

峰值检读方式下磁光盘系统误码特性与 检偏方式的关系

曹丹华 阮玉

(华中理工大学光电子工程系, 武汉 430074)

提要 分析了在峰值检读方式下磁光存储系统产生误码的原因,并考虑多种定时误差的存在,导出了描述信道误码特性的数学模型。在此基础上分析了磁光信号检偏方式与信道误码特性的关系,分析结果表明平衡差分信道的容错能力略高于非平衡差分信道。

关键词 磁光存储,误码,峰值检读,数据信道

1 引言

在磁光存储系统中,信息以磁畴的形式存储于盘片中。读出信息时盘片受激光照射,由于克尔效应的作用,磁畴使入射光场的偏振特性发生变化,读出光信号经检偏后由读出电路转换为电信号,最后进行数据识别实现记录数据的还原。平衡(balanced)差分检偏和非平衡(unbalanced)差分检偏是常用的两种信号检偏方式^[1],由此构成的信道分别称为平衡差分信道和非平衡差分信道。这两种信道的区别在于经平衡差分信道读出的磁光信号为双极性,经非平衡差分信道读出的信号为单极性。作者深入研究这两种信道中的信号噪声特性,发现其读出信噪比存在差异,即有^[2]

$$\Delta \text{SNR} = \text{SNR}_2 - \text{SNR}_1 = 20 \lg \sin 2\gamma$$

其中 SNR_1 , SNR_2 分别为平衡差分信道和非平衡差分信道的信噪比, γ 为与检偏光学系统结构有关的某一夹角,且有

$$\gamma = \frac{1}{2} \text{tg}^{-1} \frac{\rho}{2\theta_i}$$

式中, θ_i 为盘片克尔角, ρ 为偏振分束镜对 P 波(盘面入射光波)的振幅反射率。由于有 $\gamma < 45^\circ$, 不难得出非平衡差分信道的读出信噪比低于平衡差分信道。

除此之外作者研究发现,对于两种信道,提高其信道噪声抑制能力所采取的方法也不尽相同^[3]。鉴于除了读出信噪比以外,系统误码率也是衡量系统性能好坏的另一重要指标,为了综合评价两种检偏方式的优劣,有必要深入研究检偏方式与系统误码间的关系。

磁光存储系统中系统误码的产生源于系统噪声(如激光器噪声、热噪声等)、外界干扰(如电磁干扰、电网电压波动)的存在,另外还与数据记录模式和读写电路的控制精度有关。对于

不同的数据识别方式,系统误码的表现形式不同。采用阈值识别方式(threshold detection)时,误码表现为数据脉宽变化或读出电平相对阈值产生交越;采用过零识别方式(zero-crossing detection),又称峰值检读方式时,则表现为数据脉冲在检读窗口内产生瞬时、随机抖动,这种抖动常用定时误差(timing error)描述。有关阈值识别方式下,检偏方式与系统误码特性的关系作者已在有关文献中进行了详细分析^[5],这里着重研究峰值检读方式下的系统误码特性。

D. G. Howe 研究峰值检读方式下的系统误码特性,给出系统误码率为^[4]

$$\text{BER} = \text{erfc}\left(\frac{T_e}{2\sqrt{2}\sigma_T}\right) \quad (1)$$

其中 T_e 为数据检读窗口宽度, σ_T 为由系统噪声产生的定时误差均方差, $\text{erfc}(\cdot)$ 为余误差函数,且定义如下

$$\text{erfc}(z) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_z^{\infty} e^{-\xi^2} d\xi$$

研究发现,在磁光盘系统中除了系统噪声外,与数据记录模式有关的码间干扰(ISI)以及读/写电路产生的控制误差也会产生定时误差,而且这类定时误差是不容忽视的。由于 D. G. Howe 仅考虑了由系统噪声产生的定时误差,因此(1)式尚不能全面地反映实际磁光信道的误码特性。本文旨在考虑多种定时误差的存在,建立描述信道误码特性的数学模型。

