

采样伺服格式光盘中摆结构的最佳选择

方国荣 沈冠群

(上海市激光技术研究所, 200230)

提要: 本文简要分析了采样伺服光盘的特点, 讨论了不同摆结构对径向误差信号的影响, 从而提出了能获得最大跟踪伺服信号增益的摆结构。

关键词: 采样伺服光盘, 摆结构

Optimization of wobble flag for sampled format optical disks

Fang Guorong, Shen Guanqun

(Shanghai Institute of Laser Technology, Shanghai)

Abstract: Characteristics of sampled format optical disk are analysed briefly, the influence of different wobble flags on the tracking error signal is discussed and a wobble flag structure capable of obtaining the maximum tracking servo signal gain is put forward.

Key words: sampled format optical disk, wobble flag

一、引言

为保证光盘中的记录信息读出信号具有高的准确性及大的调制度, 系统对记录信息跟踪伺服精度有很高要求, 过去大都采用连续槽的光盘, 即在光盘上预刻录一条深度为 $\lambda/8$ (λ 为读出光波长) 并有一定截面形状的螺旋状或同心圆状的沟槽, 数据信息则记录在槽内或台面上, 利用这条预刻槽并通过推挽法或三光束法从差分检测器中获得径向误差信号。这类光盘的数据信号的读出与伺服跟踪信号的获得是同时在同一处进行的, 由此产生的缺点是径向跟踪及调焦等伺服信号易同数据信号相互串扰^[1,2], 连续槽光盘的另一个缺点是由于光路各元件的位移变形、电子线路的零位漂移, 及预刻槽形状的不一致性, 导致差分检测器检测零位的漂移, 使伺服控制产生误差。

鉴于上述原因, 有些光盘制造商又提出了另一种采样伺服格式光盘^[3], 它的基本原理是采用时钟及地址等服务信号与跟踪信号、调焦信号、用户记录数据信号在空间不同区域进行分时采样检测, 如图 1 所示。

这种光盘格式的特点在于数据信号区域与伺服信号区域分开, 避免了它们之间相互干扰的影响。另外, 这种采样格式光盘记录信息的跟踪采用摆结构, 如图 2 所示, 它是在每一跟踪伺服区域内预刻录一对相互在轨迹中心两边错开微小距离的标识槽, 一般在光盘中的每圈螺旋轨迹上刻录 1000~1400 对这些标识槽, 也即每圈采样的次数为 1000~1400 次。当读出光斑

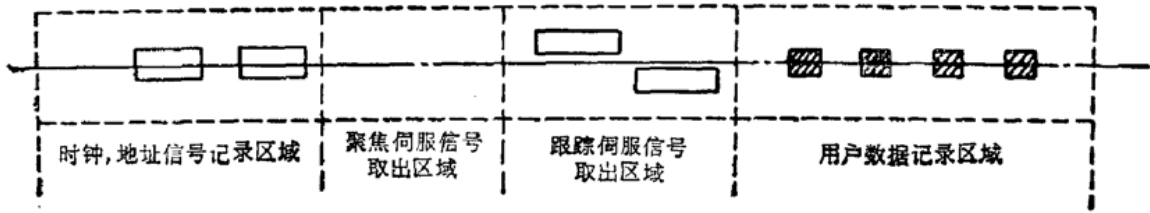


图1 采样格式光盘

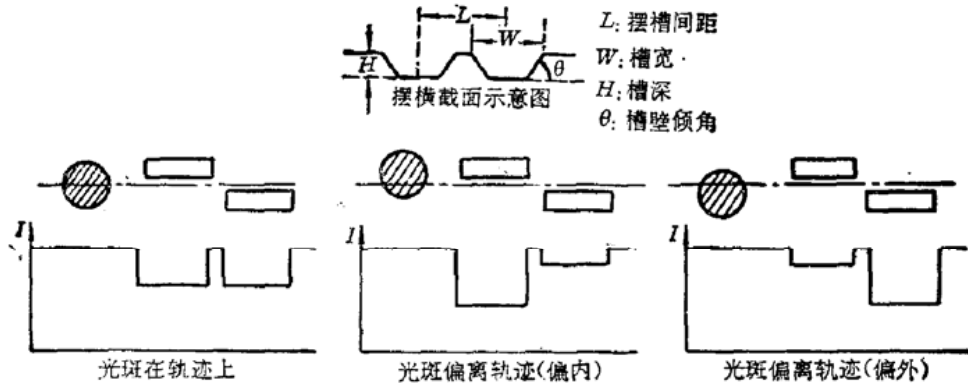


图2 径向误差信号产生原理图

切向扫描此区域时,通过比较两次接收的信号,以获得径向误差信号,即跟踪伺服信号,通过伺服系统调整光斑位置使之一直保持在记录信息轨迹上。显然,利用摆结构可补偿上述提到的道跟踪误差检测系统中的固有误差,并简化了光学元件。

