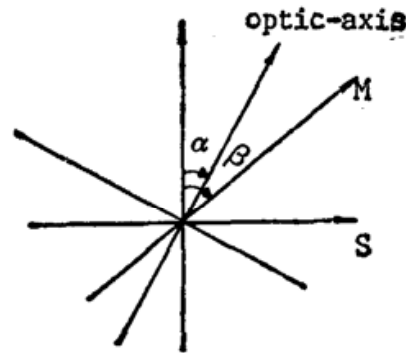


Fig. 5

$$E_s = E_{s0} e^{i\theta_{sp}}$$

对于正 $+\theta$ 偏振光 $\theta_{sp}=0$ , 对 $-\theta$ 偏振光 $\theta_{sp}=\pi$ 。图4中M为握拉斯顿棱镜前片主截面方向,N为握拉斯顿棱镜后主截面方向,且M垂直于N,设 $E_p$ 与M之夹角为 $\beta$ ,可计算得到M方向上透过的到达光电探测器A上的光强 $I_{MA}$ ,

$$I_{MA} = E_{p0}^2 \cos^2 \beta + E_{s0}^2 \sin^2 \beta + E_{p0} E_{s0} \sin 2\beta \cos \theta_{sp} \quad (1)$$

在N方向上透过的到达光电探测器B上光强 $I_{NB}$

$$I_{NB} = E_{p0}^2 \sin^2 \beta + E_{s0}^2 \cos^2 \beta - E_{p0} E_{s0} \sin 2\beta \cos \theta_{sp} \quad (2)$$

差动输出信号 $\Delta I = I_M - I_N$ 。

$$\Delta I = E_{p0}^2 \cos 2\beta - E_{s0}^2 \cos 2\beta + 2 E_{p0} E_{s0} \sin 2\beta \cdot \cos \theta_{sp} \quad (3)$$

当光信号从 $-\theta$ 角变为正 $\theta$ 角,差分信号量 $v_0$ 为

$$v_0 = K (\Delta I_{+\theta} - \Delta I_{-\theta}) = K \cdot 4 E_{p0} E_{s0} \sin 2\beta \quad (4)$$

K为转换系数, $v_0$ 为电压。当 $\beta = \pm \pi/4$ 时,可获得最大信息。在握拉斯顿棱镜前加波片,旋转偏振矢量 $E_i$ ,产生相位差 $\delta$ ,对p光和s光分别进行计算,设波片光轴与p光成 $\alpha$ 角。如图5所示,p光经波片,握拉斯顿棱镜在M方向上透过的复振幅 $E_{pM} = E_{p0} \cos \alpha \cdot e^{i\delta} \cos(\beta - \alpha) - E_{p0} \sin \alpha \cdot \sin(\beta - \alpha)$ 。

s光在M方向上透过的复振幅 $E_{sM} = E_{s0} \sin \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha) e^{i(\delta + \theta_{sp})} + E_{s0} \cos \alpha \sin(\beta - \alpha) e^{i\delta}$ , M方向上复振幅为 $E_M = E_{pM} + E_{sM}$ 。光强 $I_M = E_M \cdot E_M^*$

$$I_M = E_{p0}^2 [\cos^2 \alpha \cdot \cos^2(\beta - \alpha) + \sin^2 \alpha \cdot \sin^2(\beta - \alpha)] + E_{s0}^2 [\cos^2 \alpha \cdot \sin^2(\beta - \alpha)$$

$$\begin{aligned}
& + \sin^2 \alpha \cos^2(\beta - \alpha)] - \frac{E_{p0}^2 - E_{s0}^2}{2} \sin 2\alpha \cdot \sin 2(\beta - \alpha) \cdot \cos \delta \\
& + E_{p0} E_{s0} [\sin 2\alpha \cos 2(\beta - \alpha) + \cos^2 \alpha \cdot \sin 2(\beta - \alpha) \cos(\delta - \theta_{sp}) \\
& - \sin^2 \alpha \cdot \sin 2(\beta - \alpha) \cos(\delta + \theta_{sp})]。 \quad (5)
\end{aligned}$$

同理  $N$  方向上透光强  $I_N$

$$\begin{aligned}
I_N &= E_{p0}^2 [\cos^2 \alpha \cdot \sin^2(\beta - \alpha) + \sin^2 \alpha \cdot \cos^2(\beta - \alpha)] + E_{s0}^2 [\cos^2 \alpha \cdot \cos^2(\beta - \alpha) \\
& + \sin^2 \alpha \cdot \sin^2(\beta - \alpha)] + \frac{E_{p0}^2 + E_{s0}^2}{2} \cdot \sin 2\alpha \cdot \sin 2(\beta - \alpha) \cdot \cos \delta \\
& - E_{p0} \cdot E_{s0} [\sin 2\alpha \cdot \sin 2(\beta - \alpha) \cos \theta_{sp} + \cos^2 \alpha \cdot \sin 2(\beta - \alpha) \cdot \cos(\delta - \theta_{sp}) \\
& - \sin^2 \alpha \cdot \sin 2(\beta - \alpha) \cos(\delta + \theta_{sp})]。 \quad (6)
\end{aligned}$$

