

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G11B 21/02

G11B 21/10

G11B 20/10



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01119346.8

[45] 授权公告日 2005 年 12 月 21 日

[11] 授权公告号 CN 1232980C

[22] 申请日 2001.5.30 [21] 申请号 01119346.8

[30] 优先权

[32] 2000.5.31 [33] US [31] 09/583,832

[71] 专利权人 日立环球储存科技荷兰有限公司

地址 荷兰阿姆斯特丹

[72] 发明人 爱德华·J·亚查克

审查员 朱 朔

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利

商标事务所

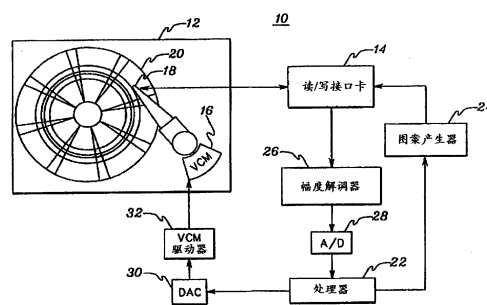
代理人 李德山

权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 5 页

[54] 发明名称 在数据存储介质上伺服写入的方法

[57] 摘要

一种用于在数据存储设备的数据存储介质上伺服写入的方法和系统，在自伺服写入过程中进行多记录道定位，以及用于在伺服写入步长横过存储介质时控制误差增加。来自以前写入记录道的多个短脉冲的读回幅度被使用抛物线插值关系来合并，用于在把短脉冲写入在后续记录道上时定位。该技术对于读取元件与写入元件在伺服写入步长横过介质的方向上相分离的系统来说特别有用。并且还公开了一种用于控制误差增加的技术，其中参考波形被推导并且被存储用于在写入后续记录道时使用。如此所公开，当适当计算了加权时，从多记录道定位信号得出的各个参考调节量被在控制误差增加的加权和合并。



1. 一种用于在数据存储设备的数据存储介质的伺服记录道上写入幅度短脉冲的方法，在该数据存储设备中，写入元件的中心沿着写入幅度短脉冲步进的方向偏离读取元件的中心，所述方法包括：

对基于使用由读取元件在包括读取元件的中心记录道、该中心记录道的前一个记录道和该中心记录道的下一个记录道的3个连续的记录道中读取的读回幅度的抛物线插值形式获得的信号的位置进行第一伺服控制，其中该抛物线插值形式为 $P = (V_C - V_A) / 2(2V_B - V_A - V_C)$ ；

在所述伺服控制期间由所述写入元件将一个或多个幅度短脉冲写入到数据存储介质的伺服记录道；

在由写入元件写幅度短脉冲期间获得读取元件的位置误差信号；以及

在读取元件移动到伺服记录道且写入元件将幅度短脉冲写入到下一个伺服记录道的同时使用位置误差信号进行第二伺服控制。

2. 根据权利要求1的方法，其中由读取元件读取的中心幅度短脉冲的读回幅度高于前一个幅度短脉冲的读回幅度和下一个幅度短脉冲的读回幅度。

在数据存储介质上伺服写入的方法

技术领域

本发明涉及数据存储介质。更特别地，本发明涉及在存储介质上伺服图案 (servo pattern) 的自伺服写入。

背景技术

自伺服写入已经变成一种用于在磁盘文件 (disk file) 上产生伺服图案的引人注目的技术，因为它消除了对昂贵的外部定位系统的需要，并且可以在净室环境以外进行。通常，该技术涉及使用安装在磁盘驱动器“原位”的激励器 (actuator) 上的读和写元件来初始写入伺服图案，然后该图案用于在用户的驱动操作过程中正确定位激励器。

用于径向定位伺服图案和圆周定时图案的自传导的技术最近已经得到发展。例如，在共同转让的美国第 5,659,436 号专利中名为“用于磁盘文件伺服写入的径向自传导图案产生方法” (其全文被包含于此以供参考)，在写入下一个伺服记录道时用于控制磁头位置的伺服位置信号被从一个步长 (step) 以前写入的单个记录道的读回幅度中推导。但是，在当前的磁盘文件中，读取元件可能偏离激励器上的写入元件几个记录道。当读-写元件偏离变大时，则需要使用来自几个以前写入记录道的读回幅度的组合来提高用于下一个记录道的位置信号，如在共同转让的美国第 5,757,574 号专利中 (其全文被包含于此以供参考)，名为“包括把参考电平保持在可用的动态范围内的用于自伺服写入的方法和系统”。在这种情况下，由于读取和写入元件之间的偏离，从而不能到达紧接着在被写入记录道之前的记录道。每次把不同的加权因子以加权求和的关系应用到其反馈幅度上时，该处理的结果是给定记录道以便在几个后续记录道上确定伺服位置。

在径向自传导方面的关键挑战是当激励器步进经过磁盘表面以写入后续伺服图案记录道时，控制记录道形状误差增加。上述技术补偿读写元件偏离，但是还没有提供一种用于控制记录道形状误差增加的方法。