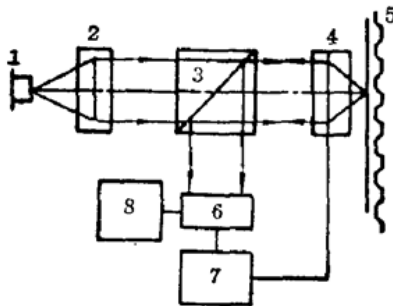


图3 光盘读出系统原理图

- 1—半导体激光器 ($\lambda_0=830\text{ nm}$);
- 2—准直透镜;3—分光系统;4—会聚透镜 ($N\cdot A=0.5$); 5—采样型光盘; 6—检测器; 7—伺服系统; 8—解调系统

对跟踪伺服系统来说,摆结构的槽形及槽间距的不同选择对跟踪精度有很大影响,对摆结构尺寸的选择要求是能够获得最大径向误差检测增益。法国汤姆逊公司,日本日立公司近来先后提出了采样伺服格式光盘,并对这种类型的光盘性质作了一定的分析与讨论,但他们没有对摆结构的最佳选择作进一步讨论。本文根据他们提出的结构,对各种摆结构(改变摆的槽宽 W 、槽深 H 、槽壁倾角 θ 以及槽间距 L 等参数)对检测到的跟踪误差信号影响进行了计算和讨论,并提出了最佳摆结构。

二、理论分析与误差信号表达式

光盘读出系统的原理图如图3所示,采用波长(λ_0)为 830 nm 的半导体激光器作读出光源,发散激光束经准直透镜 L_1 准直后,通过分光棱镜和数值孔径 $N\cdot A=0.5$ 的会聚透镜 L_2 (假设准直光束的光强分布近似均匀),经过折射率 $n=1.5$ 的光盘基板后,形成半最大强度全宽度为 $0.85\ \mu\text{m}$ 的读出光斑聚焦在摆结构或记录信息上。从光盘表面反射回的含有信息的光经分光棱镜投影到检测器上,从而获得径向误差信号及其其它信号,利用径向误差信号并通过电子伺服系统进行记录信息跟踪。

本文利用标量衍射理论来计算讨论。实际上,当会聚透镜 L_2 的数值孔径 $N\cdot A$ 小于 0.5

时,这样计算的结果与矢量严格解符合得相当好^[4,5]。设摆结构是一对对称的梯形槽,它们的反射位相分布系数为 $R(\psi')$,为简便起见,本文忽略了邻近轨迹上的摆结构或者记录信息对检测到的径向误差信号的影响,当读出光斑扫描摆时,检测器先后接收到的信号分别为(具体推导见附录):

$$I_A = \iint_{\sigma} |A_D(v+L/2, x, y)|^2 dx dy \quad (\text{对槽 } A) \quad (1)$$

$$I_B = \iint_{\sigma} |A_D(v-L/2, x, y)|^2 dx dy \quad (\text{对槽 } B) \quad (2)$$

径向误差信号为

$$\Delta S = I_A - I_B = \iint_{\sigma} \{ |A_D(v+L/2, x, y)|^2 - |A_D(v-L/2, x, y)|^2 \} dx dy \quad (3)$$

v 代表光斑偏离轨迹的径向误差值,下标 σ 为检测器探测区域,通过借助于 IBM-PO 计算机的数值计算,得出了本文所讨论的数据结果。

三、结果与讨论

图 4 为摆结构槽深 H 、槽宽 W 、槽壁倾角 θ 及其槽间距 L 与径向误差信号 ΔS 的函数关系曲线(这里 ΔS 代表光点偏离轨迹 $0.1 \mu\text{m}$ 处所获得的径向误差信号幅值),从这些变化曲线中不难得到如下结论:(1),不论在何种槽形下,选择深度 $H = \lambda/4$ 的槽($\lambda = \lambda_0/1.5$)都使径向误差信号达最大;(2),槽壁倾角 θ 在小于 50° 的变化范围内,它的改变对径向误差信号影响不大,要使误差信号有较大的幅值,倾角 θ 要求不小于 50° ,一般最好选择 $70^\circ \sim 90^\circ$ 之间;(3),槽宽 W 应选择在 $0.4 \sim 0.5 \mu\text{m}$ 之间可使 ΔS 达最大,一般稍窄的槽($W = 0.4 \mu\text{m}$),倾角 θ 最好