由方程(5)、(6)知,  $\pm\theta$  偏振光在  $M$ 、 $N$  方向上分配不一样, 差动探测信号为  $\Delta I = I_M - I_N$

$$\begin{aligned}
\Delta I &= (E_{p0}^2 - E_{s0}^2) (\cos^2 2\alpha + \sin^2 2\alpha \cdot \cos \delta) \\
& + 2E_{p0} E_{s0} [\sin 2\alpha \cdot \cos 2\alpha \cdot \cos \theta_{sp} + \sin^2 \alpha \cdot \sin 2\alpha \cdot \cos(\delta + \theta_{sp}) \\
& - \cos^2 \alpha \cdot \sin 2\alpha \cdot \cos(\delta - \theta_{sp})]。 \quad (7)
\end{aligned}$$

差动探测信号量

$$v_0 = K(\Delta I_{+\theta} - I_{-\theta}) = 4K \cdot E_{p0} \cdot E_{s0} \cdot \sin 4\alpha \cdot \sin \frac{\delta}{2}。 \quad (8)$$

为获取光盘最大信息, 显然  $\alpha = \pm\pi/2$ ,  $\delta = \pi$  时(8)式得最大值, 这说明光路中选用半波片比四分之一波片好。

#### 四、光能传输及测量

在图1光路系统中, 半导体激光器的发射功率为  $I$ , 准直物镜透过率为  $T_c$ , 聚焦物镜透过率为  $T_f$ , 整形棱镜组透过率为  $T_{sp}$ , PBS<sub>1</sub> 的  $p$  光反射率  $R_{p1}$ , 透过率  $T_{p1}$ ,  $s$  光反射率为  $R_{s1}$ 。PBS<sub>2</sub> 的  $p$  光反射率为  $R_{p2}$ , 透过率  $T_{p2}$ ,  $s$  光反射率  $R_{s2}$ 。其中设  $s$  光在 PBS<sub>1</sub>, PBS<sub>2</sub> 中反射率为 100%, 其余光学元件全部透过。光盘反射率为  $R$ 。从激光二极管发射到达光盘上的激光功率  $I_{disk}$ 。

$$I_{disk} = T_c \cdot T_{sp} \cdot T_{p1} \cdot T_f \cdot I。 \quad (9)$$

从光盘上反射的光到四象限探测器上的激光功率为  $I_{QD}$ 。

$$I_{QD} = \frac{1}{2} (R \cdot T_f \cdot R_p \cdot R_{p2}) \times I_{disk} \quad (10)$$

设握拉斯顿棱镜方位角为  $\pi/4$ , 从光盘上反射的光到达光电探测器  $A$  和探测器  $B$  的光量  $I_a$ 、 $I_b$ 。

$$I_a = \frac{1}{2} R \cdot I_{disk} \cdot (R_{p1} R_{p2} \cos^2 \theta + R_{s1} R_{s2} \sin^2 \theta + \sqrt{R_{p1} R_{p2} R_{s1} R_{s2}} \cdot \sin 2\theta) \quad (11)$$

$$I_b = \frac{1}{2} R \cdot I_{disk} \cdot (R_{p1} R_{p2} \cos^2 \theta + R_{s1} R_{s2} \sin^2 \theta - \sqrt{R_{p1} R_{p2} R_{s1} R_{s2}} \cdot \sin 2\theta)。 \quad (12)$$

差动输出光量  $I_s$

$$\begin{aligned}
I_s &= [I_{a(+\theta)} - I_{b(+\theta)}] - [I_{a(-\theta)} - I_{b(-\theta)}] \\
&= 2R \cdot I_{disk} \cdot \sqrt{R_{p1} R_{p2} R_{s1} R_{s2}} \cdot \sin 2\theta \quad (13)
\end{aligned}$$

实验中各光学元件参数为  $T_c = T_f = 92\%$ ,  $T_{p1} = 61\%$ ,  $R_{p1} = 39\%$ ,  $R_{s1} \geq 99\%$ ,  $R_{p2} = 54\%$ ,  $T_{p2} = 4.6\%$ ,  $R_{s2} \geq 99\%$ ,  $R = 15\%$ ,  $\theta = 0.5^\circ$ ,  $T_{Rp} = 94\%$ 。读取信号时激光输出功率  $I = 2 \text{ mW}$ 。计算值与实测值的光量如表 1 所示。信号光量  $I_s = 2.8 \mu\text{W}$ 。测量值是在  $\text{PBS}_1$  和  $\text{PBS}_2$  右旋  $2.5^\circ$  下进行的。

