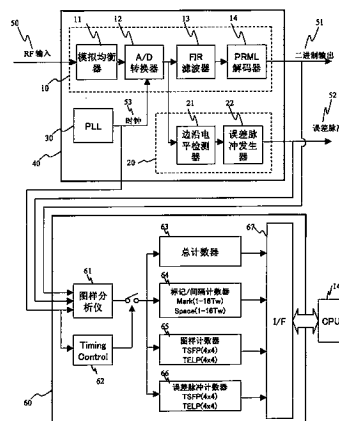




(45) 授权公告日 2010.07.07



1. 一种光盘装置, 其将激光脉冲照射到光盘介质上来进行信息记录和再生, 并进行使上述激光脉冲的照射条件适当的试写, 其特征在于,

具有以下装置:

在上述光盘介质的规定区域, 改变上述激光脉冲的照射条件并进行规定的试写图样的记录的装置;

再生上述规定的试写图样后, 得到第 1 再生信号的装置;

对上述第 1 再生信号进行均衡处理后得到第 2 再生信号的模拟滤波器;

对上述第 2 再生信号进行数字化处理后得到第 3 再生信号的 A/D 转换器;

对上述第 3 再生信号进行均衡处理后得到第 4 再生信号的 FIR 滤波器;

对上述第 4 再生信号进行 2 值化, 并得到 2 值化数据串的局部响应完全匹配电路、即 PRML 电路;

以上述第 3 再生信号为输入, 并检测出边沿信号电平的边沿电平检测器;

判定上述边沿信号电平处于规定值范围外后, 产生逻辑脉冲的逻辑脉冲发生器; 和

根据上述 2 值化数据串判断与先行的间隔长度、标记长度、后续的间隔长度对应的数据图样, 对每个上述数据图样进行上述逻辑脉冲计数, 并生成逻辑脉冲表的装置;

利用上述逻辑脉冲表的计数值, 确定上述激光脉冲的照射条件。

2. 根据权利要求 1 所述的光盘装置, 其特征在于,

使上述逻辑脉冲表的计数值为最小地确定上述激光脉冲的照射条件。

3. 根据权利要求 1 所述的光盘装置, 其特征在于,

将上述 FIR 滤波器的各抽头系数设定成某值, 使得在以不同于基准速度的速度再生上述光盘介质上所记录的信号时, 以该速度下的时钟对上述第 4 再生信号的边沿位置进行标准化后的标准化偏移量一定。

4. 根据权利要求 1 所述的光盘装置, 其特征在于,

上述 FIR 滤波器的各抽头系数, 在执行试写时和在用户数据再生时切换。

5. 根据权利要求 1 所述的光盘装置, 其特征在于,

上述 FIR 滤波器, 在试写时, 不改变信号的频率特性, 而在记录 / 再生时, 改变其频率特性。

6. 根据权利要求 1 所述的光盘装置, 其特征在于,

上述 FIR 滤波器的抽头系数, 根据上述边沿信号电平依次被更新。

7. 一种光盘装置, 其将激光脉冲照射到光盘介质上来进行信息记录和再生, 并进行使上述激光脉冲的照射条件适当的试写, 其特征在于,

具有以下装置:

在上述光盘介质的规定区域, 改变上述激光脉冲的照射条件并进行规定的试写图样记录的装置;

再生上述规定的试写图样后, 得到第 1 再生信号的装置;

对上述第 1 再生信号进行均衡处理后得到第 2 再生信号的模拟滤波器;

对上述第 2 再生信号进行数字化处理后得到第 3 再生信号的 A/D 转换器;

对上述第 3 再生信号进行均衡处理后得到第 4 再生信号的 FIR 滤波器;

对上述第 4 再生信号进行 2 值化并得到 2 值化数据串的 PRML 电路;

由上述 2 值化数据串检测出边沿位置的边沿检测器；

由上述第 4 再生信号和上述边沿检测器的输出，检测出边沿信号电平的边沿电平检测器；和

判定上述边沿信号电平处于规定值范围外后，产生逻辑脉冲的逻辑脉冲发生器。

8. 根据权利要求 7 所述的光盘装置，其特征在于，

在上述 FIR 滤波器和上述边沿检测器之间，设有补偿生成上述 2 值化数据串的延迟的延迟调整器。

9. 根据权利要求 7 所述的光盘装置，其特征在于，

还具有：

根据上述 2 值化数据串判断与先行的间隔长度、标记长度、后续的间隔长度对应的数据图样，对每个上述数据图样进行上述逻辑脉冲计数并生成逻辑脉冲表的装置；和

利用上述逻辑脉冲表的计数值，确定上述激光脉冲照射条件的装置。检测器。

10. 根据权利要求 7 所述的光盘装置，其特征在于，

上述 FIR 滤波器的各抽头系数，在执行试写时和在用户数据再生时切换。

11. 根据权利要求 7 所述的光盘装置，其特征在于，

上述 FIR 滤波器的抽头系数，根据上述边沿信号电平依次被更新。

12. 一种光盘装置，其将激光脉冲照射到光盘介质上来进行信息记录和再生，并进行使上述激光脉冲的照射条件适当的试写，其特征在于，

具有以下装置：

在上述光盘介质的规定区域，改变上述激光脉冲的照射条件并进行规定的试写图样记录的装置；

再生上述规定的试写图样后，得到第 1 再生信号的装置；

对上述第 1 再生信号进行均衡处理后得到第 2 再生信号的模拟滤波器；

对上述第 2 再生信号进行数字化处理后得到第 3 再生信号的 A/D 转换器；

对上述第 3 再生信号进行均衡处理后得到第 4 再生信号的 FIR 滤波器；

对上述第 4 再生信号进行 2 值化，并得到 2 值化数据串的 PRML 电路；

检测出上述第 4 再生信号的边沿位置，并检测出边沿信号电平的边沿电平检测器；

判定上述边沿信号电平处于规定值范围外后，产生逻辑脉冲的逻辑脉冲发生器；和

以来自上述边沿电平检测器的输出信号为输入信号的 PLL 电路；

以上述 PLL 电路的输出信号，作为在每个时钟被采样的上述 A/D 转换器的输入信号。

13. 根据权利要求 12 所述的光盘装置，其特征在于，

上述 PLL 电路，由低通滤波器、增益控制器和 VCO 构成。

14. 根据权利要求 12 所述的光盘装置，其特征在于，

在上述 FIR 滤波器和上述 PRML 电路之间，还设有将上述第 4 再生信号均衡为其特性适合上述 PRML 电路的自适应 FIR 滤波器。

15. 根据权利要求 12 所述的光盘装置，其特征在于，

在上述 PLL 电路中，还设有 PLL 专用 FIR 滤波器和 PLL 专用边沿电平检测器。

16. 根据权利要求 12 所述的光盘装置，其特征在于，

还具有：

根据上述 2 值化数据串判断与先行的间隔长度、标记长度、后续的间隔长度对应的数据图样后,对每个上述数据图样进行上述逻辑脉冲计数并生成逻辑脉冲表的装置 ;和
利用上述逻辑脉冲表的计数值,确定上述激光脉冲照射条件的装置。

17. 根据权利要求 12 所述的光盘装置,其特征在于,
上述 FIR 滤波器的各抽头系数,在执行试写时和在用户数据再生时切换。
18. 根据权利要求 12 所述的光盘装置,其特征在于,
上述 FIR 滤波器的抽头系数,根据上述边沿信号电平依次被更新。

光盘装置

技术领域

[0001] 本发明涉及在记录介质上形成物理性质与其它部分不同的记录标记来记录信息的光盘装置。

背景技术

[0002] 使用重写型相变光记录材料的 DVD-RAM、DVD-RW 等光盘介质得到广泛普及。在这些高密度光盘上记录信息时,通常被称为“试写”的记录激光功率和脉冲条件的适当化是很重要的。

[0003] 一般情况下,在光盘上所记录信号的品质评价中使用作为数据脉冲边沿与时钟脉冲边沿的偏移的标准偏差的抖动。为了测量抖动值,必须使用专用的抖动分析仪等测量仪器。光盘装置中不可能内置昂贵的抖动分析仪,因此必须有代替抖动的信号评价指标。

[0004] 作为现有试写技术的例子,特开平 10-320777 号公报中公开了下述技术:不直接测量抖动值,而是当数据脉冲边沿和时钟脉冲边沿的相位差达到规定值以上时,产生被称为误差脉冲的逻辑脉冲,通过对误差脉冲数计数,来等价地评价抖动值,并以此来实现记录功率的适当化。

[0005] 另外,国际公开号 W001/011614 公报中公开了一种利用对应前后间隔长和标记长的表参照型的自适应记录策略的 4.7GB DVD-RAM 用试写技术。其中,使误差脉冲与记录策略表相对应来进行分类处理,然后将记录激光脉冲条件的适当化,以使表中各项的误差脉冲值为最小。实际的分类处理需要有 2 个 4×4 的表,但因为在信号评价中使用误差脉冲这样的逻辑脉冲,因而,可以通过逻辑 LSI 简单地实现分类处理。

[0006] 【专利文献 1】特开平 10-320777

[0007] 【专利文献 2】W001/011614。

发明内容

[0008] 如前所述,在 DVD 已经走向普及的今天,记录 / 再生速度的高速化成为最重要的技术开发课题。高速再生信号时噪声的影响大,因此,作为再生信号的 2 值化方式,必须使用有效提高 S/N 比的 PRML (Partial Response Maximum Likelihood) 再生方式来代替现有的直接限幅。在 PRML 方式中,必须使用 A/D 转换器并按照各个时钟脉冲对再生信号进行数字化处理,PLL 电路也必然从现有的模拟方式转变为数字方式。数字方式的 PLL 不是直接比较数据脉冲边沿和时钟脉冲边沿的相位差,而是使边沿点再生信号的电平接近于 0 地使 VCO (Voltage Controlled Oscillator) 电路动作。现有误差脉冲发生电路使用模拟方式的 PLL 的相位误差检测电路,因此无法适用于数字方式的 PLL。

[0009] 这样,若采用 PRML 方式和数字 PLL,现有误差脉冲发生电路不能工作。若引入转变为误差脉冲的新的信号评价指标,产生无法有效利用目前已开发出的逻辑 LSI 的结构和控制程序资源的问题。

[0010] 另外,在 PRML 方式中,不是仅将再生信号的边沿位置,而是将整个信号与目标信

号比较后,依次选择看来最确切的数据串来实施 2 值化。这种情况下,为了生成目标信号,使用被称为 PR 级的 2 ~ 5 个数值列。PR 级是使再生信号的脉冲响应与数值列近似。作为 DVD 用的 PR 级,周知的是 PR(3,4,4,3)ML 方式。但 PR 级毕竟是脉冲响应的近似,在例如使用 PR(3,4,4,3)ML 解码器并利用比特误码率、SAM(Sequenced Amplitude Margin)或 MLSE(Maximum Likelihood Sequenced Error)等 PRML 方式特有的信号评价指标,使其最理想地确定记录脉冲或功率时,与 DVD 标准规定的波形均衡条件不同,因此利用现有装置进行再生的情况下,抖动值变大,光盘装置间的再生互换性能降低。

[0011] 另外,记录型 DVD 介质包括 DVD-RAM/DVD-R/DVD-RW/DVD+R/DVD+RW 等,希望可以用 1 个驱动装置对应各种光盘来进行记录再生。上述标准中定义的参考驱动光头的数值孔径, DVD-RAM/DVD-R/DVD-RW 为 0.60、DVD+R/DVD+RW 为 0.65。为使驱动装置上搭载的 1 个光头能够对应上述所有光盘,必须选择某一数值孔径。从信号品质或高速记录时记录功率的效率等方面考虑,很自然一般采用大的数值孔径 0.65,以小的光斑尺寸进行记录再生。这种情况下,在执行 DVD-RAM 的试写时,为使以 NA0.60 的光盘装置再生后的抖动值理想,必须使用 NA0.65 的光头实现记录脉冲条件的适当化。

[0012] 本发明的目的提供一种对应 DVD 的高速化引入 PRML 方式的光盘装置,该光盘装置具有高精度试写功能。因此,本发明要解决的课题包括以下 2 点。

[0013] (课题 1) 利用 PRML 电路产生误差脉冲,使之可以有效利用现有的逻辑 LSI 资源和控制软件资源。

[0014] (课题 2) 通过执行依赖于 PRML 级或光头数值孔径的试写,以避免使用现有装置进行再生情况下抖动值的恶化和再生互换性能的降低。

[0015] 首先说明解决(课题 1)的装置。

[0016] 图 2 模式化地表示出误差脉冲的检测原理。用于 2 值化的检出窗口宽度 T_w 与时钟脉冲的周期相同。误差脉冲检出窗口宽度比 T_w 小。这样,边沿偏移分布(=抖动分布)当中,超出误差脉冲检出窗口之外的边沿被转换成误差脉冲。因此,只要使误差脉冲(逻辑脉冲)最小,就可以得到边沿偏移最小的记录脉冲条件。

[0017] 图 3 表示根据 PRML 方式按各时钟脉冲对再生信号采样并进行数字转换后的数据串的误差脉冲生成条件。图中边沿电平为 0。因为按各时钟脉冲对再生信号进行采样,边沿偏移大时,边沿点的采样电平的绝对值大。因此,在生成误差脉冲时,最好将边沿点的采样电平的绝对值与阈值进行比较。PRML 中,由于级数选择的不同,包括对再生信号的边沿位置进行采样的情况(图中的情形 1)和偏移半个时钟脉冲进行采样的情况(图中的情形 2)。各种情况下边沿的检出条件和误差脉冲的生成条件总结如下。在此,第“i”个采样的再生信号为 $y[i]$,边沿电平为 0,用于生成误差脉冲的电平阈值为 V_{th} 。

[0018] (情形 1) 边沿点为采样点的情况

[0019] 边沿检出条件 $y[i-1] \times y[i+1] < 0$

[0020] 误差脉冲生成条件 $|y[i]| > V_{th}$

[0021] (情形 2) 边沿点位于 2 个采样点之间的情况

[0022] 边沿检出条件 $y[i-1] \times y[i] < 0$

[0023] 误差脉冲生成条件 $|(y[i-1]+y[i])/2| > V_{th}$

[0024] 在情形 2 中,因为不是直接采样边沿电平,因此将边沿电平处理为 2 个采样点电平

的平均值。通过这样的方法,基本上可以实现边沿偏移比阈值大时生成 1 个与该边沿对应的误差脉冲。

[0025] 图 4 是为了深入理解发明而更详细地表示被采样的再生信号数据串、2 值化信号(以下称为 NRZ 信号)和误差脉冲的模式图。再生信号在 A/D 转换之前,由 AGC(自动增益控制)电路进行 ± 1 标准化。图中表示在 8T-3T-3T-3T-4T-3T 模式下,4T 标记后沿偏移大的情况。以上说明中说明的是采样电平的值与阈值进行比较的例子,但此处使阈值为 $\pm V_{th}$ 、边沿点的采样电平在该范围外时,产生 $1T_w$ 宽度的误差脉冲。对于 NRZ 信号,按照习惯以标记为“1”、间隔为“0”,再生信号反射率小的为标记。这里结合 DVD-RAM 中使用的相变光盘的一般特性进行图示。在 4T 标记的后沿,采样点比 V_{th} 大,此处生成 $1T_w$ 宽度的误差脉冲。DVD 的最小扫描宽度为 $3T_w$,因而误差脉冲的宽度也可以为 $2T_w$ 。

[0026] 图 5 表示误差脉冲发生电路的结构。DVD 标准模拟均衡器 11 对再生信号 50 进行均衡处理后,A/D 转换器 12 对各时钟脉冲进行采样。边沿电平检测器 21 检测出满足上述边沿条件的边沿点的电平,误差脉冲发生器 22 将检测出的边沿点电平与误差脉冲检测阈值 54 进行比较后生成误差脉冲 52。

[0027] 以下说明阈值 V_{th} 。 V_{th} 的值必须能够反映数据边沿的偏移。

[0028] 图 6 表示 DVD-RAM 的再生信号的眼孔图样。这是利用标量衍射模拟器算出的。图 6(a) 是光头输出的再生信号。由于标记长度不同,边沿位置不同,因而整体偏移大、无法很好地进行 2 值化。图 6(b) 是由作为 DVD-RAM 标准均衡条件的 3 抽头 FIR 滤波器(抽头系数 = $[-0.3, 0, 1.6, 0, -0.3]$) 和 6 次贝赛耳滤波器进行均衡处理后的再生信号。可以看出,边沿偏移得到大幅度改善。

[0029] 这样,通过适当的波形均衡改善了边沿偏移的信号不管标记长度多少,边沿位置是一致的。此时,如果注意到在边沿点附近再生信号的倾斜也一致,则可以简单地求出误差脉冲阈值 V_{th} 的设定方法。

[0030] 图 7 是对均衡处理后的再生信号中扫描宽度最小的 3T 重复信号进行正弦波近似后重叠形成的图样。因为进行了适当的均衡处理,边沿点附近的再生信号的倾斜一致,并且不管标记长度如何,都可以对边沿点附近的再生信号进行正弦波近似。对边沿点附近的再生信号进行正弦波近似后,就可以唯一地确定误差脉冲检出窗口宽度(时间方向)和误差脉冲检出阈值 V_{th} (电平方向)的关系。

[0031] 图 8 所示为误差脉冲检出窗口宽度和误差脉冲检出阈值的关系图。检出阈值 V_{th} 以 S_{op} 对再生信号的单侧振幅进行标准化。如前所述,在利用 AGC 电路将信号振幅标准化为 ± 1 的情况下, $S_{op} = 1$ 。另外,将最密信号($3T_w$)和最疏信号($14T_w$)的信号振幅之比定义为分辨率,图上表示出分辨率在 30%~60%的范围时的关系。在 DVD 的情况下,分辨率在 30%~60%的范围内,参照特开平 10-320777 号公报,可以说检出窗口宽度在 40%~60%的范围内是适当的。因此,图中阴影区域的标准检出阈值 V_{th}/S_{op} 可以设定在 0.08~0.18 的范围内。

[0032] 以上说明的是误差脉冲发生方法的原理和电路结构及检出阈值设定范围。这样,可以解决(课题 1)。

[0033] 以下说明解决(课题 2)的装置。在此以使用物镜的数值孔径为 0.65 的光头,算出 DVD-RAM 光盘的适当记录条件的方法为例,描述解决装置。

[0034] 图 9 所示为以物镜的数值孔径为 0.60 和 0.65 的装置比较 DVD-RAM 的再生信号的图。在此使用市售的 2 倍速 DVD-RAM 光盘,记录条件调整为使利用数值孔径 0.60 的装置时抖动值最小。图中的再生信号是在 DVD-RAM 的标准均衡条件下对槽中初次记录的信号进行均衡处理后的眼孔图样。数值孔径 0.60 的装置的再生信号,其抖动值为 5.2%,分辨率为 37%。以数值孔径 0.65 的装置再生同一扇区时,抖动值为 6.0%,分辨率为 61%。再生信号的差异起因于由于数值孔径的不同而导致的光斑形状的不同。因为抖动值都良好,ECC 误差 (PI 误差) 都为 0,信号的再生不存在问题。图中利用表格表示出针对前后沿的 4×4 图样的边沿偏移的测量值。对于数值孔径 0.60 的装置,此处进行了记录条件的调整,因而各边沿偏移在 5% /Tw 以下。

