

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 95121512.4

[45] 授权公告日 2002 年 6 月 26 日

[11] 授权公告号 CN 1086830C

[22] 申请日 1995. 11. 16

[21] 申请号 95121512.4

[30] 优先权

[32] 1994. 12. 1 [33] US [31] 348773

[73] 专利权人 国际商业机器公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 T·J·程纳 A·P·普莱诺

M·D·舒尔茨 B·C·韦布

E·J·亚卓克

审查员 吴兴华

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

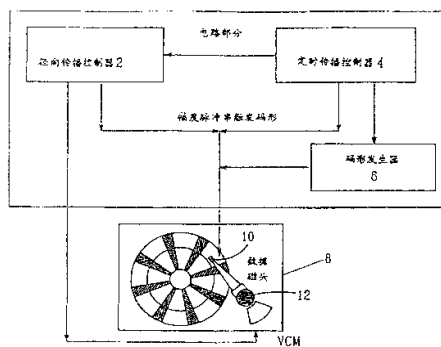
代理人 张志醒 邹光新

权利要求书 1 页 说明书 20 页 附图页数 15 页

[54] 发明名称 测量磁盘速度的方法和装置

[57] 摘要

在给定时间测量磁盘速度的技术,包括:正好在给定时间之前 测量连续触发码形之间的时间间隔,根据该时间间隔计算磁盘瞬时转速,在该给定时间之后以被校正的平均转速和磁盘瞬时转速偏差的延时写下一个触发码形。



ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1. 在给定时间测量磁盘速度的方法, 包括步骤:

正好在所述给定时间之前测量连续触发码形之间的时间间隔;

根据所述时间间隔计算磁盘瞬时转速;

在所述给定时间之后以被校正的磁盘的平均转速和磁盘瞬时转速偏差的延时写下一个触发码形。

2. 用于在给定时间测量磁盘速度的装置, 包括:

测量单元, 适于正好在所述给定时间之前测量连续触发码形之间的时间间隔;

控制单元, 适于根据所述时间间隔计算磁盘瞬时转速;

码形发生器, 适于在所述给定时间之后以被校正的磁盘的平均转速和磁盘瞬时转速偏差的延时写下一个触发码形。

说明书

测量磁盘速度的方法和装置

本发明涉及与本申请共同转让并归入本文作为参考的由 T.Chainer 等人于 1993 年 3 月 8 日提交的题为“一种在存储介质上写伺服码形的方法和系统”的序号为 08/028,044 的美国专利申请。本申请还涉及 E.Yarmchuk 等人于 1994 年 12 月 2 日提交的美国专利申请，其序号为 349028，代理号为 Y0994-253，在此一同归入本文作为参考。

本发明一般地讲涉及用于计算机的硬盘驱动存储的存储装置。特别是涉及磁盘驱动装置和用于在其中写伺服磁道信息的方法。更具体地说，本发明涉及降低对复杂机构和/或光定位系统的需要而在记录介质的记录表面建立伺服码形。

如国际专利申请 WO 94/11864 中所述，软盘和硬盘驱动器中存储容量水平的提高是由于音圈(voice-coil)和其它类型的伺服定位器以及使用例如磁致电阻(MR)磁头技术读写更窄磁道的能力使高密度磁道成为可能的直接结果。以前，用导杆和步进电机机构能使低磁道密度磁盘驱动器在到满意的磁头定位。然而，当磁道密度变得如此之大以至导杆-步进电机组合的机械误差与磁道到磁道间隔相比变得显著时，则需要一个预置伺服以便能从它所读的信号确定磁头位置。

常规的硬盘制造技术包括用一个专门的伺服写入设备在磁头磁盘组件(HDA)的介质上写伺服磁道。在该设备中，用激光定位反馈读取用于写伺服磁道的记录磁头的实际物理位置。遗憾的是，由于 HDA 本身非常小并依赖于定位安放其盖和外壳来进行适当操作，

这种伺服写入器变得越来越难于进入 HDA 的内部环境以进行伺服写入。有些 HDA 的尺寸和厚度只有一张塑料信用卡大小。传统伺服写入方法已不适合这种超小型的水平。

常规伺服码形通常包括非常精确地位于偏离-数据磁道中线某一侧的恒定频率信号短脉冲串。脉冲串被写入一个扇区部区域,能够被用于找出磁道中线。在读写期间需要停留在中央。由于每个磁道可以有 17 至 60, 或更多的扇区, 相同数量的伺服数据区必须分布在一数据磁道周围。这些伺服数据区允许一个磁头跟踪围绕磁盘的磁道中线, 即使由于出现主轴抖动, 磁盘滑动和/或热胀使磁道失圆时仍然如此。由于技术进步提供了更小的磁盘驱动器, 以及磁道密度提高, 伺服数据的位置也必须与此成比例地更加精确。