Table 1 Energy measure

Transimission Path	calculating values	measuring values
From laser diode to disk $I_{disk}$ (mW)	0.97	0.96
From disk to Quadromt detector $I_{QD}$ ( $\mu\text{W}$ )	13.1	12.3
From disk to PW detector A $I_a$ ( $\mu\text{W}$ )	15.9	13.2
From disk to PW detector B $I_b$ ( $\mu\text{W}$ )	14.7	11.8

## 五、改善信噪比的几点措施

我们按图 1 所示的光学系统做实验,发现有如下几个问题。

1. 半导体激光器的像散对读取信号的噪声影响很大。经实测得知,像散大于  $10 \mu\text{m}$  的半导体激光器,产生噪声大约 20 dB。

2. 偏振分光棱镜  $\text{PBS}_1$ , 表面反射光进入探测系统,也增大系统噪声幅度,因为磁光盘介质表面的反射率只有 15%。若偏振分光棱镜两个反射面的反射率为 2%,则背景光与正常信号探测光之比就有  $1/7$ ,降低信噪比约为 5~10 dB。为此,我们把光学系统中偏振分光棱镜  $\text{PBS}_1$  和  $\text{PBS}_2$ ,分别向右旋转  $2.5^\circ \sim 3^\circ$ 。使杂光与信息光分开一个夹角  $\varphi = 2\alpha = 5^\circ \sim 6^\circ$ ,这样杂光就不能进入探测器的接收光敏区。

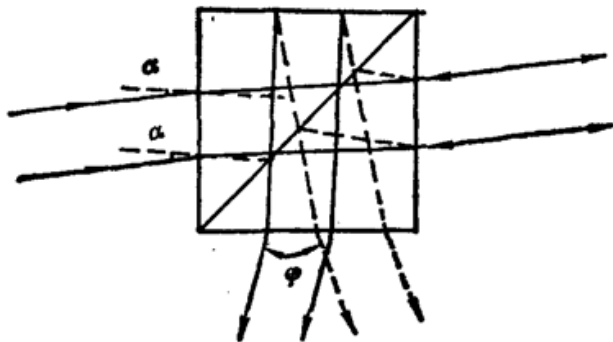


Fig. 6 Separating stray light

如图 6 所示。实线表示携带信息的光,虚线为偏振分光棱镜内反射的杂光。

3. 用握拉斯顿棱镜与一个平凸透镜胶合件代替常用的偏振分光棱镜,以实现偏振光之差分探测。在磁光信号探测中,光学元件消光比对信噪比有影响<sup>[5]</sup>。握拉斯顿棱镜的消光比高于偏振分光棱镜,有利于信噪比的提高。

图 1 所示的光学元件,均为中科院光电所光学车间生产。聚焦物镜 NA 0.55,  $f' = 4 \text{ mm}$ ,重量 0.51 g。准直物镜 NA 0.41,  $f' = 5.51 \text{ mm}$ 。磁光盘为 3M 公司的  $5\frac{1}{4}$  英寸盘。半导体激光器是日立公司生产的型号为 HL 8321G,  $\lambda = 8300 \text{ \AA}$ ,最大输出功率 20 mW。当光盘转速为 1800 rpm。读取信号时,激光输出功率 20 mW,信噪比高于 50 dB。

本实验是作者在加拿大 STM 公司研究中心与 Albertoyi 博士共同完成的,实验系统由中国机械电子工业部第五十四所提供。作者对他们给予的合作,深表谢意。

## 参 考 文 献

- [1] Toshiaki Lwanaga, Satoshi sugaya *et al.*; *Appl. Opt.*, 1988, 27, No. 4 (Feb), 717~722.  
[2] Akira Takahashi, M. Miad *et al.*; *Appl. Opt.*, 1988, 27, No. 14 (Jul), 1863~1865.  
[3] J. J. M. Braat; G. Bouwhuis; *Appl. Opt.*; 1978, 17, No. 13 (Jul), 2013~2021.  
[4] R. R. Shannor, J. C. Wyant; «*Applied Optics and Optical Engineering*», (Optical Science Center, University of Arizona, Tucson, Arizona, Volume IX, 1983), 103.  
[5] Masahiro, Ojima, Atsushi Saito *et al.*; «*Magneto-Optical disk for Coded storage*», (Third International Conference on Optical Mass Data Storage, Los Angeles, California, January, 22~24, 1985), 12~18.

## A new type of optical system in optical head for magneto-optic disk drive

XIONG SHONGMING AND LIN DAJIAN

(*Institute of Optics & Electronics, Academia Sinica, Chengdu*)

(Received 12 June, 1989; revised 12 January 1990)

### Abstract

This paper describes a new type of optical system in optical head for magneto-optic disk drive, expounds theoretical the basic principle for magneto-optic information read out. The system has improved the performonce of optical system reduced optical noise, incrazed efficiency of optical energy. It has been applied to the development for a prototype magneto-optic disk( $5\frac{1}{4}$  inches) drive and the ratio of read out signed-to-noise has been reached more them 50 dB.

**Key words:** optical head; magneto-optic disk.