2 系统误码特性与信道信噪比

在峰值检读方式下,判别记录数据的原则为:检读窗口 T_e 内存在脉冲为数据“1”,否则为数据“0”。

考虑多种因素的存在,磁光盘系统中总的定时误差 T_e 可表示为

$$T_e = T_s + T_r + T_c$$

其中, T_s 为系统噪声产生的定时误差, T_r 为与盘片数据记录模式有关的定时误差, T_c 为读写电子系统引入的定时误差。

当磁光盘数据记录模式和读/写系统确定之后,系统中的 T_r 和 T_c 基本不变,可将其看作相对固定不变的峰值偏移,记为 $T_e = T_s + T_0$ 。考虑到轨道串扰和残余信号的影响较小,系统噪声产生的定时误差 T_s 满足高斯分布,其概率密度分布函数为

$$P(T_s) = \frac{1}{\sigma_T \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{T_s^2}{2\sigma_T^2}\right) \quad (2)$$

其中 σ_T 为 T_s 的均方差,且 σ_T 与信道信噪比的关系为

$$\sigma_T \approx \frac{1}{2\pi f_s} \cdot \frac{1}{\text{SNR}} \quad (\text{SNR} \gg 1) \quad (3)$$

式中 f_s 为信号最高频率。

相应地系统总定时误差 T_e 的概率密度分布函数 $P(T_e)$ 可表示为

$$P(T_e) = \frac{1}{\sigma_T \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(T_e - T_0)^2}{2\sigma_T^2}\right] \quad (4)$$

图 1 给出了两种特殊情况下 T_e 的概率分布规律,图 1(a) 对应于 $T_0 = 0$,图 1(b) 对应于 $T_0 \neq 0$ 。

根据判别原则,系统误读的概率 P_e 为阴影区域面积之和,即有

$$\begin{aligned}
 P_e &= \int_{-\infty}^{T_-} P(T_e) dT_e + \int_{T_+}^{+\infty} P(T_e) dT_e \\
 &= \int_{-\infty}^{T_-} \sigma_T \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(T_e - T_c)^2}{2\sigma_T^2}\right] dT_e + \int_{T_+}^{+\infty} \sigma_T \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(T_e - T_c)^2}{2\sigma_T^2}\right] dT_e
 \end{aligned}$$

其中 $T_- = -T_w/2$, $T_+ = T_w/2$ 。对上式进行积分得到

$$P_e = \frac{1}{2} \left[\operatorname{erfc}\left(\frac{T_w + T_c}{\sqrt{2}\sigma_T}\right) + \operatorname{erfc}\left(\frac{T_w - T_c}{\sqrt{2}\sigma_T}\right) \right] \quad (5)$$

式中 $T_w = T_w/2$ 为数据窗口半宽度。可以看到, 令式(5)中 $T_c = 0$ 即可导出(1)式。将(3)式代入(5)式, 导出峰值检读方式下的系统误码率为

$$P_e = \frac{1}{2} \left\{ \operatorname{erfc}\left[\frac{2\pi j_e \cdot (T_w + T_c)}{\sqrt{2}} \cdot \text{SRN}\right] + \operatorname{erfc}\left[\frac{2\pi j_e (T_w - T_c)}{\sqrt{2}} \cdot \text{SRN}\right] \right\} \quad (6)$$

由(6)式看到磁光盘系统误码率是信道信噪比的递减函数, 随着信噪比降低, 系统误码率相应升高。由于非平衡差分信道的信噪比低于平衡差分信道, 由此可知在同等记录和读出条件下, 非平衡差分信道的误码率高于平衡差分信道。