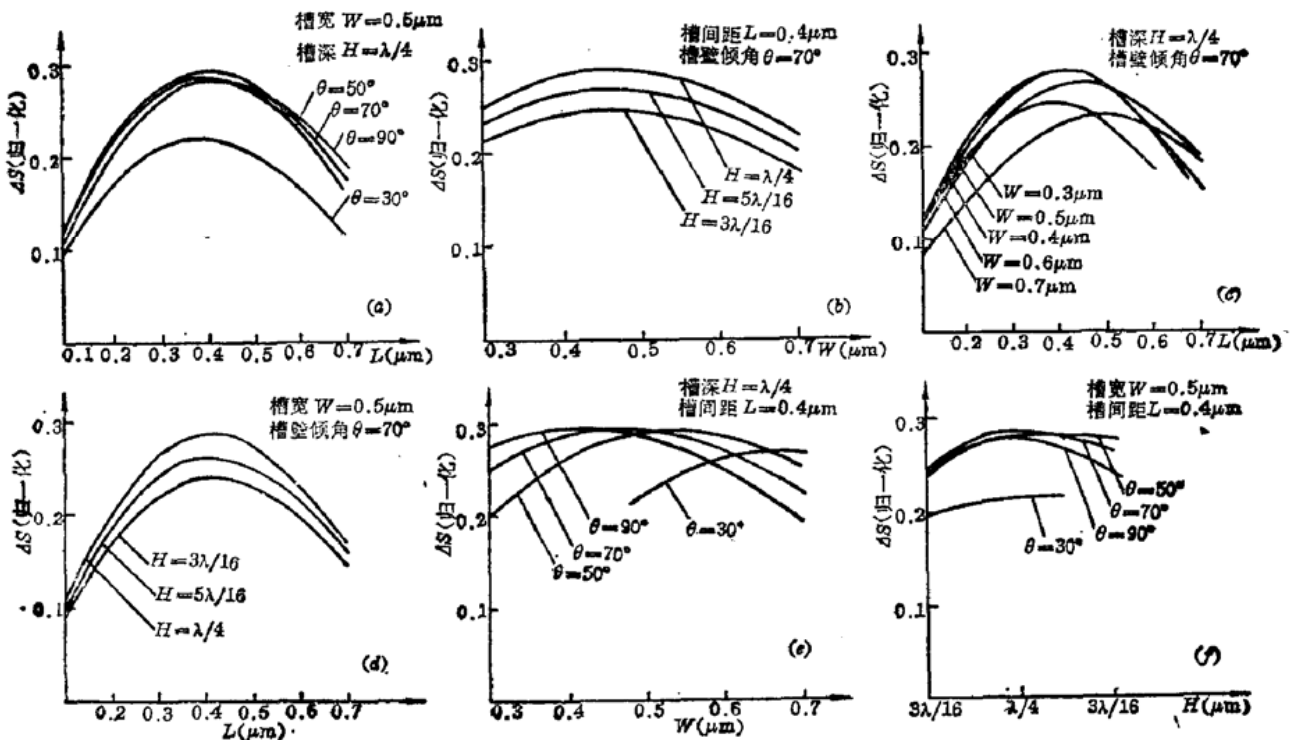


图 4

选择在接近 90° ，而对较宽的槽 ($W=0.5\mu\text{m}$)，倾角 θ 应选择在 70° 左右；(4)，由图 4 系列曲线表明，槽间距 L 对误差信号 ΔS 的影响比其它参数的改变对它的影响要明显大得多，故槽间距是一个十分重要的选择参数，对于上面 (1)~(3) 所选择的槽形，槽间距取 $0.4\mu\text{m}$ 时，径向误差信号可获得最大的幅值。