[0035] 另一方面,以数值孔径 0.65 的装置再生时,边沿偏移的最大值增加到 8%。图中的阴影表示两者的边沿偏移的差为 5% /Tw 以上的边沿。此处,问题是利用数值孔径 0.65 的装置进行记录条件调整的情况。同样,当调整记录条件使各图样的边沿偏移最小时,利用标准的数值孔径 0.60 的装置再生时的偏移变大,再生信号的品质降低。

[0036] 在说明解决该问题的装置之前,有必要先说明边沿偏移的差的允许值。

[0037] 图 10 所示为边沿偏移允许值的求取结果。在图 9 中,由于数值孔径的差异导致的边沿偏移量的差在包含 3T 标记和 3T 间隔的图样中变大,反映出光斑大小的差异。但是,在 3T 标记-3T 间隔的图样中,边沿偏移的差小。这是因为 3T-3T 重复信号为正弦波,振幅发生变化,光斑大小也发生变化,但边沿位置不变。因此,如图 10(a) 所示,在前后沿的图样中,仅使阴影部分的边沿偏移来对实验和计算进行比较。图中的“+”、“-”表示偏移方向,表示光斑的尺寸变小、分辨率变化情况下边沿偏移的方向。所记录的数据图样是遵循 DVD-RAM 标准的 8-16 调制信号,偏移边沿的频度分别为 21% (R+、R-),偏移量分别为 $\Delta +$ 、 $\Delta -$ (本次为 $\Delta \sigma + = \Delta \sigma -$),各边沿平均波动抖动值为 $\sigma 0$,则多次高斯分布的合成抖动 σ_{tot} 可以表示为

$$[0038] \quad \sigma_{tot} = \text{Sqrt}(\sigma_0^2 + \Delta + 2R + \Delta - 2R) \quad (\text{式 } 1)$$

[0039] 图 10(b) 表示按照上述条件改变记录脉冲条件产生边沿偏移并研究与比特误码率之间关系的实验结果。在此,假设为 DVD-RAM 的通常工作条件,在连续 5 个磁道上分别进行 10 次改写后评价中央磁道的信号。最小抖动值为 8.4%。从图中可以看出,边沿偏移为 10% 以上时,比特误码率增加。

[0040] 图 10(c) 是在同一实验中测量边沿偏移和抖动的结果。图中附有根据式 1 算出的抖动值的计算值。实测结果和计算结果之间具有较好的一致性。可以看出,用于确保抖动值在标准值 9% 以下的边沿偏移的允许值为 5% /Tw。以下将 5% /Tw 作为试写当中边沿偏移的允许值。

[0041] 图 11 表示以数值孔径 0.60 和 0.65 的装置比较均衡处理中的放大量和抖动关系的结果。再生后的磁道是前述的初次记录的磁道。数值孔径 0.60 的装置在 DVD-RAM 的标准放大量 5.5dB 处抖动值最小。而数值孔径 0.65 的装置在放大量 4.0dB 处抖动值最小。从而可知,两者的光斑尺寸的差异换算成放大量约为 1.5dB。

[0042] 在抖动值最小的条件下,边沿偏差也小,因而对数值孔径 0.65 的装置在放大量为 4.0dB 的条件下测量各图样的边沿偏差。结果如图 12 所示。数值孔径 0.65 的装置的抖动值也改善为 5.1%,边沿偏移量为 5% /Tw 以下。因此,以该再生条件进行试写,将记录条件

设定为使边沿偏移量最小,以标准的数值孔径 0.60 的装置再生的情况下,抖动值的增加可以在允许范围内。

[0043] 在此说明以数值孔径 0.65 的装置进行试写的再生条件。在以下实施例,根据实验结果说明在使用最适合于 PRML 级的均衡条件以及使记录再生速度高速化到 16 倍速等情况下保证互换性的试写的再生条件。

[0044] 由以上方法,就可以解决了本发明的(课题 2)。此处所示的方法,是以数值孔径不同的装置确定放大量,使根据标准装置进行记录调整后磁道的抖动值最小,并在该条件下进行试写。如以下实施例所示,在使用 PRML 解码器或在记录速度不同的情况下,将分别提出其它的解决方法。但本发明的宗旨一直是在与标准装置的再生系统具有互换性的再生条件下来实施试写的。

[0045] 作为本发明的第一形态的一种光盘装置,其将激光脉冲照射到光盘介质上来进行信息记录和再生,并进行使上述激光脉冲的照射条件适当的试写,其特征在于,具有以下装置:在上述光盘介质的规定区域,改变上述激光脉冲的照射条件并进行规定的试写图样的记录的装置;再生上述规定的试写图样后,得到第 1 再生信号的装置;对上述第 1 再生信号进行均衡处理后得到第 2 再生信号的模拟滤波器;对上述第 2 再生信号进行数字化处理后得到第 3 再生信号的 A/D 转换器;对上述第 3 再生信号进行均衡处理后得到第 4 再生信号 FIR 滤波器;对上述第 4 再生信号进行 2 值化,并得到 2 值化数据串的 PRML 电路;以上述第 3 再生信号为输入,并检测出边沿信号电平的边沿电平检测器;判定上述边沿信号电平处于规定值范围外后,产生逻辑脉冲的逻辑脉冲发生器;和根据上述 2 值化数据串判断与先行的间隔长度、标记长度、后续的间隔长度对应的数据图样,对每个上述数据图样进行上述逻辑脉冲计数,并生成逻辑脉冲表的装置;利用上述逻辑脉冲表的计数值,确定上述激光脉冲的照射条件。

[0046] 作为本发明的第二形态的一种光盘装置,其将激光脉冲照射到光盘介质上来进行信息记录和再生,并进行使上述激光脉冲的照射条件适当的试写,其特征在于,具有以下装置:在上述光盘介质的规定区域,改变上述激光脉冲的照射条件并进行规定的试写图样记录的装置;再生上述规定的试写图样后,得到第 1 再生信号的装置;对上述第 1 再生信号进行均衡处理后得到第 2 再生信号的模拟滤波器;对上述第 2 再生信号进行数字化处理后得到第 3 再生信号的 A/D 转换器;对上述第 3 再生信号进行均衡处理后得到第 4 再生信号 FIR 滤波器;对上述第 4 再生信号进行 2 值化并得到 2 值化数据串的 PRML 电路;由上述 2 值化数据串检测出边沿位置的边沿检测器;由上述第 4 再生信号和上述边沿检测器的输出,检测出边沿信号电平的边沿电平检测器;和判定上述边沿信号电平处于规定值范围外后,产生逻辑脉冲的逻辑脉冲发生器。

[0047] 作为本发明的第三形态的一种光盘装置,其将激光脉冲照射到光盘介质上来进行信息记录和再生,并进行使上述激光脉冲的照射条件适当的试写,其特征在于,具有以下装置:在上述光盘介质的规定区域,改变上述激光脉冲的照射条件并进行规定的试写图样记录的装置;再生上述规定的试写图样后,得到第 1 再生信号的装置;对上述第 1 再生信号进行均衡处理后得到第 2 再生信号的模拟滤波器;对上述第 2 再生信号进行数字化处理后得到第 3 再生信号的 A/D 转换器;对上述第 3 再生信号进行均衡处理后得到第 4 再生信号 FIR 滤波器;对上述第 4 再生信号进行 2 值化,并得到 2 值化数据串的 PRML 电路;检测出上

述第 4 再生信号的边沿位置,并检测出边沿信号电平的边沿电平检测器;判定上述边沿信号电平处于规定值范围外后,产生逻辑脉冲的逻辑脉冲发生器;和以来自上述边沿电平检测器的输出信号为输入信号的 PLL 电路;以上述 PLL 电路的输出信号,作为在每个时钟被采样的上述 A/D 转换器的输入信号。

[0048] 附图说明

[0049] 通过使用本发明提供的光盘装置,可以提供一种对应 DVD 的高速化引入 PRML 方式的光盘装置,该光盘装置具有高精度的试写功能。因此,本发明的发明效果体现在以下 2 点:

[0050] (效果 1) 可以由 PRML 电路产生误差脉冲,有效利用现有的逻辑 LSI 资源和控制软件资源。

[0051] (效果 2) 使用数值孔径不同的光盘装置,也可以实施用于保证与标准装置的再生互换的试写。

[0052] 附图说明

[0053] 图 1 是表示适用于本发明光盘装置的试写电路结构的实施例。

[0054] 图 2 模式化地表示出误差脉冲的检测原理。

[0055] 图 3 表示根据 PRML 方式按各时钟脉冲对再生信号采样并进行数字转换后的数据串的误差脉冲生成条件。

[0056] 图 4 是为了深入理解发明而更详细地表示被采样的再生信号数据串、2 值化信号(以下称为 NRZ 信号)和误差脉冲的模式图。

[0057] 图 5 表示误差脉冲发生电路的结构。

[0058] 图 6 表示 DVD-RAM 的再生信号的眼孔图样。

[0059] 图 7 是对均衡处理后的再生信号中扫描宽度最小的 3T 重复信号进行正弦波近似后重叠形成的图样。

[0060] 图 8 所示为误差脉冲检出窗口宽度和误差脉冲检出阈值的关系图。

[0061] 图 9 所示为以物镜的数值孔径为 0.60 和 0.65 的装置比较 DVD-RAM 的再生信号的图。

[0062] 图 10 所示为边沿偏移允许值的求取结果。

[0063] 图 11 表示以数值孔径 0.60 和 0.65 的装置比较均衡处理中的放大量和抖动关系的结果。

[0064] 图 12 所示为数值孔径 0.65 的装置在放大量 4.0dB 的条件下测量各图样的边沿偏移的结果。

[0065] 图 13 是表示适用于本发明光盘装置的试写电路结构的实施例。

[0066] 图 14 是表示适用于本发明光盘装置的试写电路结构的实施例。

[0067] 图 15 是表示适用于本发明光盘装置的试写电路结构的实施例。

[0068] 图 16 是表示适用于本发明光盘装置的试写电路结构的实施例。

[0069] 图 17 是以数值孔径 0.65 的装置和数值孔径 0.60 的装置分别测量各图样的边沿偏移的结果。

[0070] 图 18 所示让 LSE 法的学习循环具有了边沿检出功能的均衡学习方法。

[0071] 图 19 所示为根据 LSE 法求出的 FIR 滤波器的频率特性。

[0072] 图 20 是对 DVD-RAM 的标准均衡条件和 PR(3,4,4,3)ML 的最佳均衡条件下的再生信号和边沿偏移的不同点的总结。

[0073] 图 21 所示为在 2-16 倍速的范围内再生以 2 倍速记录的磁道后测定抖动值的结果。

[0074] 图 22 所示为计算 16 倍速下再生补偿用 FIR 滤波器的抽头数和抖动值关系的实验结果。

[0075] 图 23 所示为再生补偿用 FIR 滤波器的频率特性。

[0076] 图 24 是表示再生补偿用 FIR 滤波器的群时延的抑制效果的实验结果。

[0077] 图 25 是对实施再生补偿和没有实施再生补偿时各速度下的眼孔图样和抖动值的总结。

[0078] 图 26 是对各速度下再生补偿用 FIR 滤波器的抽头系数的总结。

[0079] 图 27 是表示使记录脉冲条件适当的试写的概念模式图。

[0080] 图 28 是表示使记录脉冲条件适当的试写的流程模式图。

[0081] 图 29 是确定市售的 2 倍速 DVD-RAM 介质的记录脉冲的试写示例。

[0082] 图 30 是表示进行试写前后记录功率容限差异的实验结果。

[0083] 具体实施方式

[0084] 图 31 是对 6-16 倍速的 DVD-RAM 介质的试写结果的总结。

[0085] 图 32 是表示本发明光盘装置的实施例。

[0086] 符号说明

[0087] 10 :数据再生电路、11 :模拟均衡器、12 :A/D 转换器、13 :FIR 滤波器、14 :PRML 解码器、20 :误差脉冲生成电路、21 :边沿电平检测器、22 :误差脉冲发生器、23 :边沿检测器、24 :延迟调整器、30 :PLL 电路、31 :低通滤波器、32 :VCO、33 :增益控制器、34 :FIR 滤波器、35 :边沿电平检测器、40 :再生信号处理电路、50 :再生信号、51 :2 值化信号、52 :误差脉冲、53 :时钟、54 :误差脉冲检出阈值、60 :逻辑信号处理电路、61 :图样分析仪、62 :定时控制器、63 :误差脉冲总计数器、64 :标记·间隔计数器、65 :图样计数器、66 :误差脉冲计数器、67 :接口、100 :光盘、101 :光斑、110 :光头、111 :物镜、112 :半导体激光器、113 :光电探测器、120 :激光功率 / 脉冲控制器、130 :再生信号处理电路、140 :CPU、150 :伺服控制器、160 :心轴马达、170 :接口、180 :主机

[0088] 以下通过实施例对本发明进行详细说明。

[0089] 【实施例 1】

[0090] 试写电路

[0091] 图 1 是表示适用于本发明光盘装置的试写电路结构的实施例。整体由再生信号处理电路 40 和逻辑信号处理电路 60 构成。再生信号处理电路 40, 由 PRML 方式的数据再生电路 10、误差脉冲产生电路 20 和 PLL 电路 30 构成。光头输出的再生信号 50 由模拟均衡器 11 进行均衡处理后, 由 A/D 转换器 12 按时钟脉冲进行采样。FIR 滤波器 13 对其进行数字均衡处理后, 由 PRML 解码器 14 进行 2 值化处理, 然后输出 2 值化信号 51。关于误差脉冲的产生, 是以 A/D 转换器 12 采样后的信号为输入, 由边沿电平检测器 21 检测出边沿点的电平, 然后由误差脉冲发生器 22 将边沿点的电平和误差脉冲检测阈值进行比较后生成误差脉冲 52。PLL30 根据再生信号生成时钟脉冲, 供给各个电路。

[0092] 逻辑信号处理电路 60 以 2 值化信号 51、误差脉冲 52 和时钟 53 为输入信号。图样分析仪 61, 利用这些信号与记录策略同样地将前边沿和后边沿分别进行图样分类, 分为 4×4 的表。定时控制器 62 进行用于在指定区域内, DVD-RAM 的情况下, 通常为 1 个扇区, 累计这些脉冲的定时控制。误差脉冲总计数器 63, 如特开平 10-320777 号公报中所记载的那样, 是被分割为多个区域、累计全部误差脉冲的计数器。标记・间隔计数器 64, 是将标记和间隔加到各自长度上的计数器。图样计数器 65 和误差脉冲计数器 66 是与前述的 4×4 表对应的计数器, 前者计算边沿图样的数目, 后者计算各边沿图样的误差脉冲数。在试写过程中, 用图样计数器 65 的值来除以测量出的误差脉冲计数器 66 的值, 作为误差脉冲的发生频率, 选择记录脉冲条件以使其为最小即可。

[0093] 此时, 监视标记・间隔计数器 64 的值和图样计数器 65 的值, 与记录的试写图样中包含的各边沿数进行比较, 当它们的差大时, 监视缺陷和 PLL 时钟的锁定状态异常等。另外, 在使记录脉冲发生很大变化时, 例如打算记录 3T 标记, 但脉冲宽度过大而记录了 4T 标记, 检测出这种情况也是非常重要的。为最小化误差脉冲的计数来使记录脉冲适当, 必须仅在没有检出这些异常状态的范围内实施。如果没有搭载这样的保护机构, 就无法通过驱动装置实现 $5\% / T_w$ 以下的边沿偏移。这些各个计数器的值, 通过接口 67 被取入 CPU140, 并被适当处理, 由此, 来实施试写。另外, 误差脉冲总计数器 63 的值, 如特开平 10-320777 公报中所记载的那样, 用于确定记录功率情况下的试写。

[0094] 为了利用该电路确定记录条件, 一边改变功率和脉冲条件一边在光盘上记录特定图样, 对其进行再生后, 在没有检出异常情况的状态下, 找出各误差脉冲数最小的条件即可。

[0095] 以下通过图 13 ~ 图 16 说明本发明的再生信号处理电路的其它实施例。在此仅表示出再生信号处理电路, 至于逻辑信号处理电路, 利用与图 1 相同的电路。

[0096] 图 13 所示为本发明再生信号处理电路其它结构的实施例。与图 1 的实施例结构上的不同体现在, (1) 从 FIR 滤波器 13 数字均衡处理后的信号生成误差脉冲, 以及 (2) 使用 PRML 解码器 14 的结果作为 2 值化结果。这样构成的目的分别在于, (1) 利用 FIR 滤波器补偿记录 / 再生速度的高速化和物镜的数值孔径的差异, 以及 (2) 为了从由于高速化 S/N 比恶化的信号中检测出边沿, 利用性能更好的 PRML 解码器 14 的 2 值化结果。与结构和目的 (2) 相对应, 边沿检测器 23 用于检测出数字信号的边沿, PRML 解码器 14 的 2 值化中仅产生路径存储器部分的时延, 为了对其进行调整, 必须通过延迟调整器 24 使再生信号延迟。本实施例的结构可以实现上述 2 个目的, 但也可以容易地实现其中的一个。

[0097] 图 14 也是表示本发明再生信号处理电路其它结构的实施例。本结构的特征在于详细显示出数字 PLL 电路 30 的结构。数字 PLL 电路 30 由低通滤波器 31、增益控制器 32 和 VCO (压控振荡器) 33 构成。边沿电平检测器 21 执行前述动作。在本结构中, 边沿电平监测器 21 在误差脉冲发生和 PLL 电路动作方面可以实现共用, 因而可以简化电路规模。

[0098] 图 15 也是表示本发明再生信号处理电路其它结构的实施例。本结构的特征在于, 在图 14 的基础上, 在 PRML 解码器 14 之前配置了自适应 FIR 滤波器 15。一般情况下, PRML 解码器 14 是将整个再生信号与基准信号进行比较, 将最接近的基准信号解码成生成的数字比特串。因此, 对于 PRML 解码器而言, 最适当的信号不同于仅着眼于信号边沿的误差脉冲或 PLL。一般来说, 为了补偿该特性的差异, 通过自适应 FIR 滤波器 15, 均衡为使再生信

号适合 PRML 解码器的特性,这在提高光盘装置的再生性能方面非常有效。自适应 FIR 滤波器 15 的各抽头系数,可以通过周知的 LSE (最小二乘法误差,有时也表述为 LMS 或 MSE) 法依次更新。

[0099] 图 16 也是表示本发明再生信号处理电路其它结构的实施例。本结构的特征在于,在图 14 的基础上附加了用于 PLL 的专用 FIR 滤波器 34 和边沿电平检测器 35。在进行高密度记录或高速记录的情况下,特别是最小扫描宽度的信号的分辨率和 S/N 比降低。在这样的数字再生信号处理电路的情况下,无论 PRML 解码器的性能如何优良,也仅在 PLL 电路锁定、时钟脉冲稳定供给的条件下才能正常工作。因此,PLL 电路的稳定性,在再生信号处理电路工作方面是最重要的。在以上所示的情况下,PLL 的稳定性第 1 优先时,例如,多数情况下最好进一步增加最小扫描宽度的信号振幅。另一方面,为了不在记录 / 再生互换方面产生问题,必须向误差脉冲发生电路供给 $\pm 5\%$ 以下的边沿偏移信号。两者无法共用一个 FIR 滤波器均衡器的情况下,可以采用本结构。