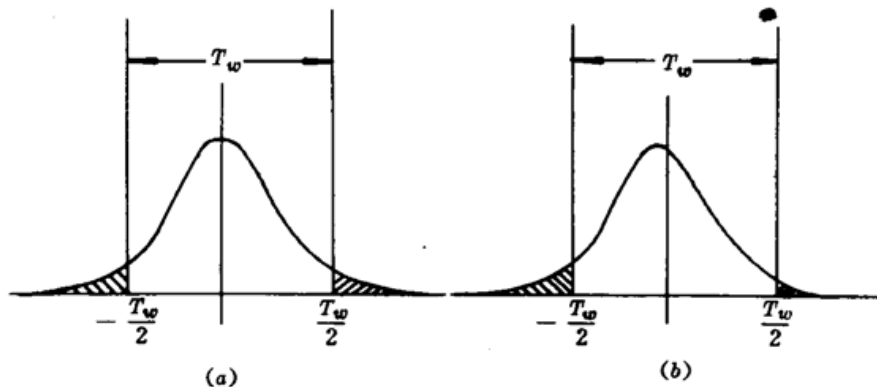


Fig. 1 The probability distribution of Timing error in magneto-optical disk systems

3 结 论

本文针对采用峰值检读方法的磁光存储系统, 分析了产生系统误码的原因, 建立了描述系统误码特性的数学模型, 研究结果表明, 在磁光存储系统中, 采用平衡检偏方式有利于降低系统误码率。作者针对采用阈值识别方法的磁光存储系统, 研究其误码特性所得结论相同^[5]。

参 考 文 献

- 1 D. Treves. Signal, noise, and codes in optical memories. *Opt. Eng.*, 1986, 25(7): 881~891
- 2 曹丹华, 阮 玉. 磁光盘非平衡差分信道信噪比模型的研究. *光电工程*, 1996, 23(1):
- 3 曹丹华, 吴裕斌, 阮 玉. 磁光盘数据信道不对称性对其噪声抑制能力的影响. *中国激光*, 1995, A22(8): 619~622
- 4 D. G. Howe. Signal-to-noise ratio(SNR) for reliable data recording. *SPIE*, 1986, 895: 255~261
- 5 曹丹华, 吴裕斌, 阮 玉. 磁光存储系统数据信道误码特性分析. *电子学报*, 1996, 24(5): 112~115

The Dependence of Bit Errors on the Signal Detection Method in Magneto-Optical Storage Systems with Zero-crossing Detection

Cao Danhua Ruan Yu

(Department of Optoelectronic Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074)

Abstract An analysis of the causes which result in bit errors is given for magneto-optical storage systems with zero-crossing detection. In consideration of several kinds of Timing errors, a mathematical model of describing the bit error characteristics in the channel is derived. Also, an analysis of the relationship of the signal detection method and the bit error characteristics is presented. It is shown that the fault freedom in balanced differential channels is better than that in unbalanced differential channels.

Key words magneto-optical storage, bit error, zero-crossing detection, data channel

致 读 者

德文《Laser und Optoelektronik》(激光与光电子)中文版七月底将与读者见面, 赠送本刊读者, 需要者请致函本编辑部或者上海激光学会索取。

主要包括:

1. 德国机械制造协会激光材料加工分会;
2. 光催化氧-碘激光器: 一种以富勒烯为基础的新方案;
3. 高稳定激光二极管泵浦固体激光器用作引力波干涉仪光源;
4. 利用惯性约束和体点火的核聚变能;
5. 高分辨层析造影系统原理;
6. 激光在牙科中用 Nd:YLF 皮秒激光进行牙痛补牙;
7. 用光致热波进行无损测量和检测;
8. 用细晶粒快速固化 (RS) 焊接和常规焊剂进行激光焊接;
9. 制造塑料加工机械时使用激光束涂覆;
10. 激光成形法的潜力;
11. 一步激光涂覆法的数学模型;
12. 通过耦合自适应光学系统在线控制焦斑几何形状;
13. 提高激光焊接光束耦合效率;
14. 激光产品及材料介绍.