发明内容

根据本发明，在此伴随着一种多记录道定位技术，公开了一种用于当沿着记录介质进行伺服写入步进（step）时控制误差增加的方法。

对此，在第一方面中，本发明是一种用于在数据存储介质上伺服写入的方法，在存储介质中读取元件的中心沿着伺服写入步进的方向与读取元件的中心相分离。当使用从在多个记录道上以前写入的其它短脉冲的各个读回幅度推导一个位置信号时，一个或多个短脉冲被写入在存储介质一个记录道上。一个参考波形被推导为一个位置误差波形的函数。位置误差波形对应于与其它短脉冲相关的读取元件的一个或多个位置误差。当读取元件与一个记录道相重叠时，在写入存储介质上的随后记录道时使用该参考波形。

在一个实施例中，通过如下步骤推导该参考波形：计算位置波形的离散傅利叶变换的至少一个复系数；由一个复数滤波因子 f 乘以该复系数，从而产生至少一个滤波系数；计算该至少一个滤波系数的反离散傅利叶变换；以及把该反离散傅利叶变换加到一个正常 (nominal) 平均参考电平以形成该参考波形。滤波器系数 f 可以从用于伺服写入的伺服回路的闭环响应 C 的预定函数来计算。来自各个记录道的多个参考波形被合并在一个加权和中，其权重是分别根据在每个记录道的位置中转移的位置信号的相对灵敏度而计算的。

在本发明另一个实施例中，可以与上文公开的第一方面相结合使用或分离使用，提供一种用于在数据存储介质上伺服写入的方法，其中写入元件的中心至少沿着伺服写入步进的方向与读取元件的中心相分离。在该多记录道定位实施例中，当使用在多个记录道上以前写入的其它短脉冲的各个读回幅度推导的位置信号来伺服时，一个或多个短脉冲被写入在存储介质的一个记录道上。在该实施例中，该位置信号是使用在多个记录道上以前写入的其它短脉冲的读回幅度的抛物线插值推导的。

在一个实施例中，三个记录道被用于抛物线插值中，即具有最高的读回幅度的中心记录道，在具有较低幅度的中心记录道之前的记录道，以及在具有另一个较低幅度的中心记录道之后的记录道。抛物线

插值函数的特定形式也在此公开。

附图说明

关于本发明的主题事项在说明的结论部分中特别明确指出和申明。但是，通过参照下文优选实施例和附图的详细描述，本发明的组织和实现方法以及其它目的和优点将更加清楚，其中：

图 1 示出具有用于本发明的自伺服写入中的存储介质、相关伺服电子元件的数据存储装置；

图 2 示出图 1 的存储介质的一部分，其中示出示例记录道以及写入在其中的自伺服写入短脉冲 (burst)；

图 3 是根据本发明来自五个以前写入的记录道的短脉冲以及重叠抛物线插值函数的曲线图；

图 4 为实际与插值的磁头位置的的潜在非线性的曲线图；以及

图 5 本发明的技术的流程图，其中误差的增长得到控制。

具体实施方式

图 1 示出数据存储系统 10 的示例元件，其用于径向自传导 (self-propagation) 和伺服图案写入。磁盘文件 12 连接到电子元件，用于在介质 20 上读取和写入图案，以及用于激励移动激励器的音圈电机 (voice coil motor, "VCM") 16，该激励器以磁头 18 为末端，并且大约径向地横过介质 20。处理器 22 控制在介质的所选择区域上写入磁性跃变的图案的一个图案产生器 24。来自读取元件的 RF 读回信号被解调以产生幅度信号，反映具有磁性跃变的以前写入图案的读取元件的重叠。该幅度信号通过模-数转换器 28 ("A/D") 数字化，并被处理器 22 所分析，以获得一个位置信号。处理器 22 计算数字控制信号，其被数-模转换器 ("DAC") 30 转换为模拟形式，并被 VCM 驱动电路 32 处理为控制电流，以驱动 VCM 16，并且适当地定位磁头 18。

图 2 示出一部分记录介质，它被分为几个传导记录道 100、101、102 等等，同时每个记录道被分为几个扇区，第一扇区 116 一般紧接着在由来自磁盘转轴电机驱动器的一个标志 (index) 脉冲所确定的磁盘旋转标志之后。每个扇区进一步被分为包含用于传导的幅度短脉冲的区域 117，以及区域 118，其保留用于精确定时传导系统，以及用于写入实际产品伺服图案，包括扇区标识字段以及幅度短脉冲或者相

位编码图案。在本系统的一个实施例中，传导短脉冲区域 117 将在用户操作过程中在自伺服写入之后由用户数据所重写。除了包含产品伺服图案的部分之外的所有区域 118 可能还被用户数据所重写。

每个传导短脉冲区域进一步分为多个短脉冲间隙，用于传导的幅度短脉冲被写入其中。在该例子中，示出标号为 0-7 的 8 个间隙。还示出的是在该介质上的一个示例位置中的读取元件 200 和写入元件 202。写入元件被定位在写入记录道 105 上，并且由于大的偏离，读取元件跨过几个以前写入的记录道。在一半数据柱面间隔的一个伺服记录道间隔上，读取元件一般可以在任何时候重叠三条记录道，如图 2 中所示。

在本图中，交叉阴影线的短脉冲表示在已经被写入的记录道上的短脉冲。（由于大的读-写偏差，必须根据可被采用的多个记录道在伺服之前预先准备几个初始记录道。现有的用于准备该初始记录道组的各种方法包括公开于共同转让、共同递交的美国专利申请，名为“使用柔性碰撞止块来控制磁头运动在自伺服写入系统创建初始记录道组的方法”，其全文被包含于此以供参考。在此假设存在一组初始记录道。）