[0100] 【实施例 2】

[0101] 再生补偿

[0102] 以下说明利用以上所述的试写电路实际在 DVD-RAM 上进行记录 / 再生的实验结果。

[0103] 图 17 是以数值孔径 0.65 的装置和数值孔径 0.60 的装置测量各图样的边沿偏移的另外的结果。在前述的例子中说明的是适当选择放大量来解决数值孔径的差异,但此处是利用图 13 所示的电路并使 FIR 滤波器 13 具有数值孔径转换功能情况下的结果。FIR 滤波器 13 的抽头数为 15,利用 PRML 解码器的自适应均衡技术来确定抽头系数。如前所述,PRML 解码器,将整个再生信号与基准信号进行比较,将最接近的基准信号解码成生成的数字比特串,并且利用 LSE 法的自适应均衡是根据最小二乘法的概念依次更新各抽头系数,以使整个再生信号和整个基准信号的平方误差最小。这是与着眼于边沿偏移的误差脉冲不同的特性,因此利用 LSE 法自身不能确定 FIR 滤波器 13 的抽头系数。此处,利用的是对现有的 LSE 法改良后、并仅着眼于边沿电平来更新抽头系数的方法。方法本身如图 18 所示,是使 LSE 法的学习循环具有边沿检测功能的简单结构,且应该容易理解,因此此处不对其动作进行详细说明。

[0104] 这里存在问题的是作为目标的 PR 级。PRML 解码器是通过重叠作为再生信号的近似脉冲响应的 PR 级来生成基准信号。通常最好使用可以以非常小的误码率再生的 PR 级。例如,在 DVD-RAM 的情况下,经常使用级比特数为 4 的 PR(3,4,4,3)。若增加级比特数,与再生信号的误差变小,但电路规模大致与级比特数的平方成正比增大。另一方面,这里以保证再生互换为目的,因而需要更高精度的近似。尝试几种方法的结果是,实际上在基准数值孔径 0.60 的装置中、由以基准均衡条件 (在 DVD-RAM 中,放大量为 5.5dB) 均衡后的再生信号、直接近似脉冲响应的方法为好。此外,例如,也可以根据标量衍射计算来实施。

[0105] 实际上利用的是级比特数为 6 的 PR(1.0,2.8,3.8,3.8,2.8,1.0)。这样,可以近似数值孔径 0.60 的装置的再生信号。在确定数值孔径 0.65 的装置用的抽头系数方面,使用 DVD-RAM 的标准均衡器作为模拟均衡器,并且使用上述级和图 18 的 LSE 法。结果,从图 17 可看出,以数值孔径 0.65 的装置再生的 4×4 的各图样的边沿偏移比图 12 的结果,更接近于 0,得到了改善。

[0106] 图 19 所示为根据 LSE 法求出的 FIR 滤波器的频率特性。图 19(a) 表示 2 倍速 DVD-RAM 的标准均衡特性,由 3 抽头的 FIR 滤波器和 6 次贝塞耳滤波器构成。图 19(b) 表示数值孔径 0.65 的装置的学习结果。3T 信号的重复图样的频率约为 10MHz, FIR 滤波器显示出使 15MHz 以下信号的增益降低的低通滤波器的特性。由此可知其作用是补偿由于数值孔径的不同而导致的分辨率增加。在约 20MHz 处出现的增益峰值,不对再生信号的特性产生特别的影响。

[0107] 以上表示的是市售的 DVD-RAM 媒体以 2 倍速记录 / 再生的结果。该条件下的改良部分较小,但在将其扩展到 2-16 倍速的情况下,没有该技术就不可能实现记录 / 再生互换。详细内容后述。

[0108] 图 20 是对 DVD-RAM 的标准均衡条件和 PR(3,4,4,3)ML 的最佳均衡条件下的再生信号和边沿偏移的不同点的总结。使用数值孔径 0.65 的装置的再生信号,而 PRML 用的均衡利用通常的 LSE 法,求出了抽头数 15 的 FIR 滤波器的各抽头系数。如图所示,眼孔图样的分辨率在 DVD-RAM 标准均衡条件下为 37%,而在 PR(3,4,4,3)ML 条件下则有很大不同,为 59%。反映出来,PR(3,4,4,3)ML 用信号的 4×4 各图样的边沿偏移最大为 10%,特别是与 3T 标记和间隔相干的部分变大。因此,为了使用于 PR(3,4,4,3)ML 的均衡信号的边沿偏移最小,若利用误差脉冲对记录脉冲条件进行调整,在利用其它装置再生时就会出现問題。以下给出了解决该问题的 2 个方法。

[0109] (1) 在试写时,不改变 FIR 滤波器的信号频率。具体地说,在图 13 的结构中,作为 FIR 滤波器的各抽头系数,可以仅使中心抽头为“1”,其它为“0”。在通常的记录 / 再生时,设定适合 PR(3,4,4,3)ML 的值。

[0110] (2) 设置 PRML 解码器专用的均衡器。具体地说,作为图 15 所示结构,使自适应 FIR 滤波器具有从标准均衡条件转换到适合 PR(3,4,4,3)ML 的均衡条件的转换功能。

[0111] 无论在哪种情况下共同的本发明的实质是,作为执行试写时的均衡条件,使用成为再生互换基准的均衡条件,使误差脉冲最小地进行记录脉冲条件的调整。

[0112] 以下描述 DVD 用于 16 倍速的实验结果。

[0113] 图 21 所示为数值孔径 0.60 的装置在 2-16 倍速的范围内再生以 2 倍速记录的磁道后测定抖动值的结果。伴随光盘装置和介质的高性能化,记录 / 再生速度也高速化,但如重复描述的那样,在试写当中保证再生互换是很重要的。另一方面,高速再生相同磁道时,(1) 随着放大器噪声和激光噪声影响的增大, S/N 比降低,(2) 随着与 I-V 放大器的频带特性对应的群时延的相对增加等,抖动值增大。其中,对于 (1) 可以引入 PRML 技术,补偿所降低的 S/N 比并进行 2 值化,而对于 (2),从记录 / 再生互换的观点看则存在问题。图中所示为以 DVD-RAM 的标准均衡条件再生和通过 FIR 滤波器进行再生补偿两种情况下的结果。在此, DVD-RAM 的标准均衡条件是在 2 倍速下规定的,因此,这里与速度成正比依次改变均衡条件来进行测量。在标准均衡条件的情况下,2 倍速时约为 5% 的抖动值以 16 倍速再生时超过 12%。

[0114] 另一方面,在利用 FIR 滤波器进行再生补偿的情况下,即使以 16 倍速再生,抖动值也可以在 6% 以下。此处,基于 FIR 滤波器的再生补偿,利用的技术与以数值孔径 0.60 的装置的再生信号为目标、对上述以数值孔径 0.65 的装置再生后的信号,进行着眼于边沿地、自适应均衡学习的情况相同。具体地说,从作为标准的 2 倍速的再生信号生成 PR 级,作为

基准信号,在各再生速度下使再生信号和基准信号的误差最小地求出 FIR 滤波器的各抽头系数。

[0115] 在此,定性地补充说明 I-V 放大器的频率特性和噪声。I-V 放大器的频带是在增益降低 3dB 的条件下定义的。例如在 DVD-RAM 的情况下,以 16 倍速再生时,最小扫描宽度 (3T) 的重复信号的频率约为 80MHz。为了良好地再生该信号,需要频带至少是 80MHz 的 2 倍的 I-V 放大器。I-V 放大器的性能,随着光电探测器、转换阻值和 IC 工艺的不同而改变。一般情况下,与晶体管或运算放大器的性能指标相同,必须有频带和增益 (可视为噪声的倒数) 之积大致一定的限制条件。

[0116] 因此,在使用宽频带的 I-V 放大器时,就存在放大器的噪声增加的关系。光盘装置中使用的光头的 I-V 放大器,在这样的限制条件下,进行使装置的性能为最高的设计和选择。在这样的情形下,如上例所述,在保证 160MHz 的再生频带时,噪声增加,因此将频带限制在 120MHz 是得到良好的装置性能所必须的。在此,实验中使用的装置的频带为 110MHz。在通常的数据再生情况下,这样的特性可以认为不存在问题,但在试写用时使用具有保证记录 / 再生互换性能的 I-V 放大器,结果会使噪声增加而不理想。因此,在 I-V 放大器的再生频带不足够宽的系统中,有必要采用通过这里所示的再生补偿来实现确保记录 / 再生互换的方法。

[0117] 图 22 所示为计算 16 倍速下再生补偿用 FIR 滤波器的抽头数和抖动值关系的实验结果。各抽头系数的求法,如上述。图中可看出,抽头数为 5 以上时,抖动值开始显著减小,抽头数为 9 以上时,呈现出大致饱和的特性。在此保留足够的余裕,使抽头数为 15,但实装在光盘装置上时,为了缩小电路规模,最好抽头数尽可能地少。这就要如上所述结合 I-V 放大器的设计、对每个驱动装置进行慎重考虑。

[0118] 图 23 所示为再生补偿用 FIR 滤波器的频率特性。在此作为一个例子表示 2、4、8、16 倍速下 FIR 滤波器的频率特性。FIR 滤波器与通道时钟同步动作,因此横轴的频率以通道时钟进行标准化。最小扫描宽度 (3T) 的重复信号的频率为 0.167。

[0119] 2 倍速为记录 / 再生的基准,因此 FIR 滤波器具有使再生信号直接通过的特性。此时,具体地说,可以仅使中心抽头的系数为“1”,其它系数为“0”,这已经在前面说明过。由于速度不同,FIR 滤波器的频率特性不同。频率在 0.167 以下的特性差异,主要用于补偿群时延,频率 0.25 附近的增益的极小值,具有低通滤波器的效果,有提高 S/N 比的效果。

[0120] 图 24 是表示再生补偿用 FIR 滤波器的群时延的抑制效果的实验结果。图 24(a) 为标准均衡条件下的结果。纵轴的边沿偏移是将前述 4×4 的各图样的边沿偏移的测量结果用 3T、4T、5T、6T 的各标记长平均后的结果。如果以 2 倍速为基准,则在 16 倍速下,3T 偏移约 -10%,6T 偏移约 +7%。这不满足前述用于记录 / 再生互换的 5% 以下的条件。另一方面,通过 FIR 滤波器进行了再生补偿时,从图 24(b) 可看出,在 2-16 倍速的范围内,边沿偏移量大致一定,满足用于记录 / 再生互换的 5% 以下的条件。

[0121] 这样,FIR 滤波器的各抽头系数,在以不同于基准速度的速度再生光盘介质上记录的信号时,设定为:用该速度下的时钟对由上述 FIR 滤波器均衡处理后得到的再生信号的边沿位置进行标准化后的标准化偏移量大致一定的值。

[0122] 图 25 是对实施再生补偿和没有实施再生补偿时的各速度下的眼孔图样和抖动值的总结。可以看出,特别是在 16 倍速下,信号品质的改善效果显著。

[0123] 图 26 是对各速度下再生补偿用 FIR 滤波器的抽头系数的总结。这里, 标准化为将 DC 增益设定为 1。

[0124] 以上, 说明的是, 对应 DVD 装置的高速化, 在光头上搭载的 I-V 放大器不是理想的平坦的频率特性的情况下, 为了在实施试写后保证记录 / 再生互换, 只要利用 FIR 滤波器进行再生补偿即可的情况。如果不利用本发明, 要保证记录 / 再生互换, 例如, 必须在以 16 倍速试写并记录数据后, 采取每次以 2 倍速实施再生等方法。在这种情况下, 伴随加减速的时间直接被反映到光盘加载时间的增加, 对用户来说, 是不理想的状况。本发明, 在缩短加载时间的意义上, 对高速光盘装置来说, 也是有效的技术。

[0125] 【实施例 3】

[0126] 试写结果

[0127] 以上, 对有效利用现有的误差脉冲处理电路和软件资源, 并保证记录 / 再生互换的试写方法和电路, 进行了描述。以下, 对利用所述方法、实施试写的例子, 进行说明。

[0128] 图 27 是对使记录脉冲条件适当的试写的概念所表示的模式图。图 27(a) 为初始状态, 表示特定边沿发生偏移情况下的抖动分布, 误差脉冲检出窗口外侧的阴影区域的边沿, 作为误差脉冲被进行计数。图 27(b) 是试写结束后的状态, 表示在误差脉冲数为最小的条件下调整了记录脉冲的情况。抖动分布, 进入误差脉冲的检出窗口宽度之中, 处于边沿偏移被修正的状态。

[0129] 图 28 是表示使记录脉冲条件适当化的试写的流程的模式图。在 DVD-RAM 中, 在前后沿分别将记录脉冲参数定义为 4×4 的表。误差脉冲计数器, 针对与此相同的 4×4 表的边沿图样, 对误差脉冲进行分类。简单的顺序是, 首先, 改变记录脉冲的条件, 在光盘介质上进行记录, 再生当前的扇区, 然后评价相应的误差脉冲的计数值, 并且决定记录脉冲的参数以使其为最小。从该例可知, 其具有以下特征: 由于记录脉冲参数和作为其评价值的误差脉冲是一一对应的, 因此, 通过一次改变多个记录脉冲参数来进行记录 / 再生, 同时对多个记录脉冲参数并行地进行适当化, 这样, 就可以缩短试写时间。具体地说, 一旦从头开始依次决定记录脉冲参数, 由 2 倍速的驱动装置处理时间为 30 秒到 1 分钟, 而若依据本发明, 实施并行处理, 可以用 1 秒左右结束试写。

[0130] 图 29 是决定市售的 2 倍速 DVD-RAM 介质的记录脉冲的试写的示例。这里, 是对前后有 6T 间隔的 6 个图样总结了记录脉冲的边沿位置和误差脉冲的计数结果。图中, 横轴的 0 点, 表示所决定的条件。这样, 就可以选择记录脉冲的条件后来实施试写处理, 以使误差脉冲的计数值为最小。

[0131] 图 30 表示进行试写前后记录功率容限的差异。通过以上的试写处理, 全部确定了记录脉冲参数的 4×4 表后, 测定了记录功率和抖动值的关系。从图上可看出, 依据本发明的试写, 可以改善抖动值, 得到良好的记录功率容限。

[0132] 图 31 是对开发中的 6-16 倍速的 DVD-RAM 介质的试写结果的总结。对在 6 倍速和 16 倍速下、实施利用了上述误差脉冲数的试写来确定记录脉冲条件、生成记录 1 次和重写 10 次后的磁道、然后分别以 2、6 和 16 倍速再生、利用抖动值和 PR(3, 4, 4, 3) ML 解码器测定后的比特误码率, 进行了总结。如图所示, 显然, 在 6 倍速记录和 16 倍速记录的任何一种情况下, 若以 2 倍速再生, 初次记录的抖动值在 5% 以下, 可以进行良好的记录控制。另外, 因为光盘介质尚在开发当中, 由重写引起的抖动上升大, 但以 16 倍速记录 / 再生时, 抖动值为

9%，因此具有满足标准值（9%以下）的前景。关于比特误码率，无论是以多大的速度进行重写的场合，也无论是以什么速度再生的场合，都可以得到比特误码率在 10^{-6} 以下的良好的值。在该实验数据中，当然，实施了上述的再生补偿。

[0133] 【实施例 4】

[0134] 光盘装置

[0135] 图 32 是表示本发明光盘装置的实施例。光盘介质 100 由马达 160 旋转。再生时，为了得到由 CPU140 所指令的光强度，激光功率 / 脉冲控制器 120 控制流过光头 110 内的半导体激光器 112 的电流产生激光 114，激光 114 由物镜 111 聚光并在光盘介质 100 上形成光斑 101。来自该光斑 101 的反射光 115 通过物镜 111 后，被光电探测器 113 检测出。光电探测器由多个分离的光电检测元件构成。再生信号处理电路 130，利用光头 110 所检出的信号再生光盘介质 100 上记录的信息。记录时，激光功率 / 脉冲控制器 120，控制使其将规定的记录数据转换成规定的记录脉冲电流，然后从半导体激光器 112 射出脉冲激光。图 1 所示的前述试写用信号处理电路 40 和 50，被内置于再生信号处理电路 130 当中。

[0136] 试写时，根据 CPU140 的指示，记录 / 再生规定的的数据图样，然后以误差脉冲为指标，使记录功率和记录脉冲的各条件适当化。

[0137] 若使用本发明的光盘装置，搭载有 PRML 方式的再生电路，并伴随高速化，补偿主要由 I-V 放大器的频率特性导致的再生信号特性的变化，并且可以实施保证记录 / 再生互换的试写。同时，对应各种规格，例如使用数值孔径 0.65 的光头，也可以实现与数值孔径 0.60 的标准装置的互换性。此时，不言而喻，可以有效利用现有的误差脉冲对应电路和软件资源。

[0138] 另外，在上述实施例中，以 DVD-RAM 介质为对象进行了说明，但同样也可以很容易地适用于 DVD-R/DVD-RW/DVD+R/DVD+RW 等可记录的 DVD 介质。具体地说，只要对应各种规格改变标准均衡条件即可。例如，在 DVD-RW 介质的情况下，标准放大量为 3.2dB。同时，也可以应用于使用蓝色激光的蓝色射线盘等。在蓝色射线盘等中，由于使用 RLL(1,7) 符号作为调制符号，因此最小扫描宽度为 2T，分辨率小。如果有 2T 信号的振幅，可以应用本发明来实施试写。2T 信号的振幅为 0 的条件，在蓝色射线盘中，对于容量约为 30GB 以上，用本发明无法处理。这种情况下需要使用以 PRML 为基础的新技术。