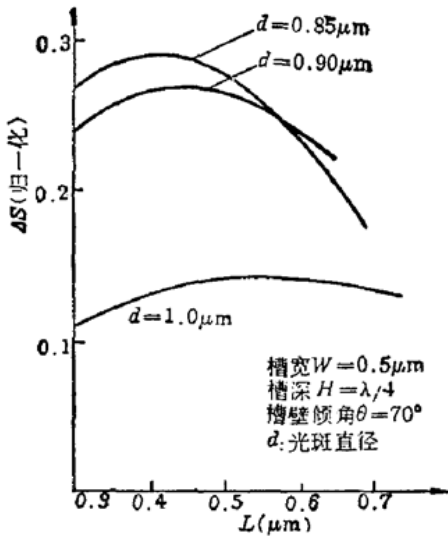


图 5 光斑直径与径向误差信号的关系 结果是：应选择宽度为 $0.6\mu\text{m}$ 、深度为 $\lambda/4$ 的且坑壁倾角接近 90° 的预格式数据尺寸，这样可获得较大的地址或者时钟信息读出信号调制幅值。

考 参 文 献

- 1 Y. Tsunode, *SPIE*, **382**, 24(1983)
- 2 O. Ito, *SPIE*, **529**, 145(1985)
- 3 *Optical Memory News*, 1985, Issue 30
- 4 H. H. Hopkins, *J. Opt. Soc. Am.*, **69**(4), 1(1979)
- 5 Nanabu Yamamoto, *Appl. Opt.*, **25**(22), 4031(1986)

附 录 A

根据 H. H. Hopkins 提出的标量物理模型，当读出光斑扫描光盘上的记录信息时，可以把记录信息作为二维光栅处理。基于这个思想，这里简要导出读出光斑经过摆结构的读出光强表达式及其径向误差信号。为方便起见，设摆结构中槽 A 的切向长度比其径向宽度大得多，这样它的反射位相系数看成一维分布。假设光斑偏离槽 A 距离为 v ，即偏离信息轨迹中心为 $v+L/2$ ，如图 6 所示，则光斑经过槽 A 时读出光强为 $I(v+L/2)=I_A(v)$ ，即

$$I_A(v) = \iint_{\sigma} I(x, y, v) dx dy$$

这里 $I(x, y, v)$ 是检测器表面的光密度分布，它由下式表示：

$$I(x, y, v) = \begin{cases} G(x, y, v)G^*(x, y, v) & x^2 + y^2 \leq 1 \\ 0 & x^2 + y^2 > 1 \end{cases}$$

$G(x, y, v)$ 和 $G^*(x, y, v)$ 是从光盘表面反射的复位相振幅分布和它的复共轭。而它由下式决定：

$$G(x, y, v) = \iint_{-\infty}^{+\infty} f(u', v') R(v'-v) \exp[-2\pi i(xu' + yv')] du' dv'$$

这里 $f(u', v')$ 是在光盘表面的光斑径向振幅分布， $R(v'-v)$ 是光斑所在光盘表面之处的反射率。

同理可求得经过槽 B 时的光强表达式 $I(v-L/2)=I_B$ ，径向误差信号即差分从槽 A 与槽 B 得到的光强，其中槽 A 与槽 B 得到的光强对光盘平面反射光强作了归一化处理。

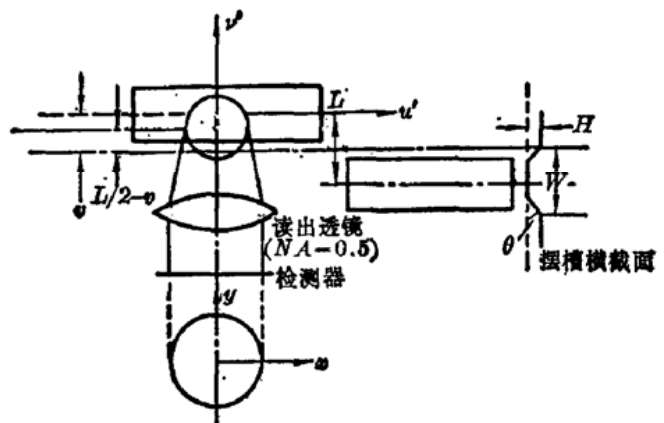


图 6 摆槽示意图