多记录道定位信号：

在本发明的多记录道伺服模式中，所有 3 个读回幅度被用于利用抛物线插值公式来计算伺服定位信号。这在图 3 中示出，其中示出解调的读回信号与表示用于 3 个相关时隙的数字化数值的点，以及由该 3 个读数所确定的抛物线。由于初始记录道被以所需间隔写入，所以用于抛物线的水平轴以伺服记录道或时隙数为单位。

抛物线的峰值被定位在位置 P，由下式给出：

$$(1) P = \frac{1}{2} \cdot \frac{V_C - V_A}{2V_B - V_A - V_C},$$

其中， V_A 、 V_B 和 V_C 是 3 个短脉冲的读回幅度。中央 B 短脉冲假设具有最高的读回幅度。A 短脉冲在 B 之前的一个步骤中写入，并且 C 短脉冲在 B 之后的一个步骤中写入。上述方程给出相对于 B 记录道位置的峰值位置，并且位于 -0.5 和 +0.5 之间。伺服位置信号 PS 等于 B

记录道数加上 P 。在图 3 中，例如， B 记录道数为 2，从而 PS 大约为 2.3。

由于可用时隙的有限数目，因此时隙数当记录道数增加时回到零，从而记录道和时隙之间的关系不总是如该例子中那么简单。但是，用从 0 到 $N-1$ 标号的 N 个时隙，容易计算与给定记录道相关的时隙数，因为它等于记录道数目以 N 为模。

与单短脉冲伺服模式不同，在该单短脉冲伺服模式中位置信号表示一个分数幅度（范围=0-1），而多短脉冲信号表示读取元件可以在任何时刻读取的 3 个有效信号记录道的插值记录道号。因此，在 PS 中的 1.0 改变对应于一个伺服步长。但是，差值的 PS 值不总是磁头位置的完全线性函数，从而不同的灵敏度在可能 P 数值的范围上变化。非线性的部分来自读回曲线中的弯曲，但是一些非线性部分由抛物线近似而产生。图 4 示出 PS 与用于典型磁头的位置的曲线图。

该曲线的形状取决于读取宽度、写入宽度和伺服记录道间隔。当写入新的伺服记录道时，磁头总是向前以等于非线性曲线的周期的一步长为单位步进。因此，非线性不直接影响记录道间隔。

要被写入的下一个记录道位于现有记录道之前，并且对于图 2 中所示的情况例如可以是记录道号 105。由于写入元件位于记录道号 5 上并且读取元件位于 2.3，这对应于具有等于 2.7 步长的读写偏离。在这种情况下，记录道之间的绝对间隔等于读写偏离距离除以 2.7。

向前步进是通过改变输入到伺服器的参考值而实现的。位置误差信号，或者 PES ，等于参考值减去 PS ，并且控制器通过改变 VCM 电流把该误差减小为 0。把 1.0 加到该参考值，使得伺服器重新定位该磁头，从而 PS 增加相同的量。在设置于新的位置之后，下一个记录道被写入。

在一些情况下，特别是对于旋转激励器，读写偏离随着激励器在磁盘上弧线运动而改变。为了避免绝对记录道间隔的改变，必须调整要进行写入的点 P 。这种逐步改变可以用类似于美国 5,659,436 号专利中所述的方式通过在大约每 40 个记录道处停止而处理，或者测量最

后几个记录道的柱面与柱面的间隔，并且小量调整伺服参考值来维持想要的间隔。如果该间隔太大，则参考值将略为减小。这对应于把读取元件相对于传导方向向后偏移，从而使下一个写入记录道更加接近现有的记录道。对于随后步长的参考增量刚好保持 1.0，但是减小了记录道间隔。

PS 非线性对伺服器的开环增益有直接影响。在传导过程中偏移改变的情况下，需要补偿以保持伺服器稳定性。并且，如下文所述，误差增加的适当控制包括根据伺服器的闭环响应而计算，使得它接近保持为恒量。这可以通过用因子调整该伺服增益而实现，该因子根据使用在一个代表的磁盘文件 (disk file) 上的外部定位装置测量的位置非线性曲线而确定。

另外，闭环响应的定位测量可以通过把正弦调制信号应用到伺服参考值，并且测量位置误差信号，或者 PES，的结果调制的幅度和相位而完成。闭环响应等于一减去 PES 与所应用的参考调制之间的比值。无论何时部分伺服点 P 被改变以保持恒定的记录道间隔，闭环响应将被测量，并且伺服增益被调整，直到获得足够的紧密匹配。另外，伺服增益可以在几个表示分数伺服点处的传导开始时确定，并且被插值以产生整个传导本身的新增益。

在实践中，传输函数仅仅需要以单一频率测量。良好的选择是闭环响应的幅度大约为 0.5 (一般为旋转频率的 10-15 倍)。该频率足够高，使得象激励器旋转特性这样的细节具有非常小的影响，同时该频率足够低以使得伺服响应可以被快速和准确地测量。还可以避免类似于激励器的蝶形模式的大共振。采用频率的良好选择，开环或闭环响应的幅度几乎与整个增益因子成正比地变化，使得增益的重复调整成为一个快捷而简单的过程。