[0139] 本发明，特别被用于大容量光盘装置。

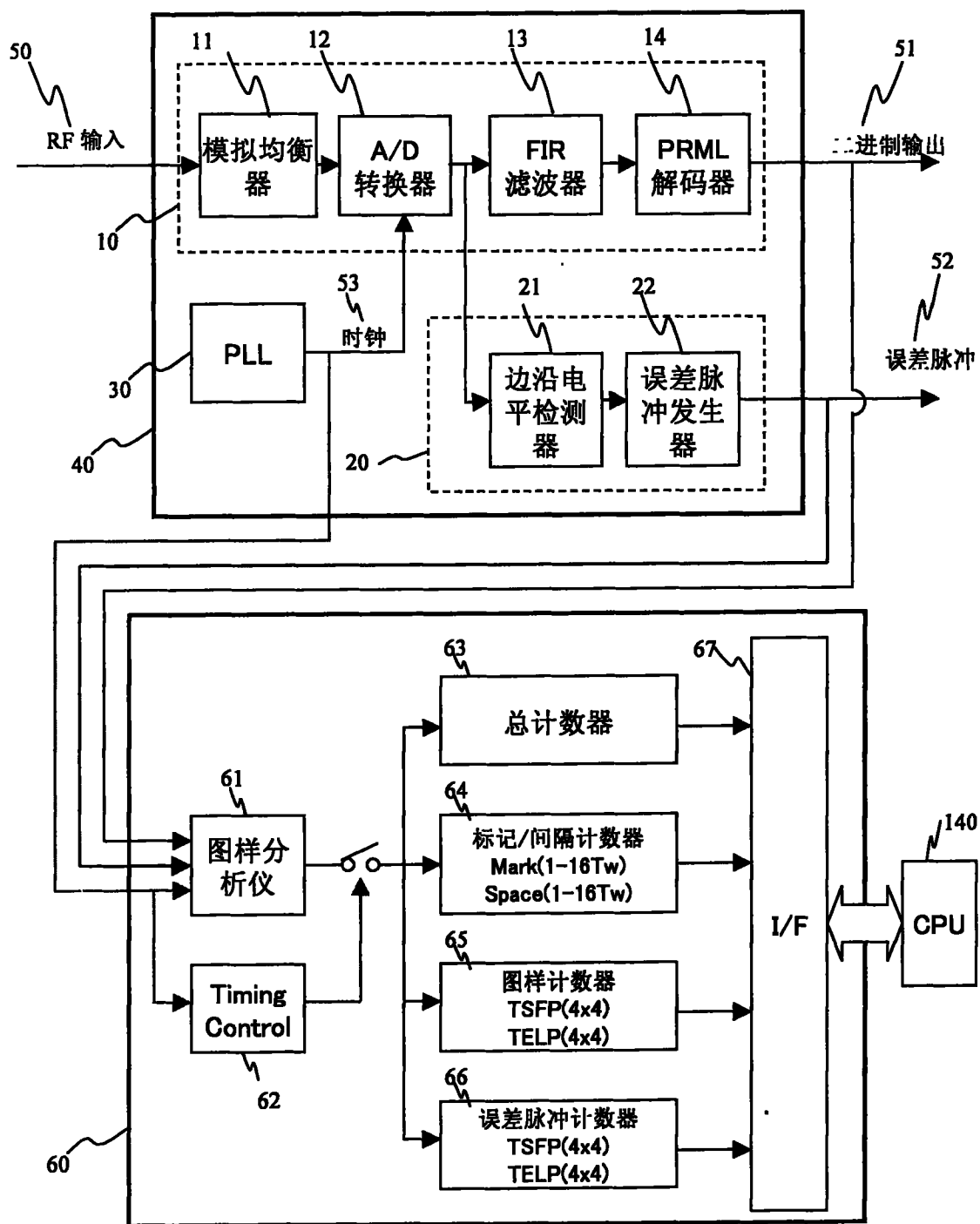


图 1

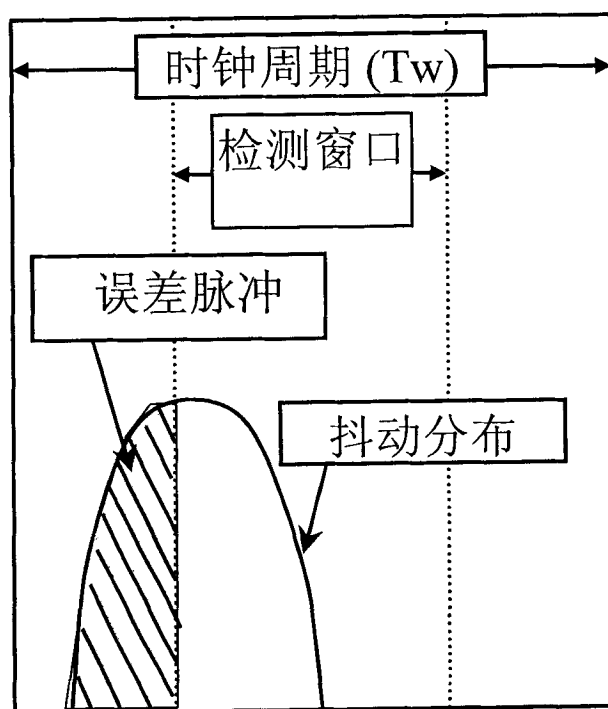
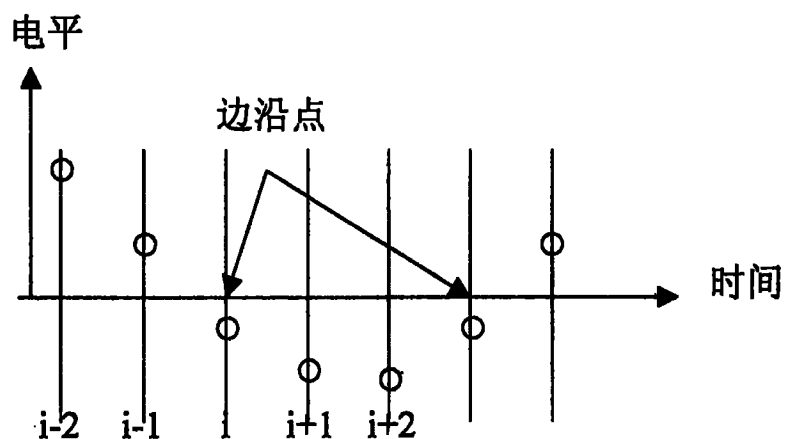


图 2

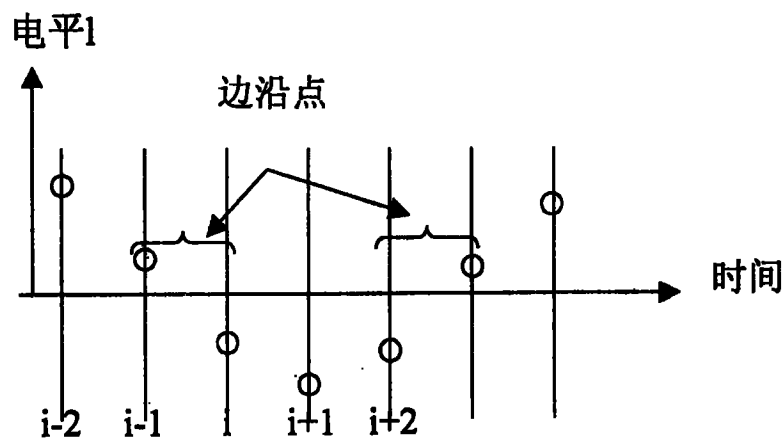
Case 1: PRML 级数 = 偶数 (边沿点 = 时钟点)

边沿检出条件:

$$y[i-1] \cdot y[i+1] < 0;$$

误差脉冲生成条件:

$$\text{abs}(y[i]) > V_{th}$$

Case 2: PRML 级数 = 奇数 (边沿点 $\neq$ 时钟点)

边沿检出条件:

$$y[i-1] \cdot y[i] < 0;$$

误差脉冲生成条件:

$$|(y[i-1] + y[i]) / 2| > V_{th}$$

图 3

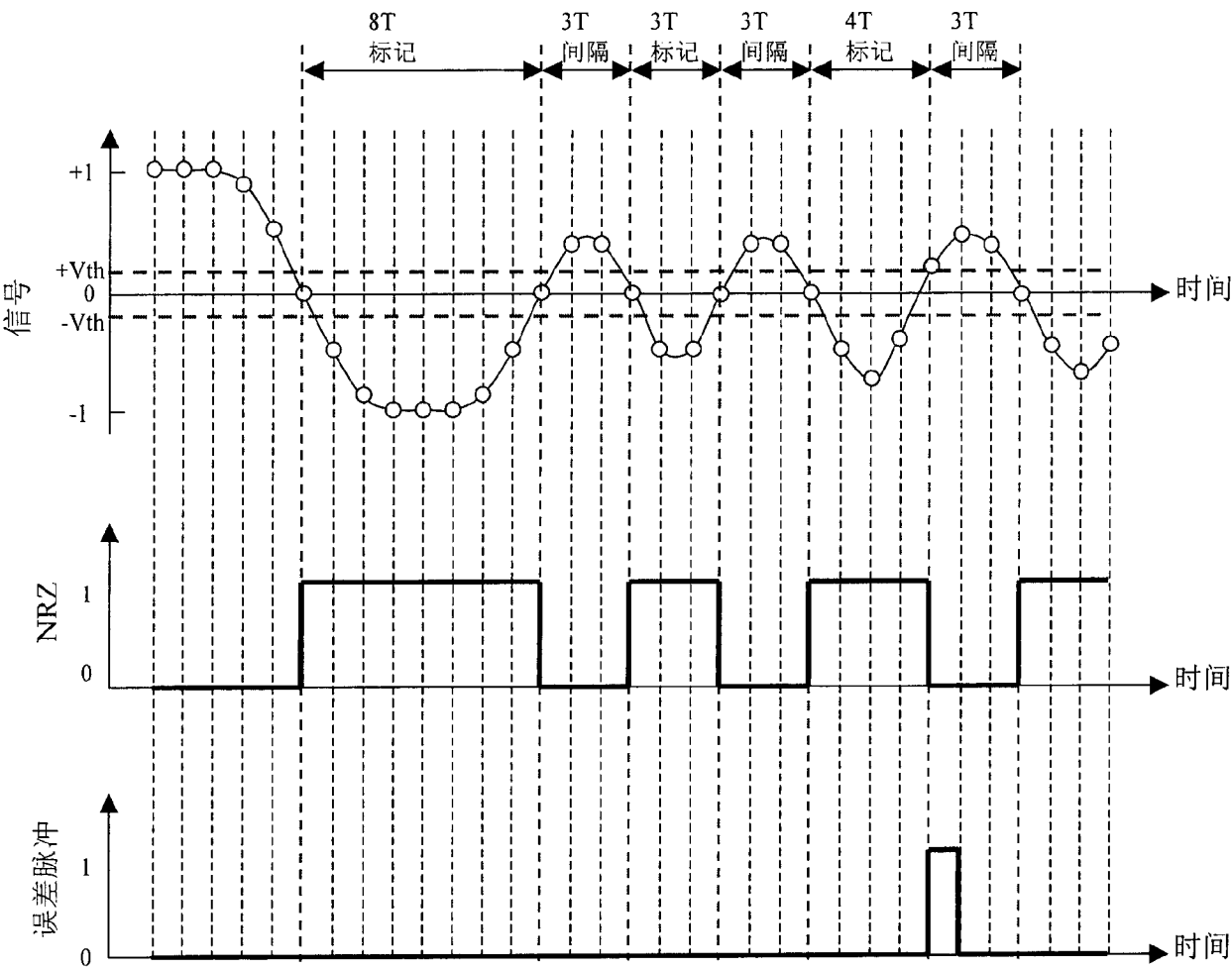


图 4

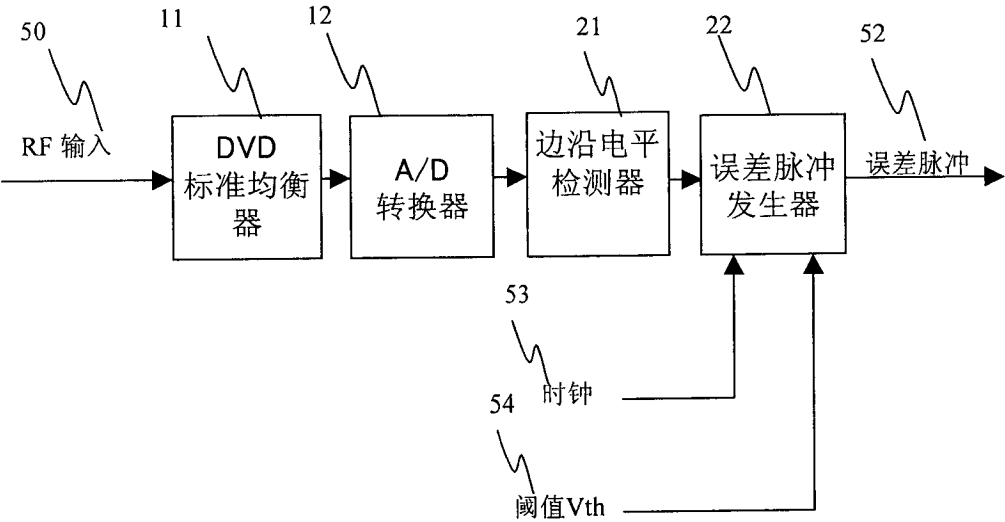
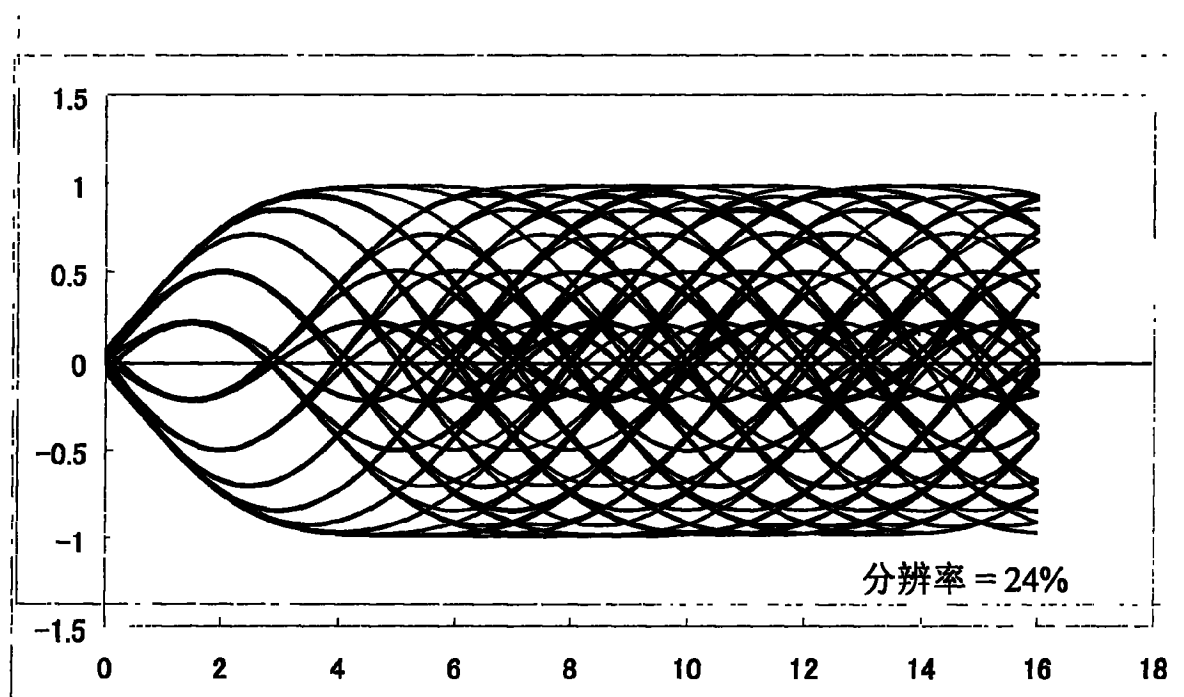


图 5

(a) 光头读出波形 (NA=0.6)



(b) 均衡波形 (NA=0.6), 放大量 = 5.5dB (DVD-RAM 标准条件)