控制记录道形状误差增加:

在自伺服写入中，由于当写入一个新的记录道时，伺服器跟随着现有记录道上的误差，记录道形状误差被从一级到下一级传送。记录道形状误差象一个输入到该伺服器的非有意的附加参考值，并且该响

应由系统的闭环传输函数所给出。因此，在一级上的误差将通过闭环响应转换为在下一级上的误差。由于写入误差可随着磁盘的旋转而重复，因此它们可以用离散傅利叶变换表达，该傅利叶变换具有在高达等于扇区数的一半的最大倍频的旋转频率的整数倍上的系数。

一般地，合理的强控制环路具有在低频非常接近于 1、在中频超过 1、以及在高频下降到 0 的闭环响应。除非采用一些形式的误差纠正，否则闭环响应超过 1 的频率分量将随着步数的增加而指数增长。

在美国第 5,659,436 号专利中，记录道形状误差增加的控制涉及在写入一个记录道时计算 PES 的离散傅利叶变换 (Discrete Fourier Transform)，用一个复数滤波因子的矢量 f 乘以该系数，并且反变换以获得交流参考纠正值的时域波形。交流参考纠正值被添加到伺服参考值的直流部分 (也被称为正常平均参考电平)，并且在步入刚刚被写入的记录道之后被使用。滤波因子利用公式 $f=(S-C)/(1-C)$ 计算，其中 C 是等于伺服器在磁盘旋转频率的整数倍处的闭环响应的复数矢量，以及 S 为所需的步到步 (step-to-step) 误差放大因子。随着 S 具有小于 1 的数值，误差衰减，并且传导过程稳定。

在本发明中，此技术被扩展为覆盖上述公开的多记录道伺服处理。如以前一样对每个写入记录道计算参考调整量，并且该参考调整量被存储，以在与写入元件相隔几个步长的读取元件实际到达一个记录道时使用。在上述实施例中，由于多记录道伺服过程在一次涉及三个写入记录道，因此各个参考调整量可以被合并为一个加权和。

更具体来说，参照图 5，本发明的方法包括如下步骤。

伺服控制在由来自三个以前写入记录道的读回幅度所确定的位置 X 处建立 (步骤 S510)。

通过对下一个可用间隙启动径向短脉冲图案的写入，而写入一个新记录道号 W (W 模时隙的数目)。当写入时，伺服器 PES 被对每个扇区记录，得到存储在存储器中的离散时域波形 (步骤 520)。

PES 值的波形被使用离散傅利叶变换，或者 DFT，来变换，以获得一组复数频域系数 (complex, frequency domain

coefficient) (步骤 530)。这些与复数滤波因子 (complex filter factor) 的矢量 f 相乘, 该复数滤波因子的矢量 f 以前已经根据公式 $f=(S-C)/(1-C)$ 计算出来, 其中 C 是伺服闭环响应以及 S 是小于 1 的一个数字 (步骤 540)。扩缩系数被用于执行反 DFT (反离散傅利叶变换), 其得出参考纠正值 R 的离散时域波形。它被存储在存储器中以备以后使用, 并由写入记录道号 W 和扇区 s 作为索引, 即 $R(W, s)$ (步骤 550)。

通过改变伺服参考值 (reference), 使磁头向前步进一个记录道。对于每个扇区的伺服参考值被设为等于直流 (DC) 参考值加上交流 (AC) 参考值。直流参考值等于 $X+1.0$, 并且对每个扇区都相同。交流参考值是三项之和, $w_A R(t_A, s)+w_B R(t_B, s)+w_C R(t_C, s)$ 。其中 A, B 和 C 称为在抛物线近似中由每个记录道所起的作用 (role), 并且 w_A, w_B 和 w_C 是与每个作用相关的加权因子。 R 是以前存储在相应记录道 t_A, t_B 和 t_C 以及扇区 s 的参考纠正值 (步骤 560)。

在磁头被设置在新的记录道位置之后, 一般是磁盘后的一周, 一个新记录道 $W+1$ 被写入, 并且重复该处理。

参考纠正加权因子的适当选择对于控制误差增加是非常重要的。

本发明提供一种保证误差衰减的方法。内在的思想是加权应当反映在记录道位置到 PES 的误差相对分布。假设小的偏差, 通过对导数 $\delta P = \frac{\partial P}{\partial V} \cdot \frac{dV}{dX} \cdot \delta X$ 采用链式法则 (chain rule) 获得位置信号改变。在此, δP 是从记录道位置 δX 中的改变产生的位置信号的改变。该导数取决于被考虑的短脉冲 (A, B, C), 从而需要对所有三个记录道进行分析。对于抛物线插值方法, 方程 1 可以被微分以对每个记录道给出 $\frac{\partial P}{\partial V}$:

$$(2) \frac{\partial P}{\partial V_A} = \frac{P-0.5}{2V_B - V_A - V_C}, \frac{\partial P}{\partial V_B} = \frac{-2P}{2V_B - V_A - V_C}, \frac{\partial P}{\partial V_C} = \frac{P+0.5}{2V_B - V_A - V_C}.$$

在导数的链式中的第二项 $\frac{dV}{dX}$ 是读回曲线 (profile) 的导数。这

可能在磁头之间是不同的, 因此最好在伺服写入过程中或者在开始时实际测量。如果读-写偏离改变, 这可以紧接着在确定新的 DC 伺服参考值之后的重新测量过程中完成。该测量可以如下执行。当伺服到一

一个新位置 $P+\Delta P$ 时，3 个读回幅度被记录。该幅度在位置 $P-\Delta P$ 处被再次测量，并且从第一个读数中减去。在此 ΔP 是位置上的小改变，例如为 0.05。这对等于 $2\Delta P$ 的 PS 改变给出电压变化。电压导数等于 $\frac{\Delta V}{2\Delta P}$ ，

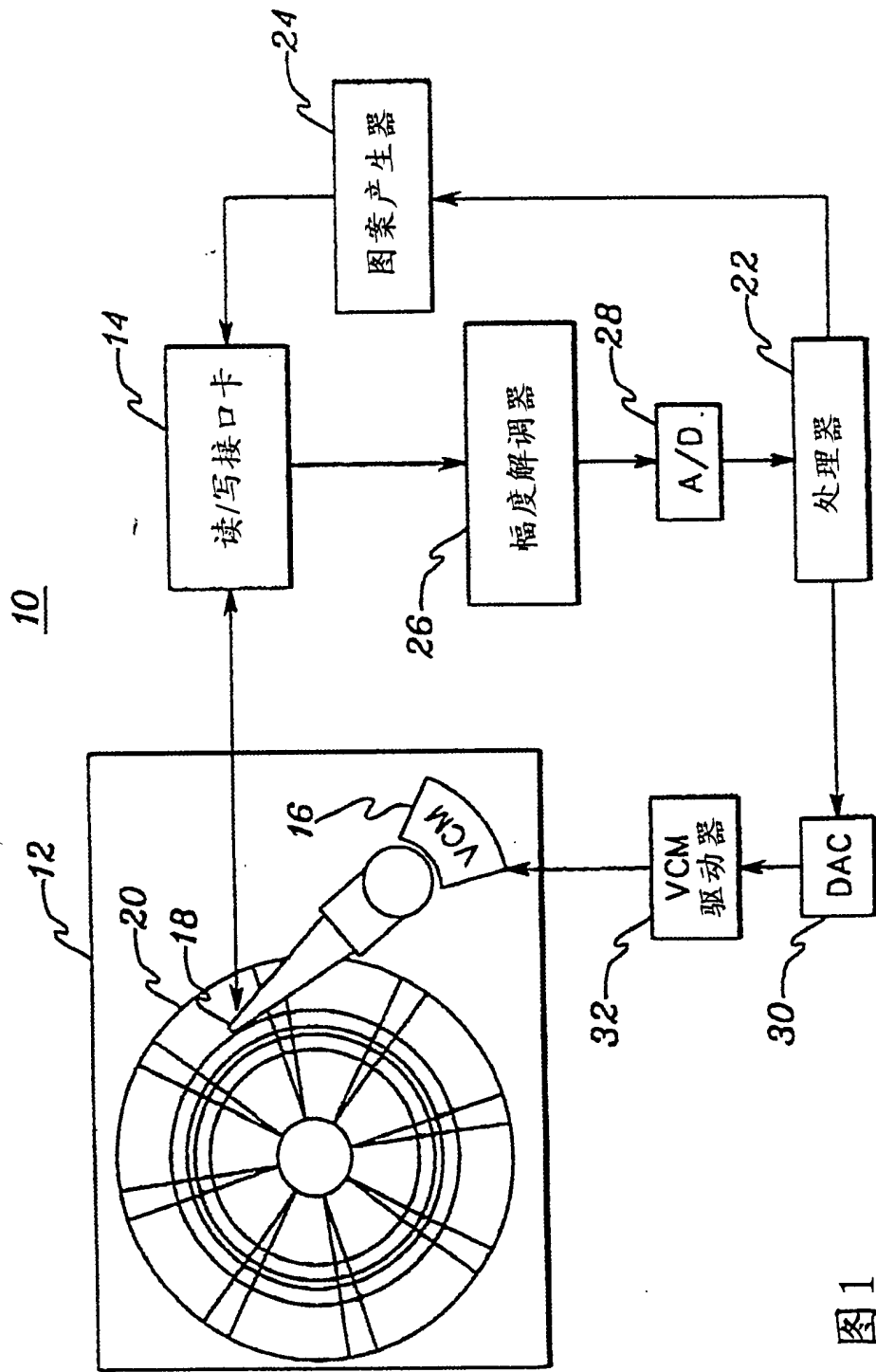
其中 ΔV 表示读回幅度中的差别。三个加权因子如下给出：

$$(3) \omega_A = \frac{\partial P}{\partial V_A} \cdot \frac{\Delta V_A}{2\Delta P}, \omega_B = \frac{\partial P}{\partial V_B} \cdot \frac{\Delta V_B}{2\Delta P}, \omega_C = \frac{\partial P}{\partial V_C} \cdot \frac{\Delta V_C}{2\Delta P}$$