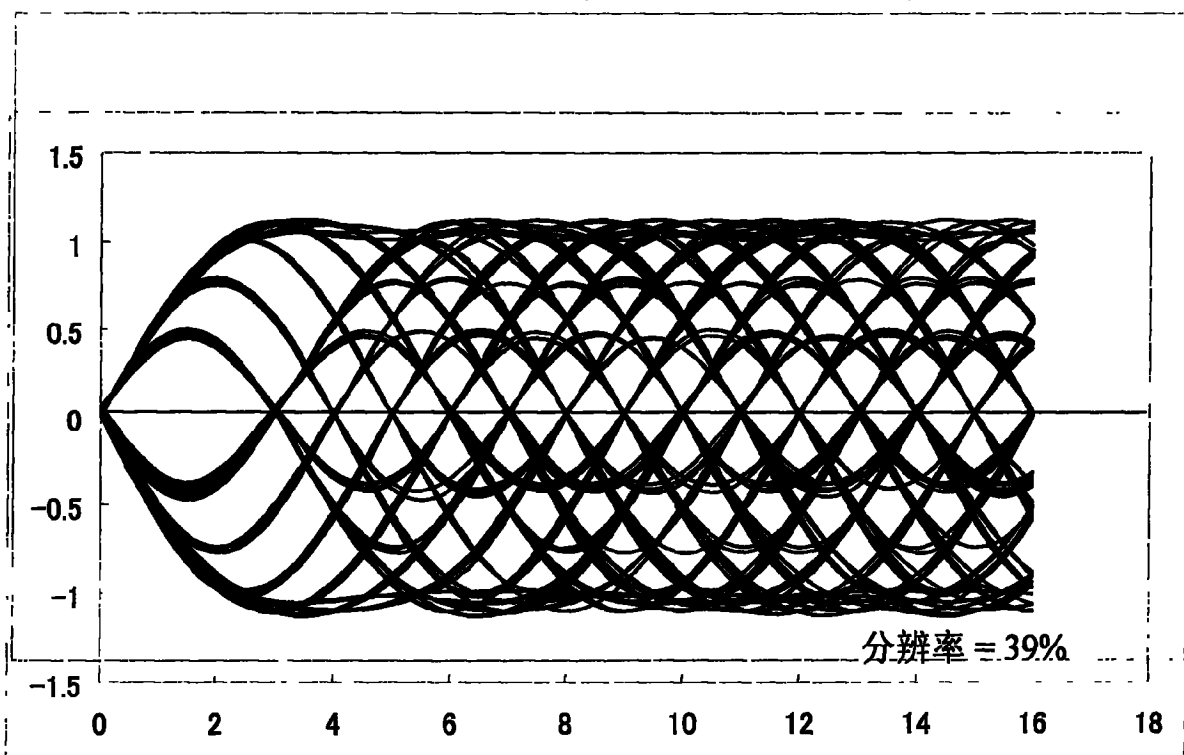


图 6

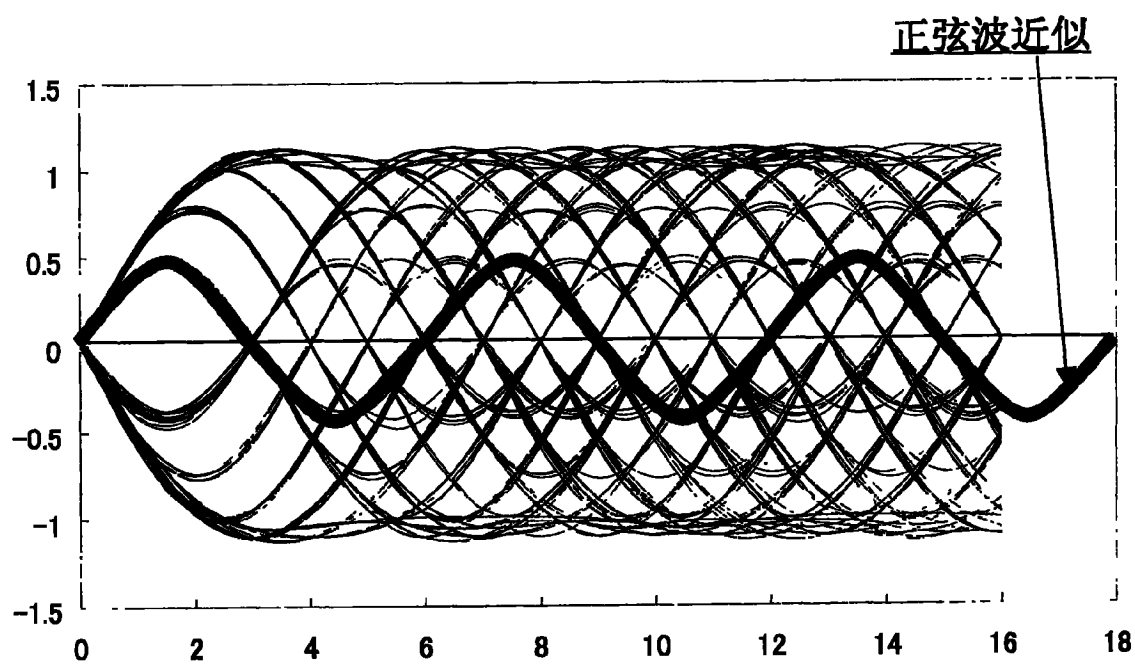


图 7

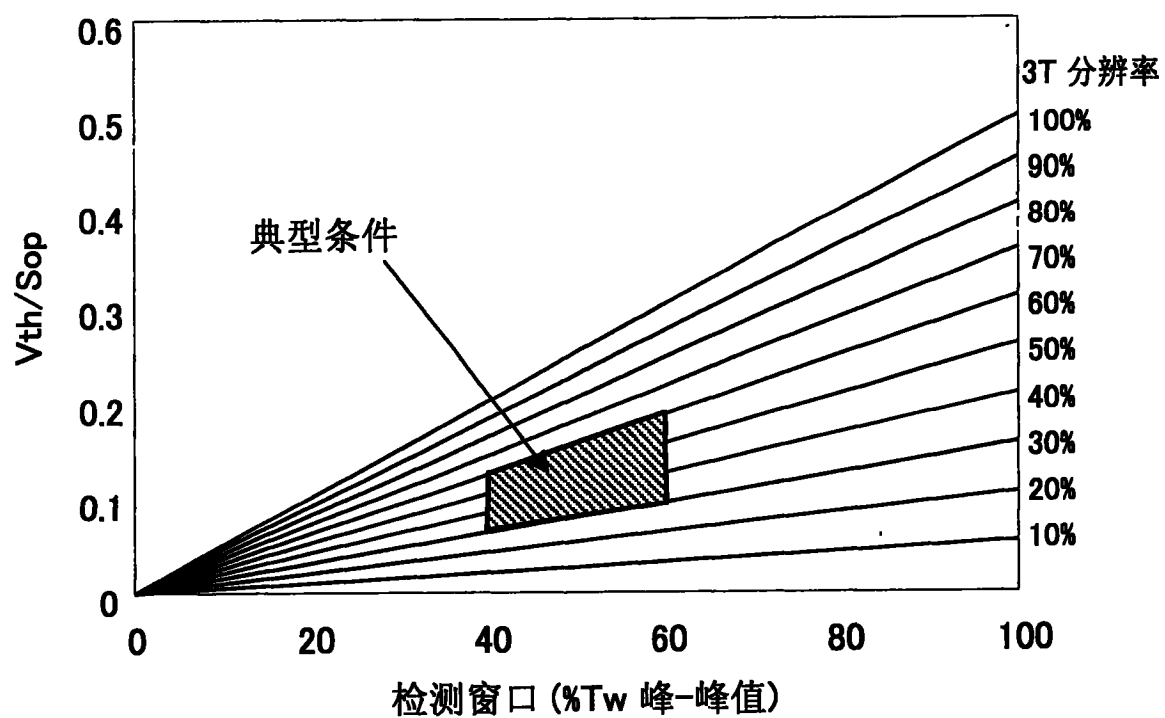
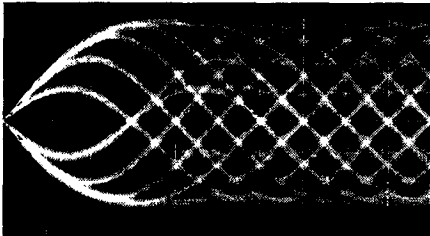
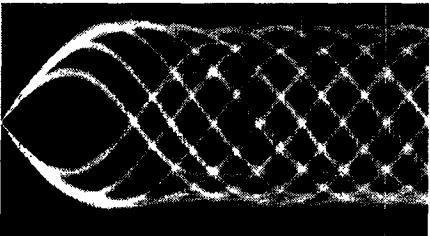
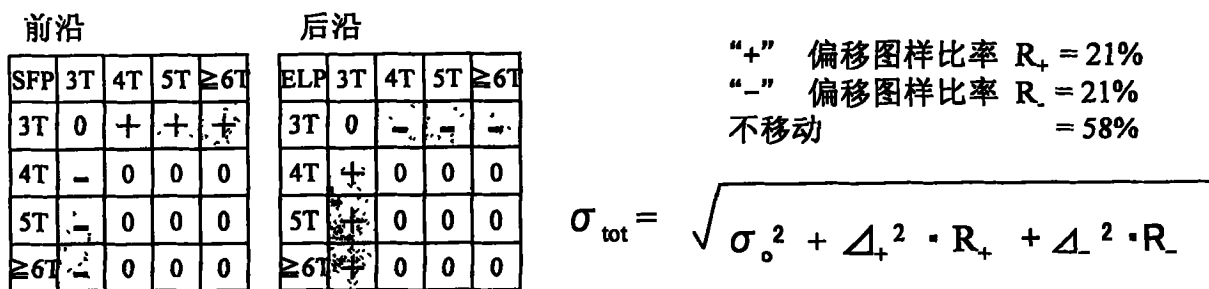


图 8

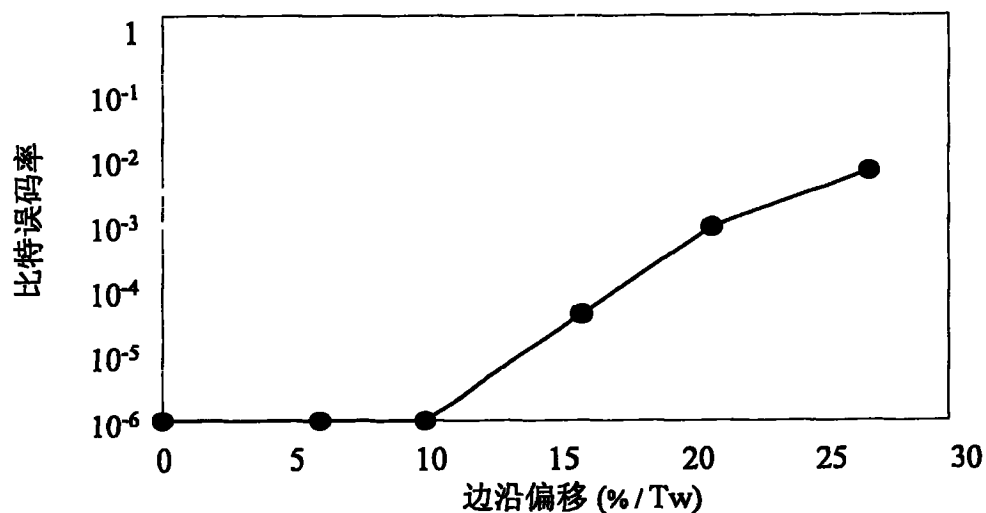
物镜 NA	波形	边沿偏移表																																																		
0.60	抖动 = 5.2%, 分辨率 = 37%	前沿	后沿																																																	
		<table><tr><th>SFP</th><th>3T</th><th>4T</th><th>5T</th><th>≥6T</th></tr><tr><td>3T</td><td>2</td><td>5</td><td>3</td><td>-2</td></tr><tr><td>4T</td><td>-4</td><td>0</td><td>-2</td><td>-5</td></tr><tr><td>5T</td><td>-3</td><td>1</td><td>-1</td><td>-5</td></tr><tr><td>≥6T</td><td>1</td><td>4</td><td>3</td><td>-1</td></tr></table>	SFP	3T	4T	5T	≥6T	3T	2	5	3	-2	4T	-4	0	-2	-5	5T	-3	1	-1	-5	≥6T	1	4	3	-1	<table><tr><th>ELP</th><th>3T</th><th>4T</th><th>5T</th><th>≥6T</th></tr><tr><td>3T</td><td>-2</td><td>-5</td><td>-2</td><td>2</td></tr><tr><td>4T</td><td>4</td><td>0</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>5T</td><td>3</td><td>-1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>≥6T</td><td>-1</td><td>-5</td><td>-2</td><td>1</td></tr></table>	ELP	3T	4T	5T	≥6T	3T	-2	-5	-2	2	4T	4	0	2	3	5T	3	-1	2	3	≥6T	-1	-5	-2
SFP	3T	4T	5T	≥6T																																																
3T	2	5	3	-2																																																
4T	-4	0	-2	-5																																																
5T	-3	1	-1	-5																																																
≥6T	1	4	3	-1																																																
ELP	3T	4T	5T	≥6T																																																
3T	-2	-5	-2	2																																																
4T	4	0	2	3																																																
5T	3	-1	2	3																																																
≥6T	-1	-5	-2	1																																																
		[单位 = %/Tw]																																																		
0.65	抖动 = 6.0%, 分辨率 = 61%	前沿	后沿																																																	
		<table><tr><th>SFP</th><th>3T</th><th>4T</th><th>5T</th><th>≥6T</th></tr><tr><td>3T</td><td>2</td><td>8</td><td>8</td><td>4</td></tr><tr><td>4T</td><td>-7</td><td>1</td><td>0</td><td>-3</td></tr><tr><td>5T</td><td>-8</td><td>-1</td><td>-1</td><td>-5</td></tr><tr><td>≥6T</td><td>-4</td><td>2</td><td>2</td><td>-1</td></tr></table>	SFP	3T	4T	5T	≥6T	3T	2	8	8	4	4T	-7	1	0	-3	5T	-8	-1	-1	-5	≥6T	-4	2	2	-1	<table><tr><th>ELP</th><th>3T</th><th>4T</th><th>5T</th><th>≥6T</th></tr><tr><td>3T</td><td>-3</td><td>-8</td><td>-8</td><td>-4</td></tr><tr><td>4T</td><td>6</td><td>-1</td><td>0</td><td>3</td></tr><tr><td>5T</td><td>8</td><td>-1</td><td>2</td><td>5</td></tr><tr><td>≥6T</td><td>4</td><td>-3</td><td>-1</td><td>2</td></tr></table>	ELP	3T	4T	5T	≥6T	3T	-3	-8	-8	-4	4T	6	-1	0	3	5T	8	-1	2	5	≥6T	4	-3	-1
SFP	3T	4T	5T	≥6T																																																
3T	2	8	8	4																																																
4T	-7	1	0	-3																																																
5T	-8	-1	-1	-5																																																
≥6T	-4	2	2	-1																																																
ELP	3T	4T	5T	≥6T																																																
3T	-3	-8	-8	-4																																																
4T	6	-1	0	3																																																
5T	8	-1	2	5																																																
≥6T	4	-3	-1	2																																																
		[单位 = %/Tw]																																																		

均衡条件：放大 5.5dB (DVD-RAM 标准)

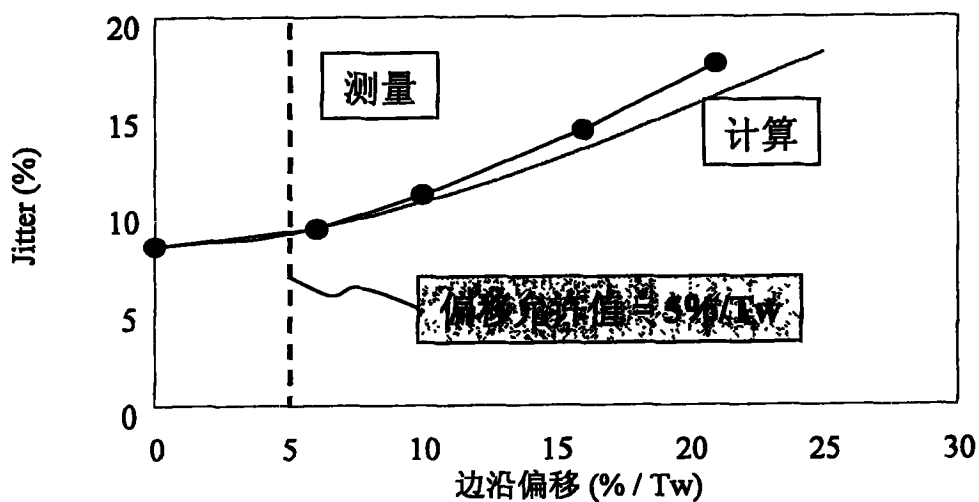
图 9



(a) 计算和测量条件



(b) 边沿偏移 vs. 比特误码率



(c) 边沿偏移 vs. 抖动

图 10

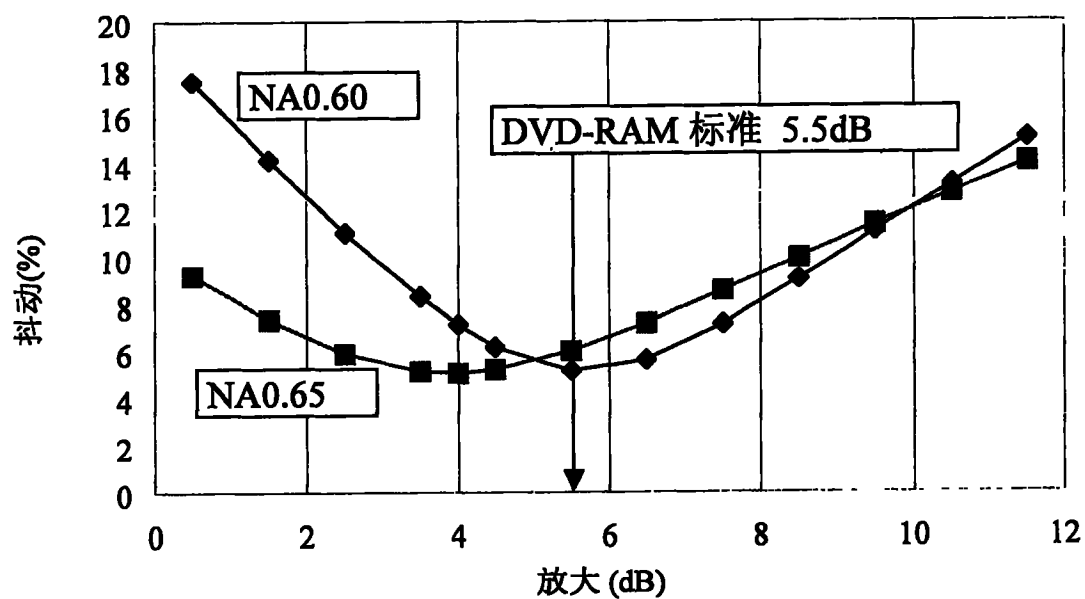


图 11

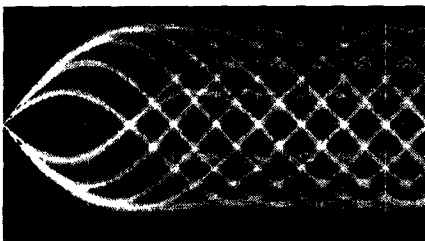
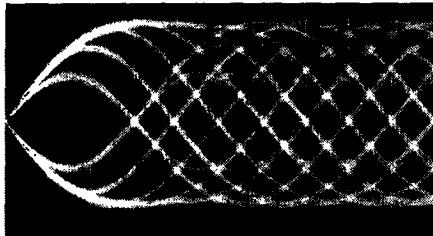
物镜 NA	波形	边沿偏移表																																																			
0.60 均衡： 放大=5.5dB (DVD-RAM 标准)	抖动 = 5.2%, 分辨率 = 37% 	前沿 <table><tr><th>SFP</th><th>3T</th><th>4T</th><th>5T</th><th>≥6T</th></tr><tr><td>3T</td><td>2</td><td>5</td><td>3</td><td>-2</td></tr><tr><td>4T</td><td>-4</td><td>0</td><td>-2</td><td>-3</td></tr><tr><td>5T</td><td>-3</td><td>1</td><td>-1</td><td>-3</td></tr><tr><td>≥6T</td><td>1</td><td>4</td><td>3</td><td>-1</td></tr></table>	SFP	3T	4T	5T	≥6T	3T	2	5	3	-2	4T	-4	0	-2	-3	5T	-3	1	-1	-3	≥6T	1	4	3	-1	后沿 <table><tr><th>ELP</th><th>3T</th><th>4T</th><th>5T</th><th>≥6T</th></tr><tr><td>3T</td><td>-2</td><td>-5</td><td>-2</td><td>2</td></tr><tr><td>4T</td><td>4</td><td>0</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>5T</td><td>3</td><td>-1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>≥6T</td><td>-1</td><td>-5</td><td>-2</td><td>1</td></tr></table> [单位 = %/Tw]	ELP	3T	4T	5T	≥6T	3T	-2	-5	-2	2	4T	4	0	2	3	5T	3	-1	2	3	≥6T	-1	-5	-2	1
SFP	3T	4T	5T	≥6T																																																	
3T	2	5	3	-2																																																	
4T	-4	0	-2	-3																																																	
5T	-3	1	-1	-3																																																	
≥6T	1	4	3	-1																																																	
ELP	3T	4T	5T	≥6T																																																	
3T	-2	-5	-2	2																																																	
4T	4	0	2	3																																																	
5T	3	-1	2	3																																																	
≥6T	-1	-5	-2	1																																																	
0.65 均衡： 放大=4.0dB	抖动 = 5.1%, 分辨率 = 52% 	前沿 <table><tr><th>SFP</th><th>3T</th><th>4T</th><th>5T</th><th>≥6T</th></tr><tr><td>3T</td><td>2</td><td>5</td><td>3</td><td>-2</td></tr><tr><td>4T</td><td>-4</td><td>0</td><td>-2</td><td>-4</td></tr><tr><td>5T</td><td>-4</td><td>1</td><td>-1</td><td>-3</td></tr><tr><td>≥6T</td><td>1</td><td>4</td><td>3</td><td>-1</td></tr></table>	SFP	3T	4T	5T	≥6T	3T	2	5	3	-2	4T	-4	0	-2	-4	5T	-4	1	-1	-3	≥6T	1	4	3	-1	后沿 <table><tr><th>ELP</th><th>3T</th><th>4T</th><th>5T</th><th>≥6T</th></tr><tr><td>3T</td><td>-2</td><td>-5</td><td>-2</td><td>2</td></tr><tr><td>4T</td><td>4</td><td>0</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>5T</td><td>3</td><td>-1</td><td>2</td><td>4</td></tr><tr><td>≥6T</td><td>-1</td><td>-5</td><td>-2</td><td>1</td></tr></table> [单位 = %/Tw]	ELP	3T	4T	5T	≥6T	3T	-2	-5	-2	2	4T	4	0	2	3	5T	3	-1	2	4	≥6T	-1	-5	-2	1
SFP	3T	4T	5T	≥6T																																																	
3T	2	5	3	-2																																																	
4T	-4	0	-2	-4																																																	
5T	-4	1	-1	-3																																																	
≥6T	1	4	3	-1																																																	
ELP	3T	4T	5T	≥6T																																																	
3T	-2	-5	-2	2																																																	
4T	4	0	2	3																																																	
5T	3	-1	2	4																																																	
≥6T	-1	-5	-2	1																																																	