抛物线公式仅仅是从多记录道上的读加幅度计算一个插值位置信号的多种可能方式中的一种。本发明可以应用于位置信号决定于多读回幅度的任何技术中。参考纠正值的波形将如上文所述对每个写入记录道计算和存储。这将使用加权和来合并以给出被用于伺服的交流参考纠正值，并且该加权将分别等于位置信号对每个相关记录道的位置改变的相对灵敏度。这将等于位置信号对于读回幅度的偏导数（这可以从特定的插值公式得出）乘以读回幅度对于磁头位置的导数（这可以如上文所述计算）。

被用于计算对每个写入记录道存储的参考波形的滤波因子取决于伺服器的闭环响应。一般地，这一次传导过程中保持非常接近于常量，使得它仅仅需要在传导开始时确定，或者甚至根据一个代表磁盘文件的测量而预定。在激励器行为上的大改变，例如当支臂遇到一个障碍物，例如加载/卸载滑轨 (load/unload ramp)，将明显改变闭环响应。一般地，这导致记录道形状误差的快速增长，这提供一种极其灵敏的滑轨检测机制。

尽管本发明已经参照优选实施例示出和描述，但是本领域内的专业人员应当知道，可以在形式和细节上做出各种改变而不脱离本发明的精神和范围。



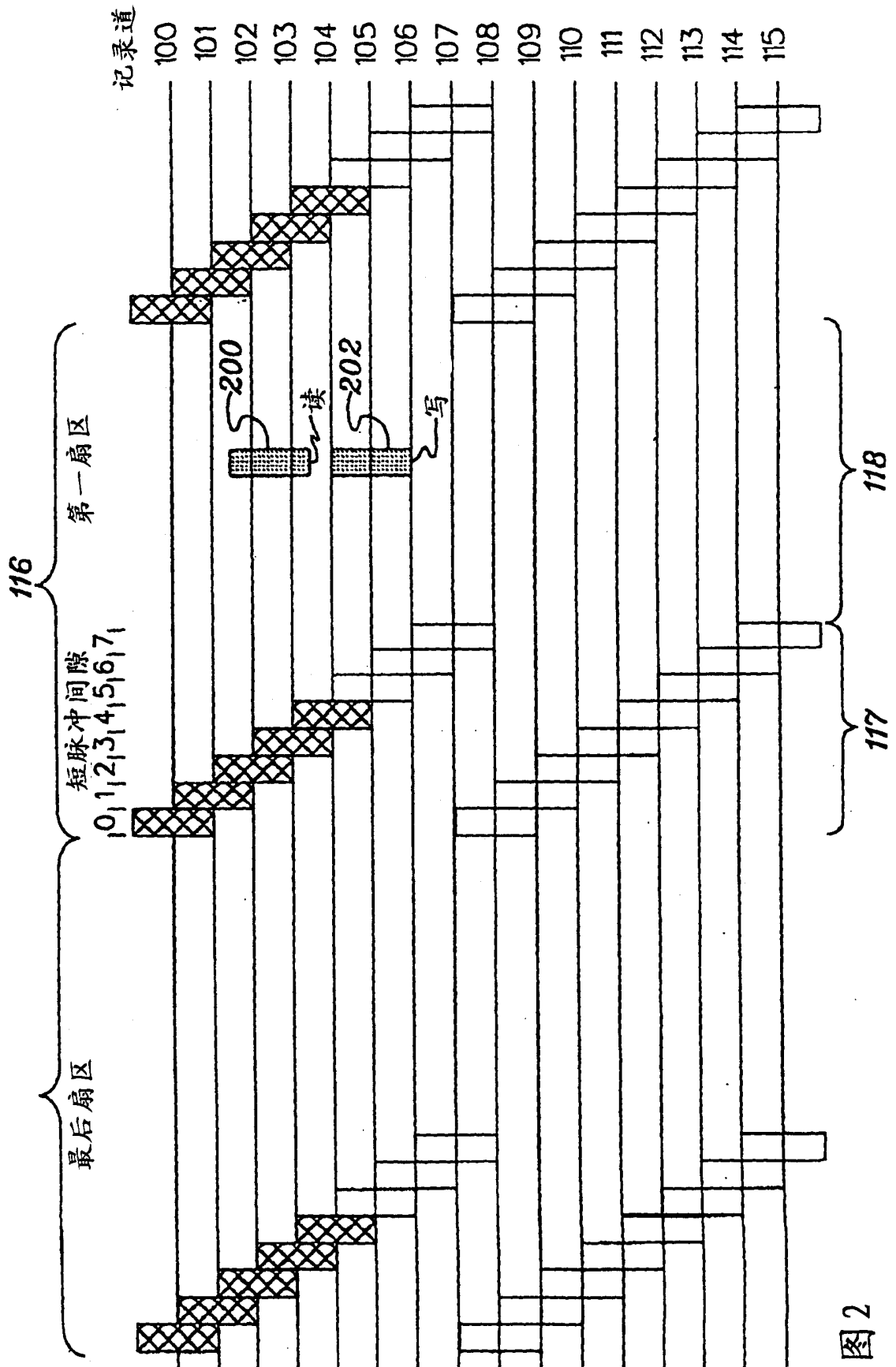


图 2

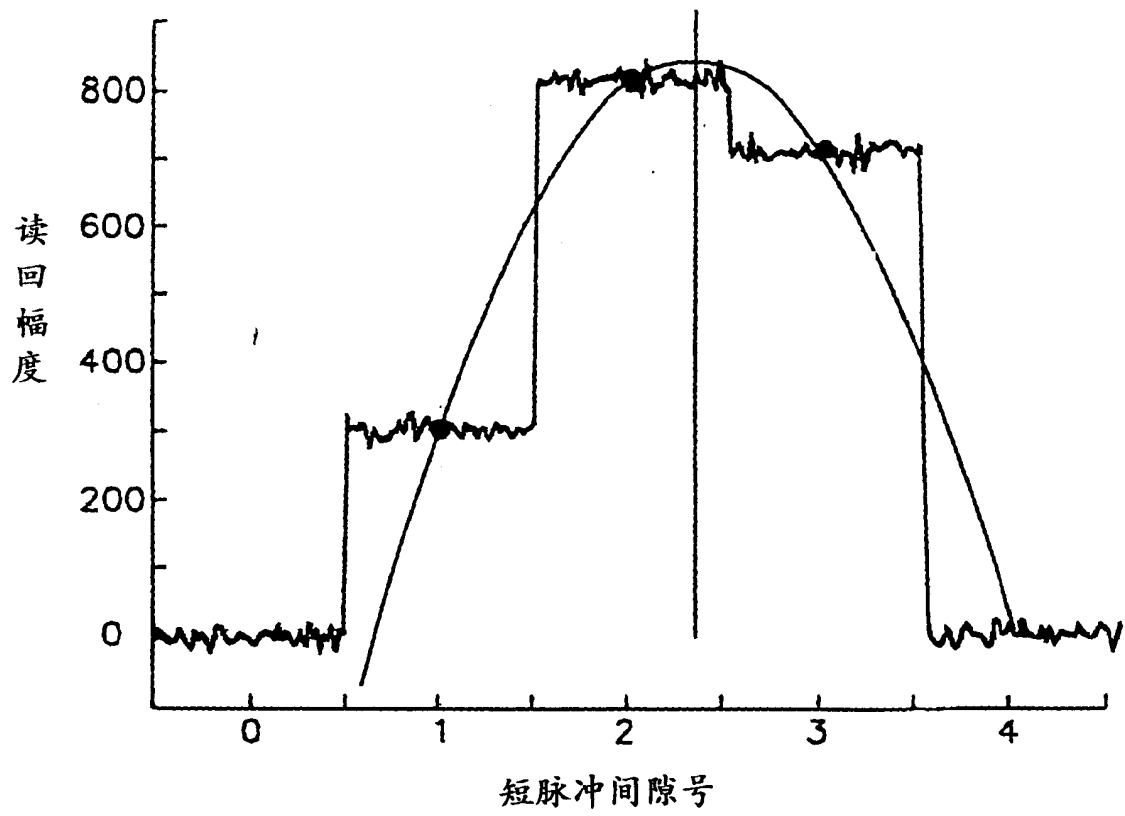


图 3

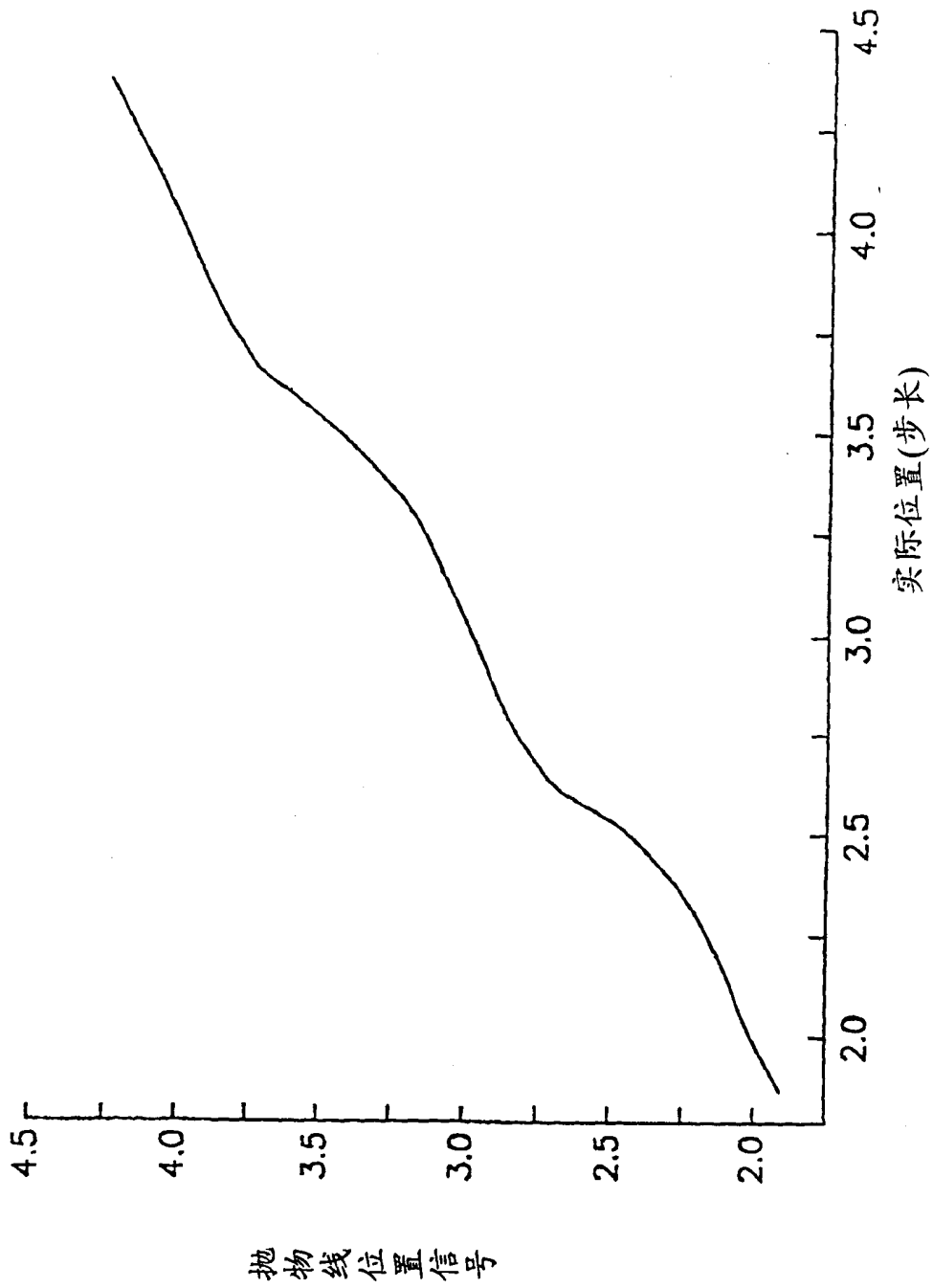


图4

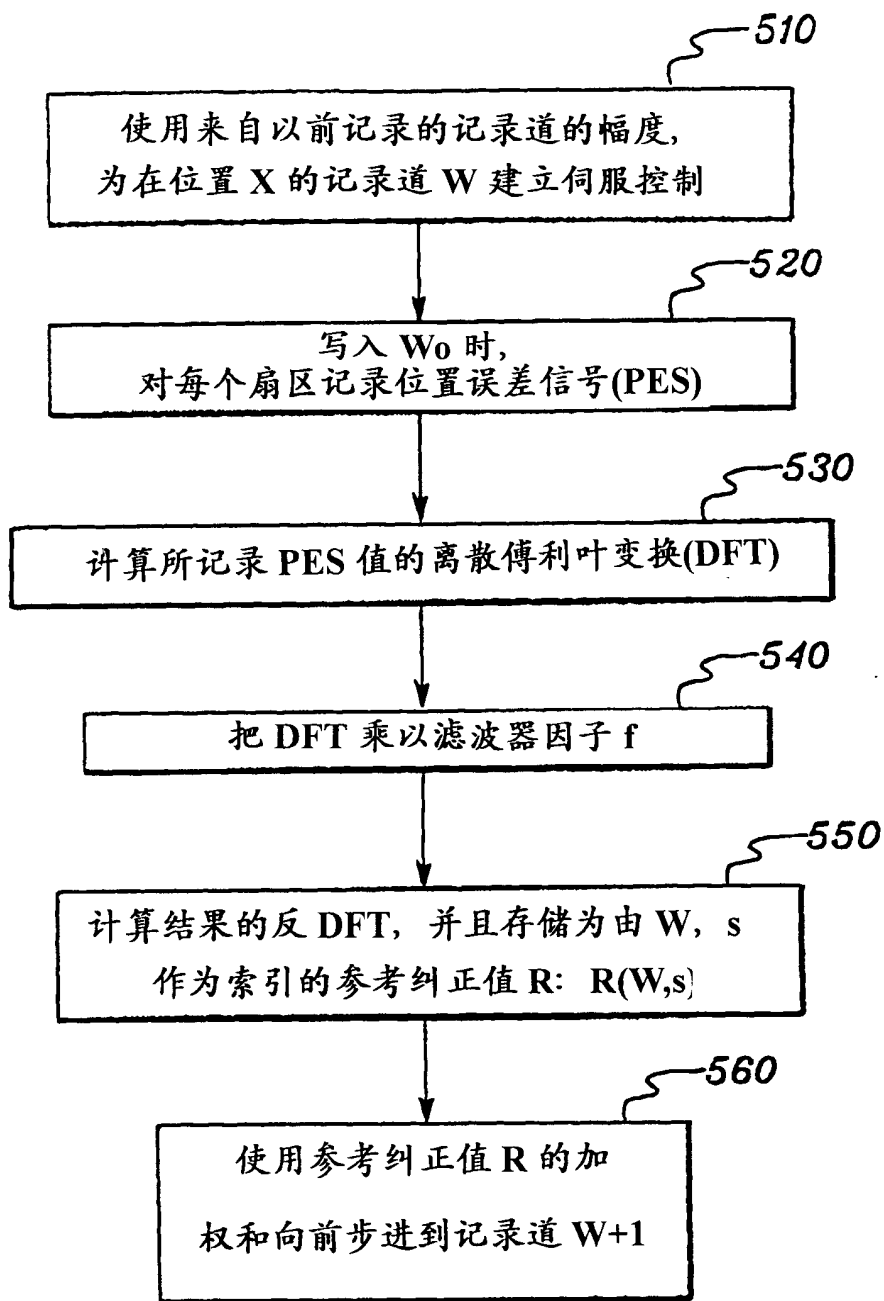


图5