图 12

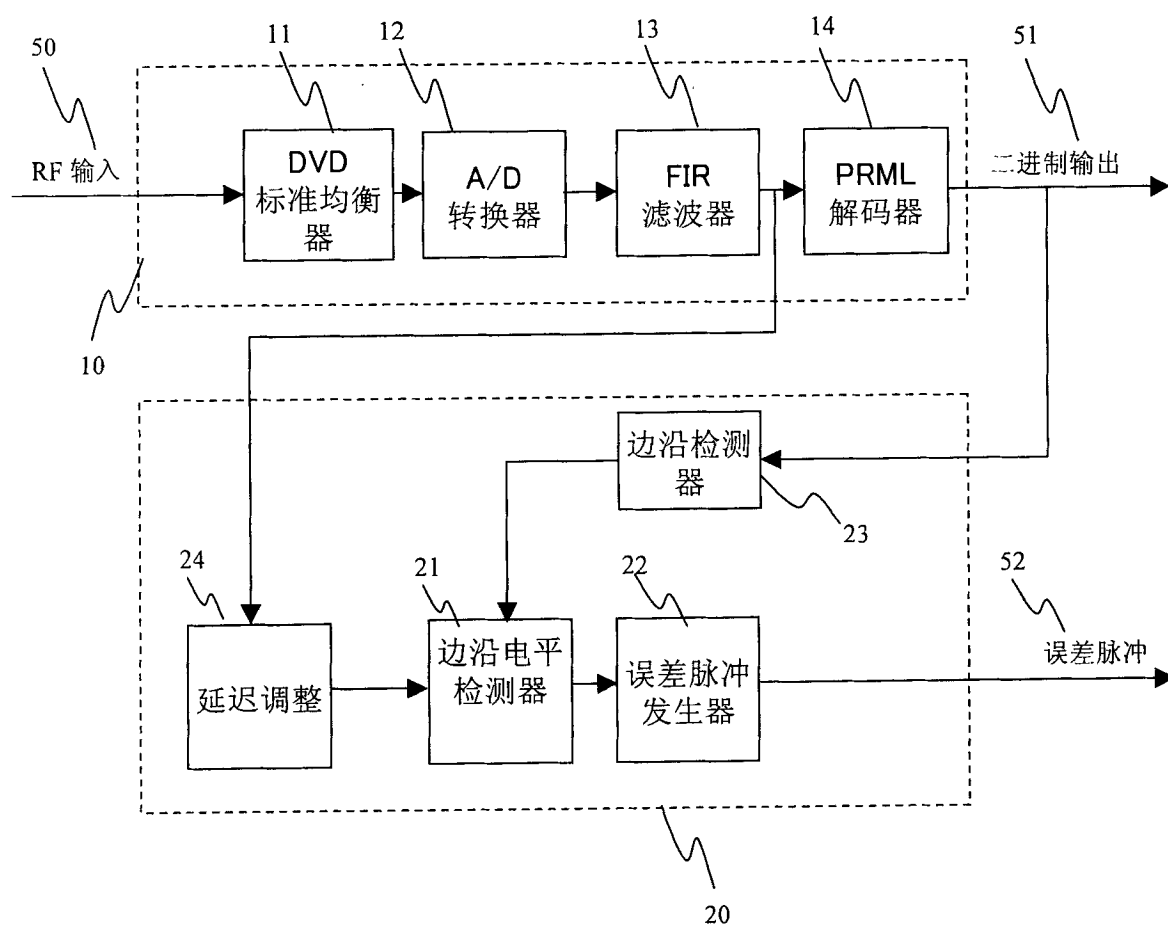


图 13

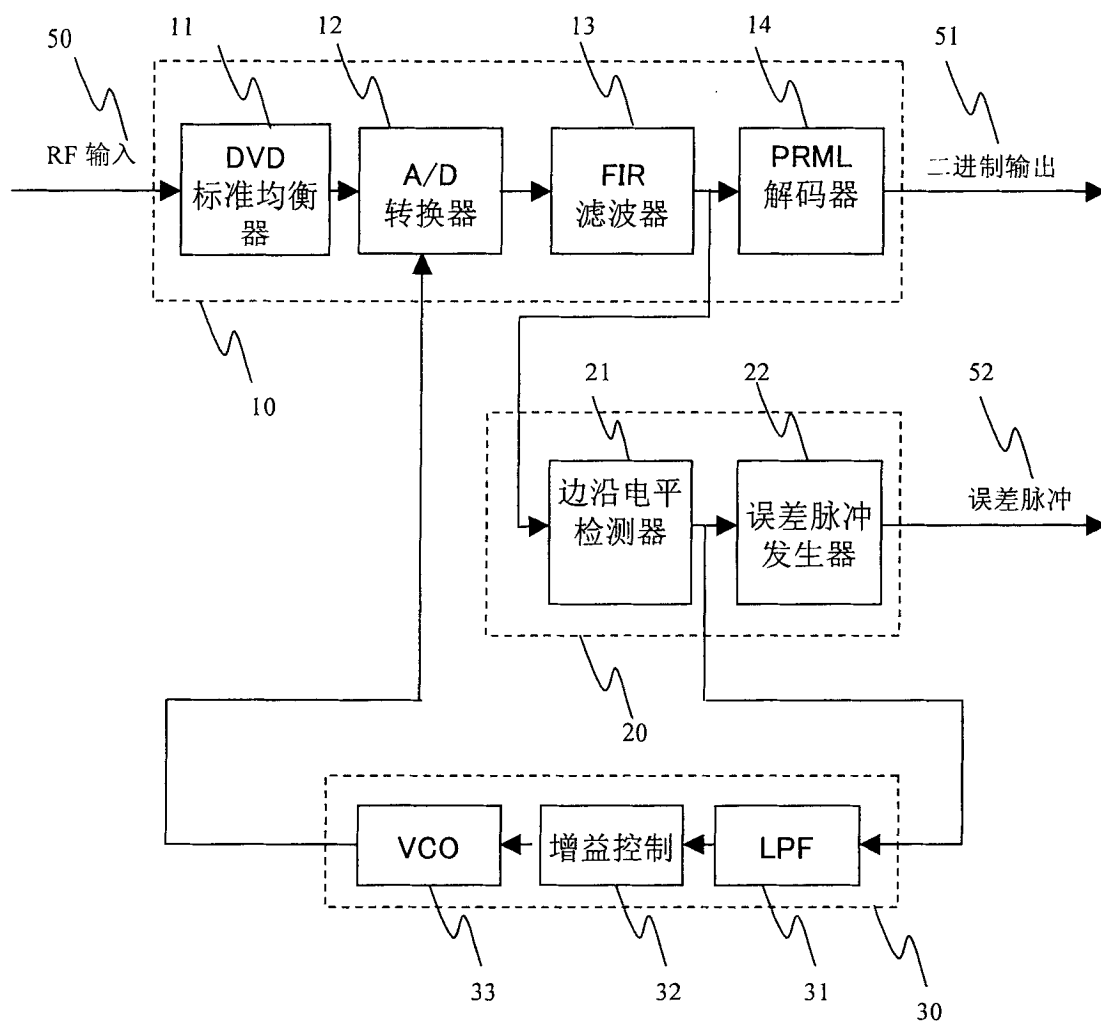


图 14

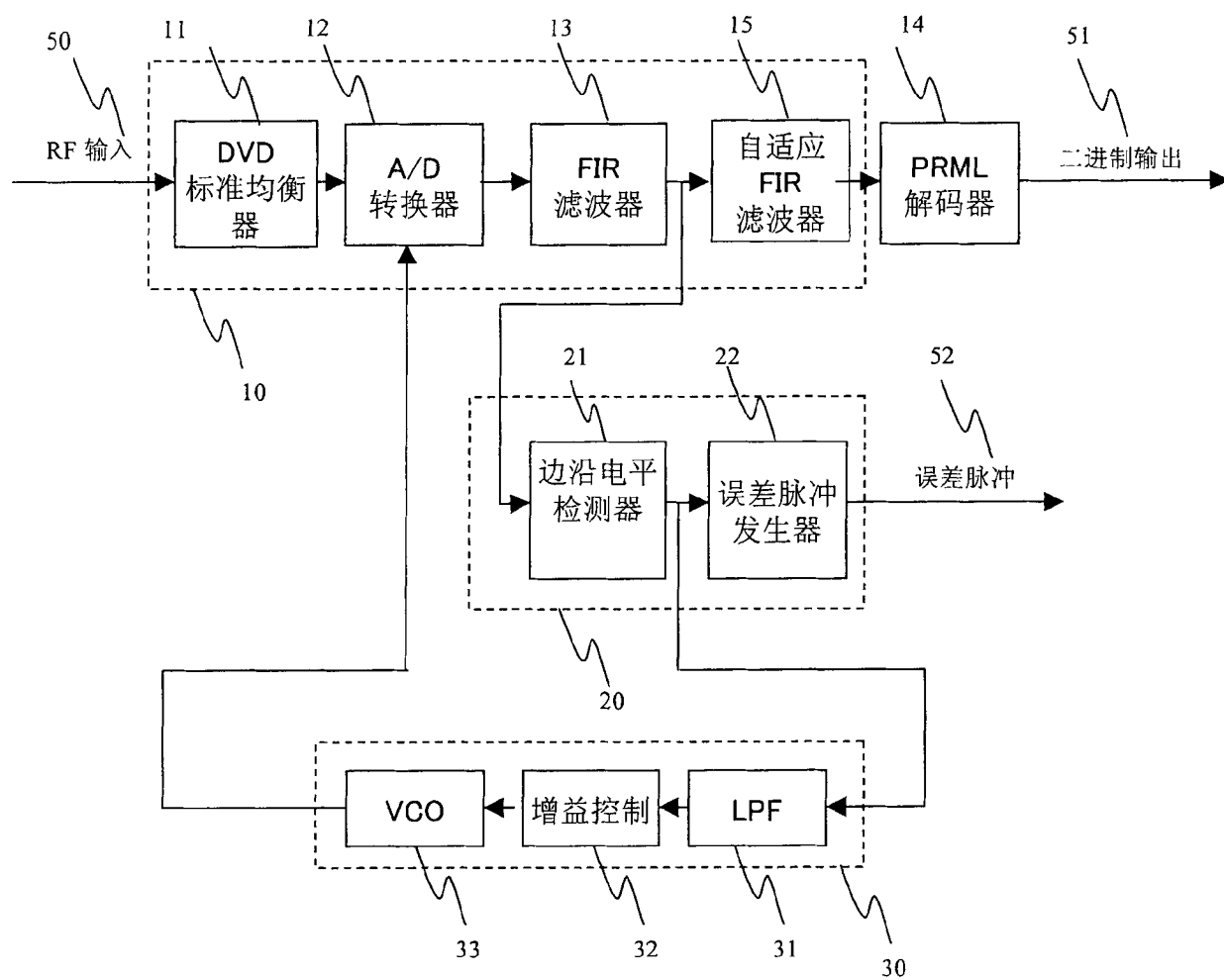


图 15

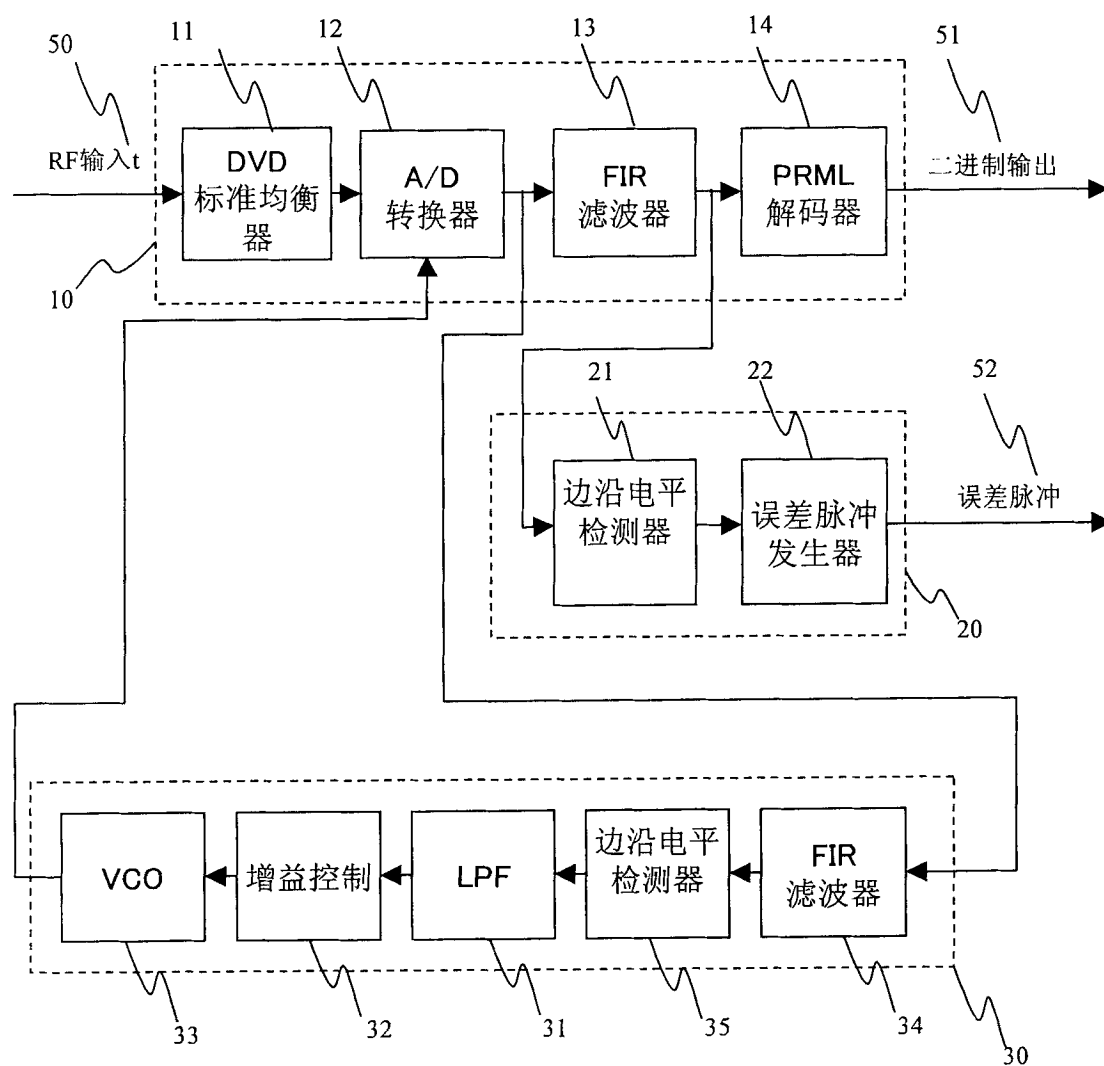
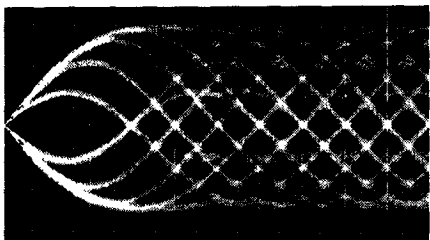
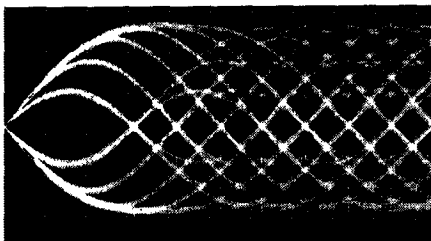


图 16

物镜 NA	波形	边沿偏移表																																																			
0.60 均衡： 放大=5.5dB (DVD-RAM 标准)	抖动 = 5.2%, 分辨率 = 37% 	前沿 <table><tr><th>SFP</th><th>3T</th><th>4T</th><th>5T</th><th>≥6T</th></tr><tr><td>3T</td><td>2</td><td>5</td><td>3</td><td>-2</td></tr><tr><td>4T</td><td>-4</td><td>0</td><td>-2</td><td>-3</td></tr><tr><td>5T</td><td>-3</td><td>1</td><td>-1</td><td>-3</td></tr><tr><td>≥6T</td><td>1</td><td>4</td><td>3</td><td>-1</td></tr></table>	SFP	3T	4T	5T	≥6T	3T	2	5	3	-2	4T	-4	0	-2	-3	5T	-3	1	-1	-3	≥6T	1	4	3	-1	后沿 <table><tr><th>ELP</th><th>3T</th><th>4T</th><th>5T</th><th>≥6T</th></tr><tr><td>3T</td><td>-2</td><td>-5</td><td>-2</td><td>2</td></tr><tr><td>4T</td><td>4</td><td>0</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>5T</td><td>3</td><td>-1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>≥6T</td><td>-1</td><td>-5</td><td>-2</td><td>1</td></tr></table> [单位 = %/Tw]	ELP	3T	4T	5T	≥6T	3T	-2	-5	-2	2	4T	4	0	2	3	5T	3	-1	2	3	≥6T	-1	-5	-2	1
SFP	3T	4T	5T	≥6T																																																	
3T	2	5	3	-2																																																	
4T	-4	0	-2	-3																																																	
5T	-3	1	-1	-3																																																	
≥6T	1	4	3	-1																																																	
ELP	3T	4T	5T	≥6T																																																	
3T	-2	-5	-2	2																																																	
4T	4	0	2	3																																																	
5T	3	-1	2	3																																																	
≥6T	-1	-5	-2	1																																																	
0.65 均衡： 放大=5.5dB (DVD-RAM 标准) + 15抽头 FIR(*)	抖动 = 4.2%, 分辨率 = 38% 	前沿 <table><tr><th>SFP</th><th>3T</th><th>4T</th><th>5T</th><th>≥6T</th></tr><tr><td>3T</td><td>-1</td><td>-1</td><td>-1</td><td>-2</td></tr><tr><td>4T</td><td>-2</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>5T</td><td>-1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>≥6T</td><td>-1</td><td>-2</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	SFP	3T	4T	5T	≥6T	3T	-1	-1	-1	-2	4T	-2	0	0	0	5T	-1	0	0	0	≥6T	-1	-2	0	0	后沿 <table><tr><th>ELP</th><th>3T</th><th>4T</th><th>5T</th><th>≥6T</th></tr><tr><td>3T</td><td>-1</td><td>-0</td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td>4T</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>5T</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>≥6T</td><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>1</td></tr></table> [单位 = %/Tw]	ELP	3T	4T	5T	≥6T	3T	-1	-0	1	2	4T	0	0	0	0	5T	0	1	1	0	≥6T	0	1	2	1
SFP	3T	4T	5T	≥6T																																																	
3T	-1	-1	-1	-2																																																	
4T	-2	0	0	0																																																	
5T	-1	0	0	0																																																	
≥6T	-1	-2	0	0																																																	
ELP	3T	4T	5T	≥6T																																																	
3T	-1	-0	1	2																																																	
4T	0	0	0	0																																																	
5T	0	1	1	0																																																	
≥6T	0	1	2	1																																																	

(*) 使用LSE方法对 PR 类 (1,2.8,3.8,3.8,2.8,1)进行的着眼于边沿的最优化.

图 17

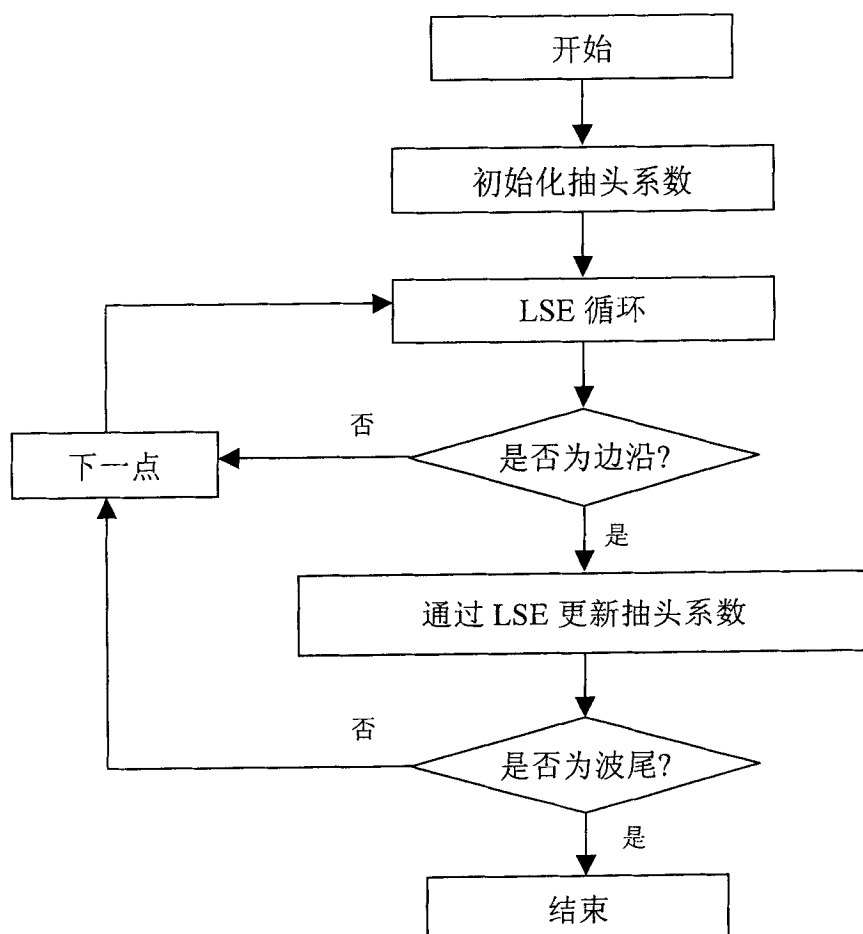
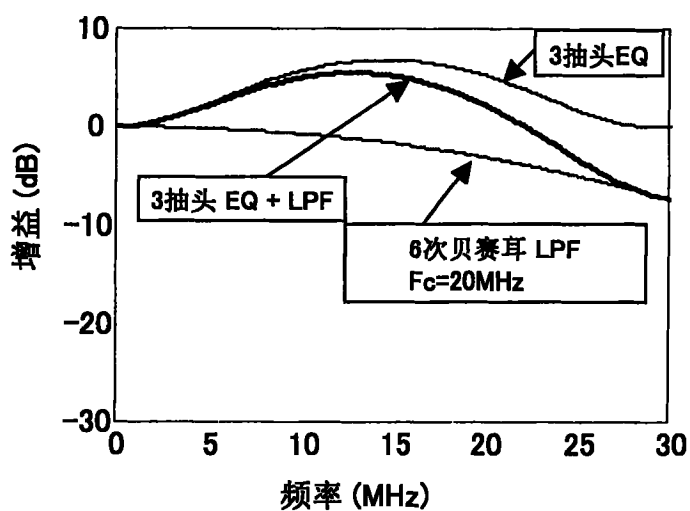
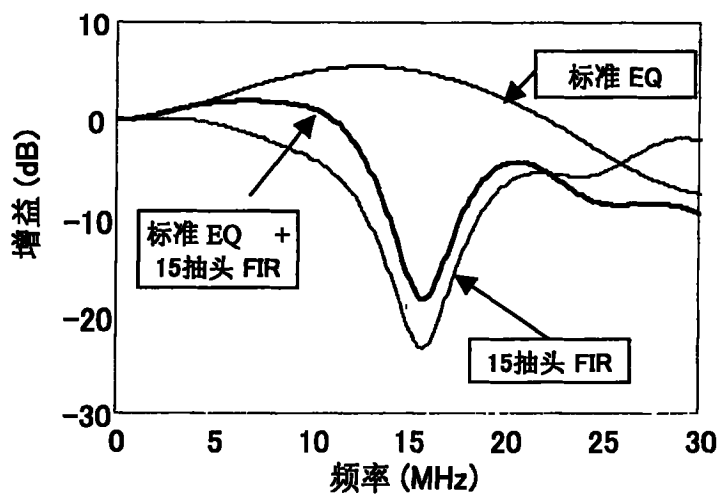


图 18



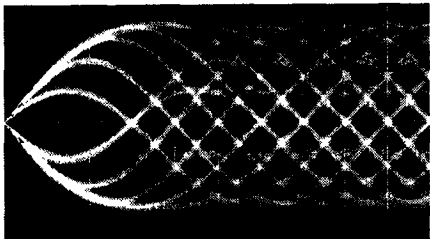
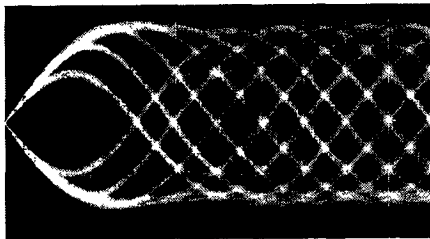
(a) DVD-RAM 标准均衡器的频率响应



(b) NA=0.65 的补偿均衡器的频率响应。

通过着眼于边沿的LSE方法为PR类 (1,2.8,3.8,3.8,2.8,1) 获得抽头系数

图 19

均衡条件	波形	边沿偏移表																																																		
DVD-RAM 标准 (5.5dB)	抖动 = 5.2%, 分辨率 = 37%	前沿	后沿																																																	
		<table><tr><th>SFP</th><th>3T</th><th>4T</th><th>5T</th><th>≥6T</th></tr><tr><td>3T</td><td>2</td><td>5</td><td>3</td><td>-2</td></tr><tr><td>4T</td><td>-4</td><td>0</td><td>-2</td><td>-3</td></tr><tr><td>5T</td><td>-3</td><td>1</td><td>-1</td><td>-3</td></tr><tr><td>≥6T</td><td>1</td><td>4</td><td>3</td><td>-1</td></tr></table>	SFP	3T	4T	5T	≥6T	3T	2	5	3	-2	4T	-4	0	-2	-3	5T	-3	1	-1	-3	≥6T	1	4	3	-1	<table><tr><th>ELP</th><th>3T</th><th>4T</th><th>5T</th><th>≥6T</th></tr><tr><td>3T</td><td>-2</td><td>-5</td><td>-2</td><td>2</td></tr><tr><td>4T</td><td>4</td><td>0</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>5T</td><td>3</td><td>-1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>≥6T</td><td>-1</td><td>-5</td><td>-2</td><td>1</td></tr></table>	ELP	3T	4T	5T	≥6T	3T	-2	-5	-2	2	4T	4	0	2	3	5T	3	-1	2	3	≥6T	-1	-5	-2
SFP	3T	4T	5T	≥6T																																																
3T	2	5	3	-2																																																
4T	-4	0	-2	-3																																																
5T	-3	1	-1	-3																																																
≥6T	1	4	3	-1																																																
ELP	3T	4T	5T	≥6T																																																
3T	-2	-5	-2	2																																																
4T	4	0	2	3																																																
5T	3	-1	2	3																																																
≥6T	-1	-5	-2	1																																																
DVD-RAM 标准 + 用于 PR(3,4,4,3) 自适应 FIR	抖动 = 7.7%, 分辨率 = 59%	前沿	后沿																																																	
		<table><tr><th>SFP</th><th>3T</th><th>4T</th><th>5T</th><th>≥6T</th></tr><tr><td>3T</td><td>2</td><td>10</td><td>10</td><td>6</td></tr><tr><td>4T</td><td>-7</td><td>1</td><td>2</td><td>-1</td></tr><tr><td>5T</td><td>-10</td><td>-2</td><td>0</td><td>-5</td></tr><tr><td>≥6T</td><td>-6</td><td>1</td><td>3</td><td>-2</td></tr></table>	SFP	3T	4T	5T	≥6T	3T	2	10	10	6	4T	-7	1	2	-1	5T	-10	-2	0	-5	≥6T	-6	1	3	-2	<table><tr><th>ELP</th><th>3T</th><th>4T</th><th>5T</th><th>≥6T</th></tr><tr><td>3T</td><td>-2</td><td>-10</td><td>-11</td><td>-6</td></tr><tr><td>4T</td><td>7</td><td>-1</td><td>-2</td><td>2</td></tr><tr><td>5T</td><td>10</td><td>2</td><td>0</td><td>5</td></tr><tr><td>≥6T</td><td>7</td><td>-1</td><td>-2</td><td>2</td></tr></table>	ELP	3T	4T	5T	≥6T	3T	-2	-10	-11	-6	4T	7	-1	-2	2	5T	10	2	0	5	≥6T	7	-1	-2
SFP	3T	4T	5T	≥6T																																																
3T	2	10	10	6																																																
4T	-7	1	2	-1																																																
5T	-10	-2	0	-5																																																
≥6T	-6	1	3	-2																																																
ELP	3T	4T	5T	≥6T																																																
3T	-2	-10	-11	-6																																																
4T	7	-1	-2	2																																																
5T	10	2	0	5																																																
≥6T	7	-1	-2	2																																																

物镜 NA = 0.60
自适应 FIR 滤波器 : 15抽头

图 20

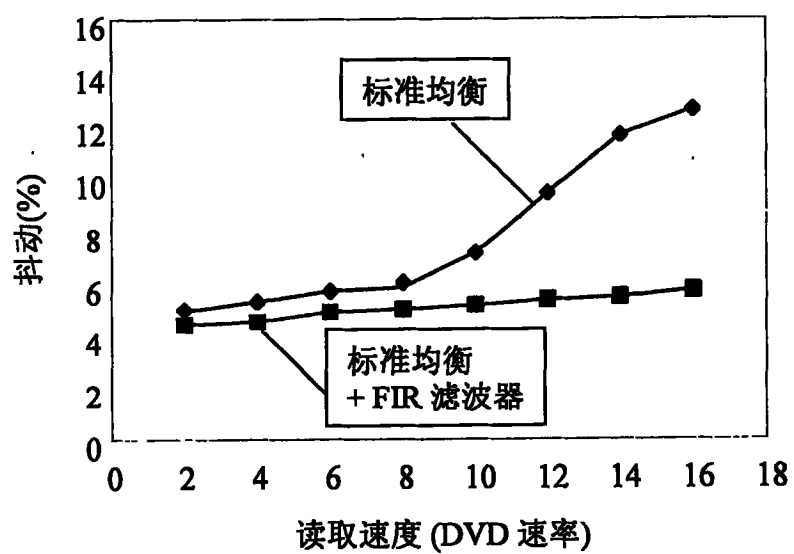


图 21

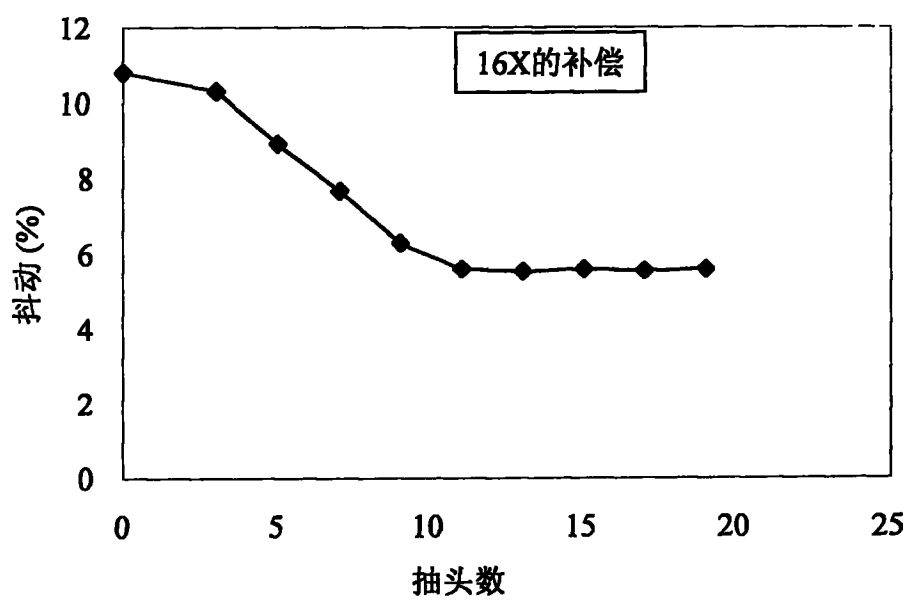


图 22

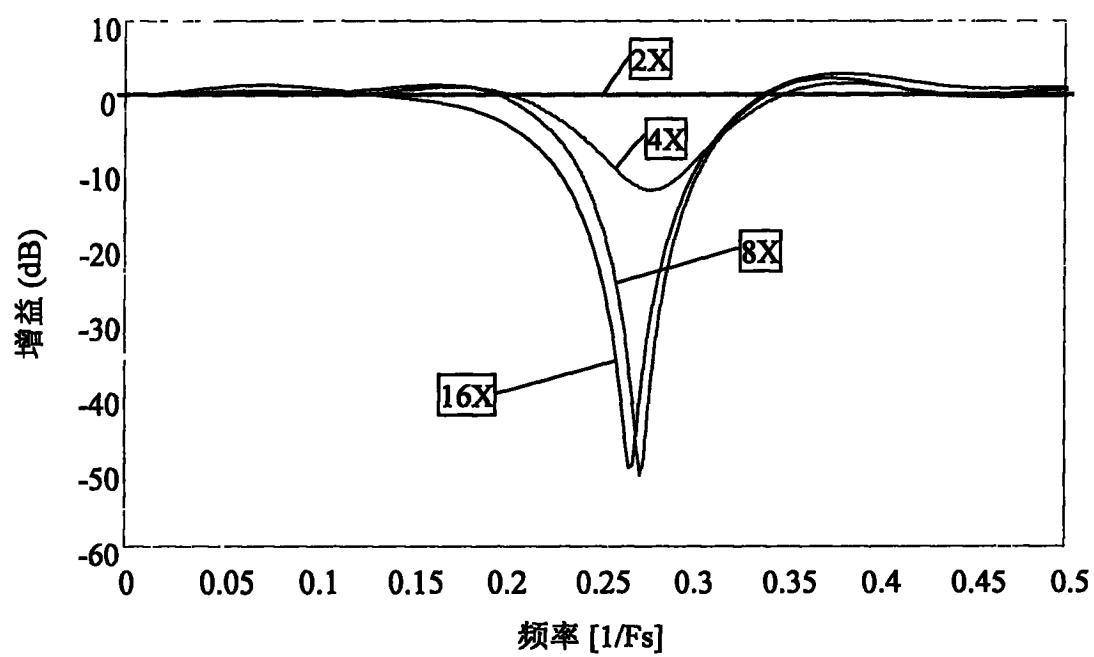
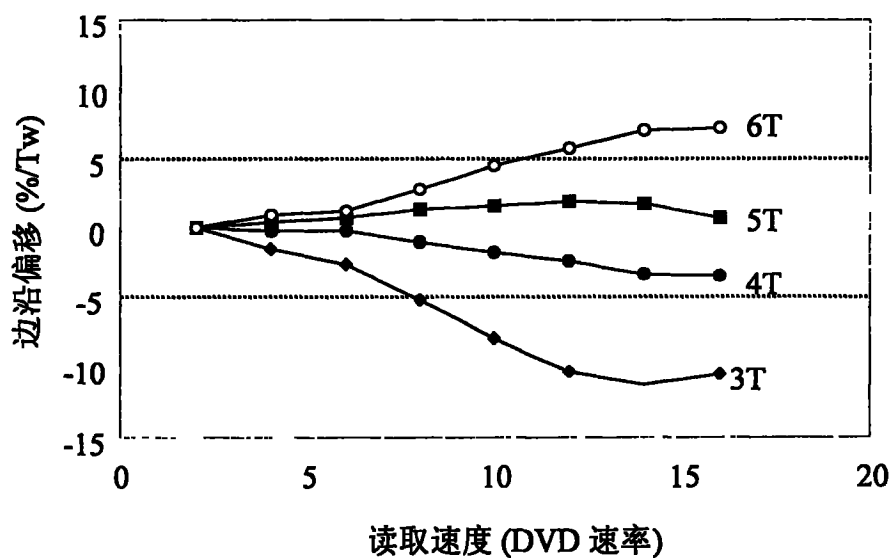
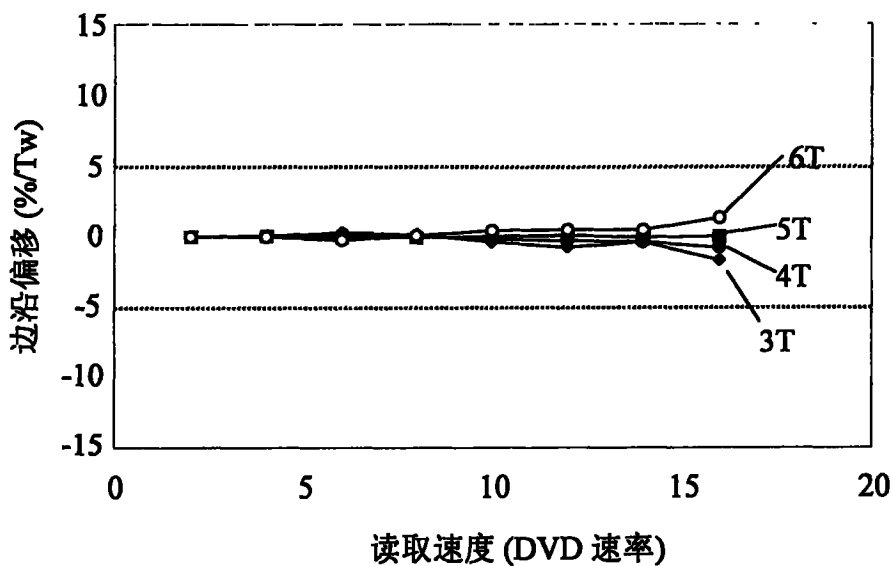


图 23



(a) DVD-RAM 标准均衡条件下的平均边沿偏移



(b) 在DVD-RAM 标准均衡条件下并由15抽头FIR滤波器补偿后的平均边沿偏移

图 24

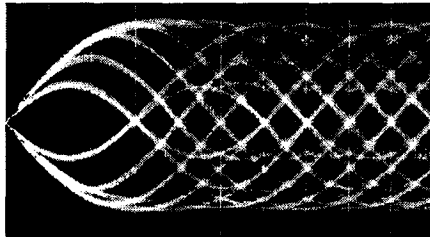
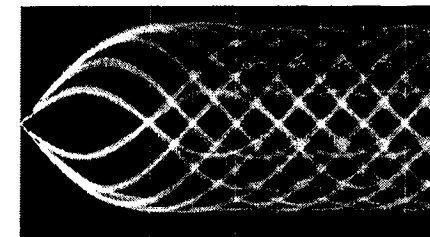
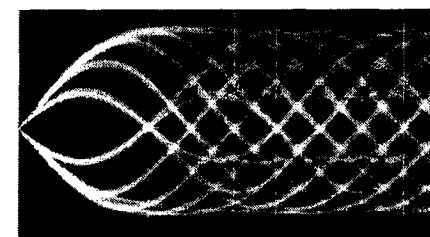
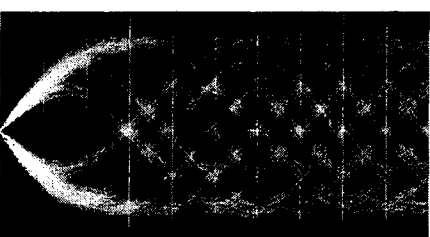
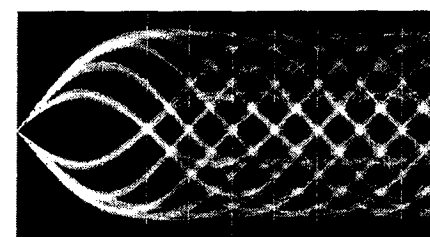
读取速度	标准均衡	标准均衡 + FIR
2X	抖动 = 4.8% 	抖动 = 4.6% 
4X	抖动 = 5.1% 	抖动 = 4.6% 
8X	抖动 = 5.8% 	抖动 = 5.1% 
16X	抖动 = 12.6% 	抖动 = 5.7% 

图 25

抽头	2X	4X	6X	8X	10X	12X	14X	16X
-7	0	-0.040	-0.059	-0.052	-0.051	-0.048	-0.034	-0.037
-6	0	0.022	0.061	0.044	0.043	0.028	0.002	0.009
-5	0	0.037	0.020	0.039	0.053	0.062	0.071	0.068
-4	0	-0.069	-0.091	-0.099	-0.117	-0.122	-0.114	-0.139
-3	0	-0.004	0.007	-0.002	-0.018	-0.022	-0.017	0.009
-2	0	0.087	0.105	0.122	0.149	0.168	0.176	0.211
-1	0	-0.035	-0.041	-0.043	-0.025	-0.023	-0.020	-0.045
0	1	0.909	0.907	0.899	0.892	0.908	0.909	0.890
1	0	0.073	0.062	0.073	0.047	0.015	-0.012	-0.005
2	0	0.135	0.151	0.184	0.215	0.241	0.227	0.218
3	0	-0.107	-0.083	-0.112	-0.091	-0.065	-0.032	-0.028
4	0	-0.130	-0.157	-0.191	-0.224	-0.251	-0.218	-0.176
5	0	0.138	0.098	0.133	0.112	0.088	0.057	0.044
6	0	0.037	0.102	0.083	0.104	0.122	0.091	0.052
7	0	-0.054	-0.082	-0.079	-0.089	-0.099	-0.085	-0.071

图 26

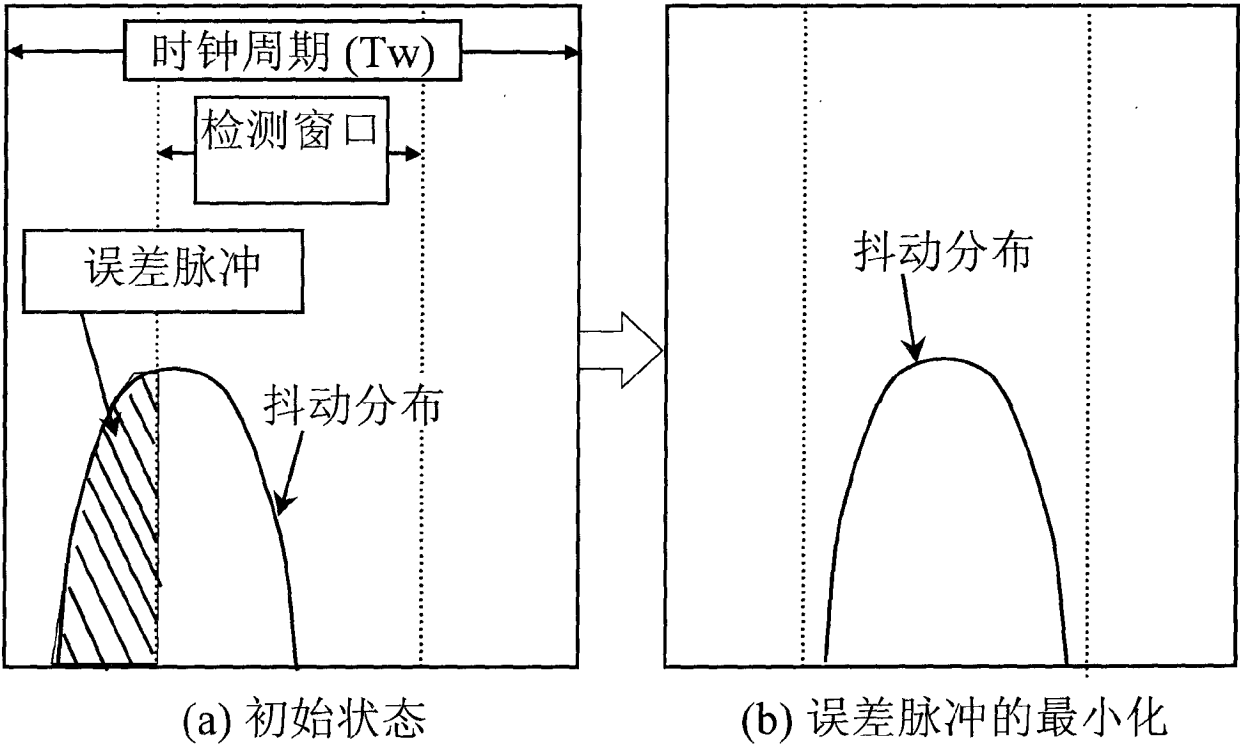


图 27

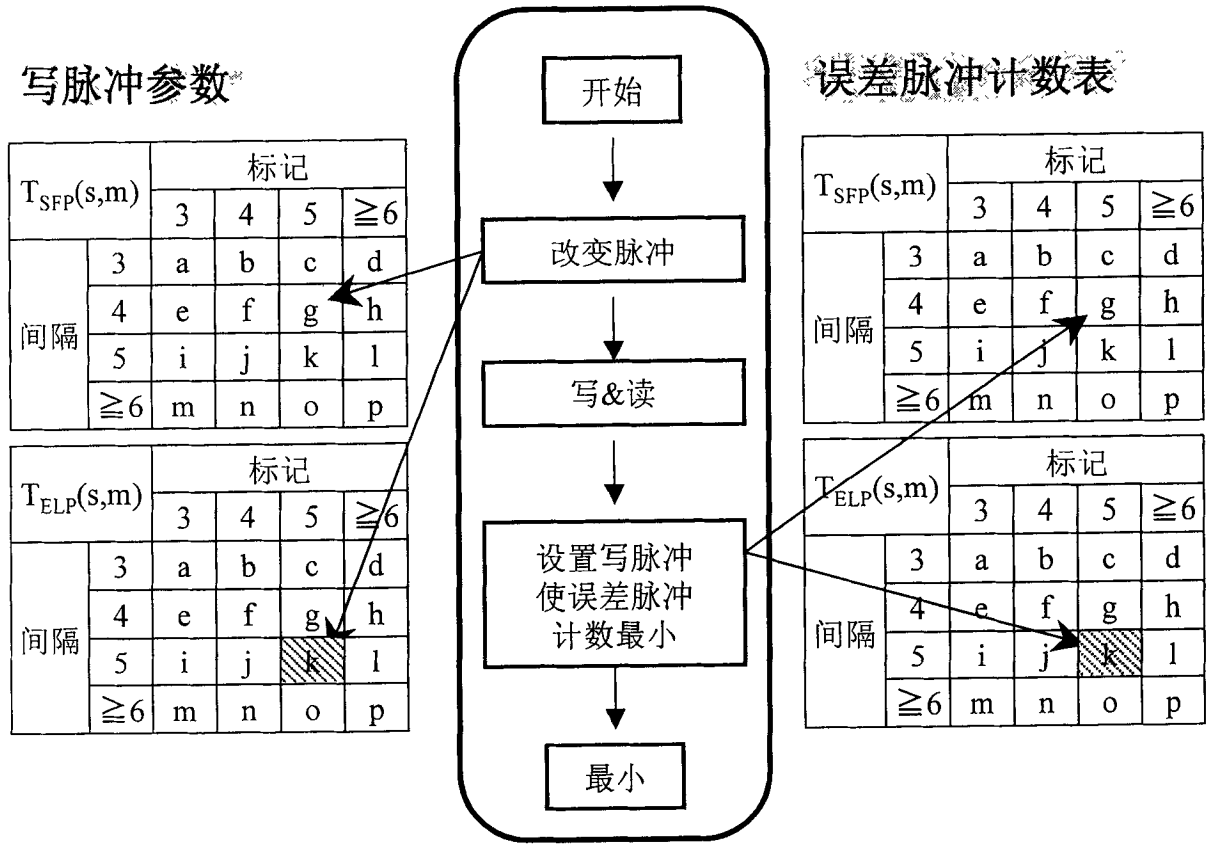


图 28

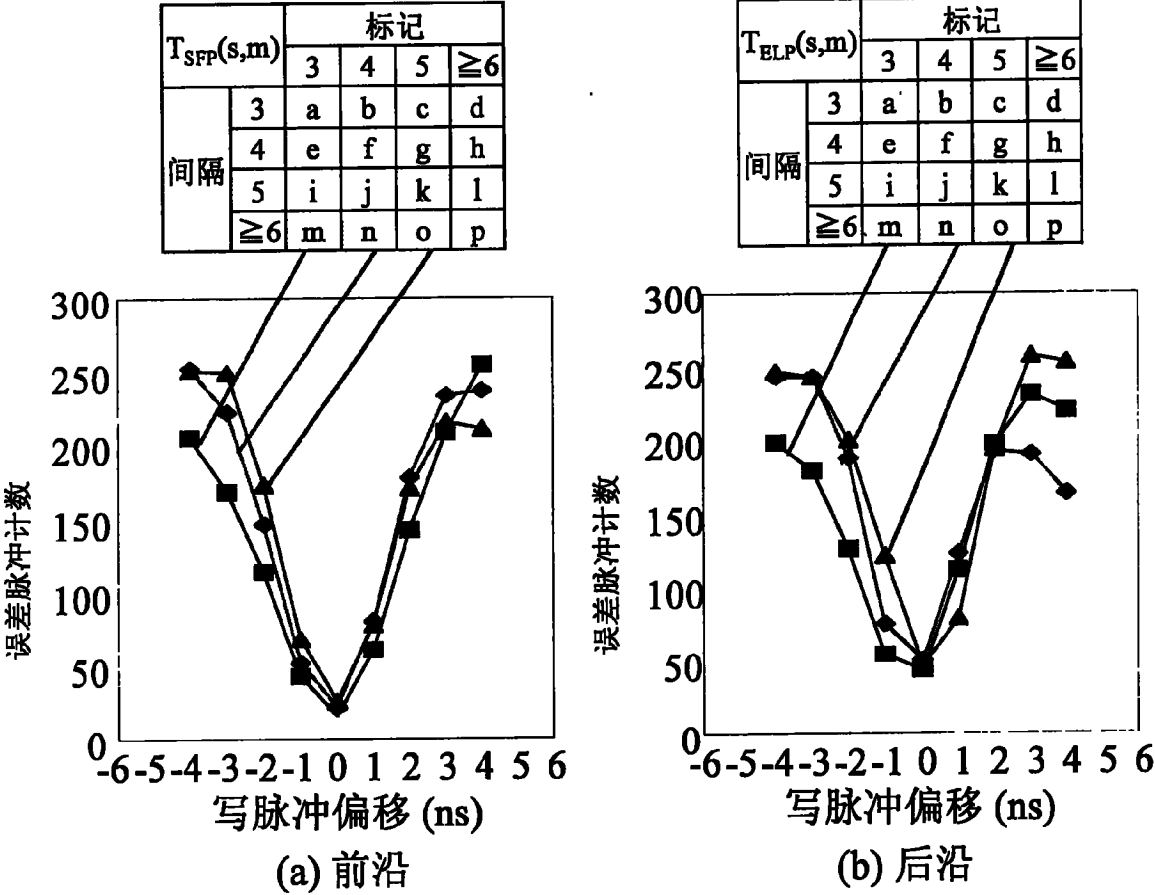


图 29

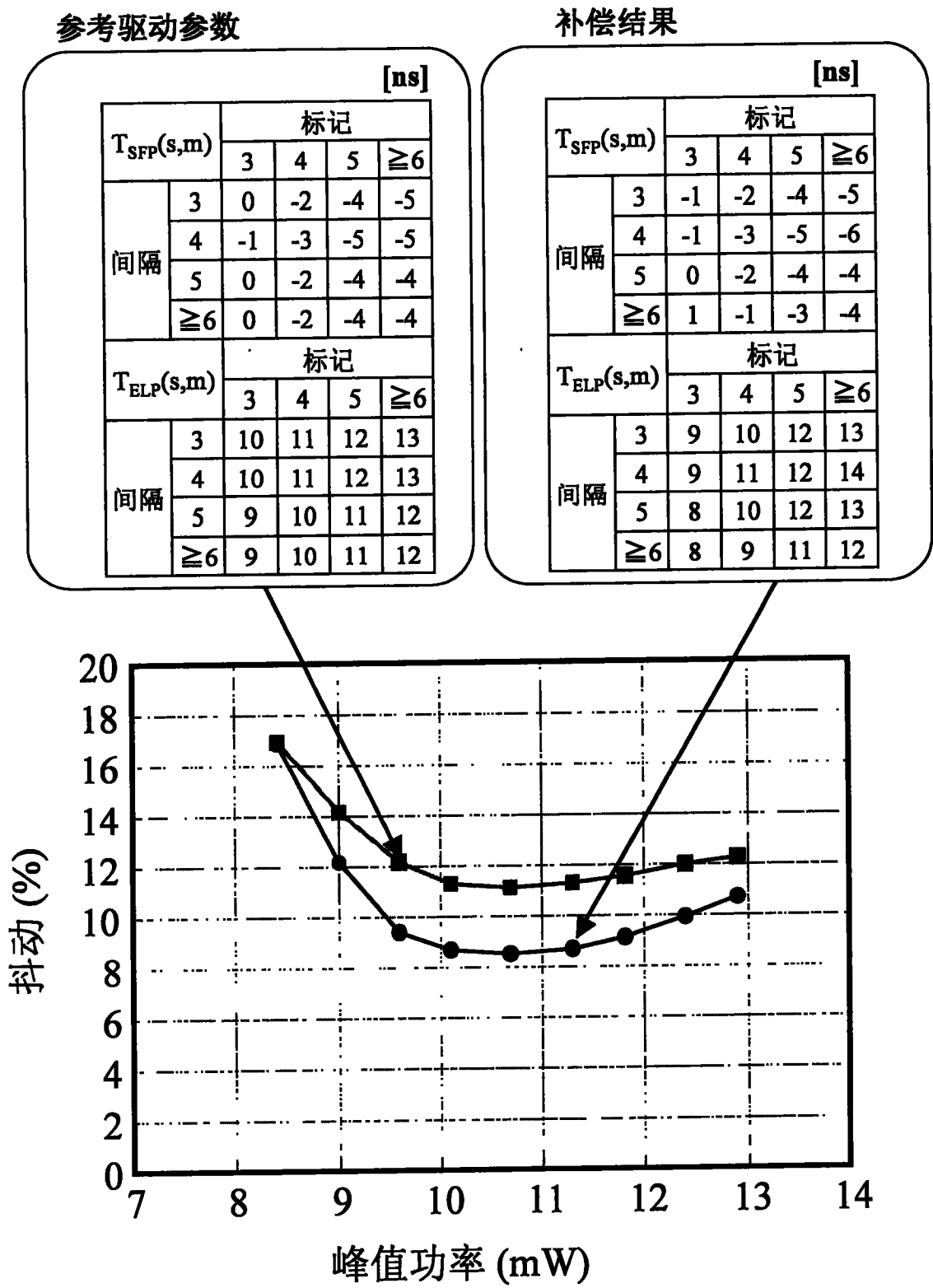


图 30

读取条件		写入/测试-写入速度			
		第一次写入		重写10次	
测量	速度	6X	16X	6X	16X
抖动	2X	4.7%	4.6%	7.6%	8.9%
	6X	5.2%	5.3%	7.8%	8.9%
	16X	5.8%	5.8%	7.9%	9.1%
利用 PR(3,4,4,3)ML 方法的 比特误码率	2X	$<10^{-7}$	$<10^{-7}$	$<10^{-7}$	4×10^{-7}
	6X	$<10^{-7}$	$<10^{-7}$	$<10^{-7}$	4×10^{-7}
	16X	$<10^{-7}$	$<10^{-7}$	$<10^{-7}$	4×10^{-7}

图 31

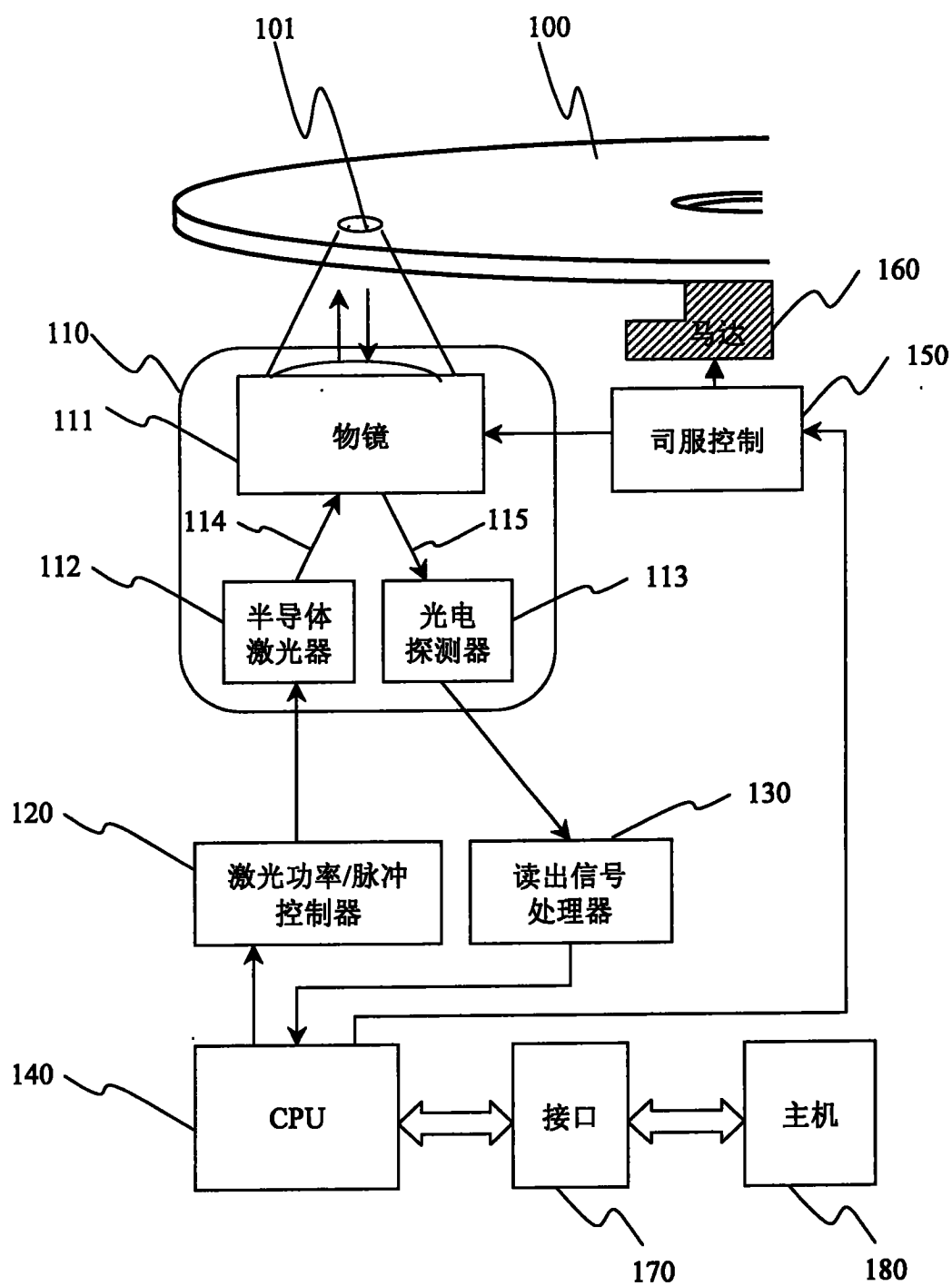


图 32