通常由专用的、外部伺服写入设备写入伺服数据, 并且一般包括使用一大花岗石块来支撑磁盘驱动器稳定外部震动影响。将一个辅助时钟磁头插到记录磁盘表面, 并用来写入一参考定时码形。一个带非常精确的导杆和用于位置反馈的激光位移测量装置的外部磁头/臂定位器被用来精确地确定换能器的位置并作为磁道位置和磁道到磁道间隔的依据。由于磁盘和磁头要暴露在环境中以允许外部磁头和传动机构存取, 该伺服写入器需要清洁的室内环境。

授予 Oliver 等人的美国专利 No. 4, 414, 589 讲授了通过在定位装置的移动范围内将移动读/写磁头之一定位在第一限位停止处来确定最佳磁道间隔的伺服写入。然后用移动磁头写第一参考磁道。凭经验选择与所需平均磁道密度相关的预定降低数值或幅度降低的百分比 X%。移动磁头读第一参考磁道。然后移动磁头离开第一限位停止处直到第一参考磁道的幅度降低到其原始幅度的 X%。移动磁头写第二参考磁道。然后再次在同一方向转动磁头直到第二参考磁道的幅度降低到其原始幅度的 X%。该过程继续, 写

后续的参考磁道并将移动磁头移动一定数量以足以使参考磁道幅度降低到其原始值的 $X\%$, 直到参考磁道将磁盘填满。对这样写入的参考磁道的数量计数, 当遇到定位装置移动范围中的第二限位停止处时, 该过程停止。计算写入的磁道数量和移动磁头的移动长度, 检测平均磁道密度以保证其处在所需平均磁道密度预定范围内。如果平均磁道密度高, 擦除磁盘, 降低 $X\%$ 值并且重复该过程。如果平均磁道密度低, 擦除磁盘, 提高 $X\%$ 值并且重复该过程。如果平均磁道密度在所要求的平均磁道密度的预定范围内, 对于一给出的平均磁道密度所需的降低比率 $X\%$ 已经被确定, 伺服写入器可以转到伺服写入步骤。

遗憾的是, Oliver 等人没有公开如何产生用于内部记录数据磁头的时钟磁道, 而这是由一个外部时钟磁头实现的。Oliver 等人也没有讲授如何在传播期间确定磁道间隔。这样就造成需要写整个磁盘表面并对被写入磁道计数以确定磁道间隔。另外, Oliver 等人没有检验磁盘驱动器中多个磁头中的变化而设定磁道间距。最后, Oliver 等人没有讲授在径向传播增加期间如何限制误差增加。随机误差随步骤数值的平方根增加, 即对于磁盘驱动器传播为 10,000 个步骤的数量级将使最终误差比一步步的误差大 100 倍。

1990 年 3 月 27 日颁发给 Janz 的美国专利 4,912,576 描述了一种用磁盘驱动器本身的一对换能器写伺服码形的方法, 该方法也在国际专利申请 W094/11864 中描述。使用三种形式的伺服码形产生提供差信号的三相信号, 该差信号的斜率与速率成正比。使伺服码形在径向大致比标志磁道到磁道间隔宽是可能的。这将有助于改善读回幅度, 从而改善伺服性能。Janz 观察到来自换能器的信号电平是用于测量其与记录在磁盘上的具体码形对准的办法。如果通量间隙只扫过一码形的 40%, 当换能器与码形死点 (dead-

center) 对齐时, 读电压将是可获得的最大电压的 40%。Janz 利用这一现象偏移跨过三分之二并沿一作为数据磁道的中线路径使码形交错。

在一个优选过程中, Janz 把磁盘的一侧供伺服使用, 另一侧供数据使用。磁盘驱动器包括两个处在相反表面共享一个公用传动机构的换能器。为格式化一个被擦除的磁盘以使数据初始化, 在伺服侧的外边缘写第一相位伺服。换能器按第一相位伺服磁道的指示向里径向移动二分之一磁道, 将第一数据磁道记录在数据侧。这次换能器按第一数据磁道幅度的指示再次向里径向地移动二分之一磁道, 将第二相位伺服磁道记录在伺服侧。换能器按第二相位伺服磁道幅度的指示再次向里径向移动二分之一磁道, 将第二数据磁道记录在数据侧。换能器按第二数据磁道幅度的指示向里径向移动另一个二分之一磁道, 将第三相位伺服磁道记录在伺服侧。换能器按第三相位伺服磁道幅度的指示向里径向移动二分之一磁道, 将第三数据磁道记录在数据侧。重复这一前后过程直到两个表面被整个写入。如果写入磁道太少或太多, 将磁盘再次格式化, 但要适当地或多或少略微调整向内跨入半个磁道的宽度。一旦磁盘驱动器由适当隔开的伺服磁道完全(compliment)格式化, 数据磁道已经能适用于其目的并被擦除以准备接受用户数据。

遗憾的是, Janz 描述的方法将整个磁盘的一个表面用于伺服磁道并需要两个磁头协力工作。也不能控制磁道到磁道的比特同步, 对找出磁道这间数据的寻找次数有严重和不利的影晌。由于磁盘转一圈所出现的换能器浮动高度变化和主轴偏移, 以及介质不一致, 因此, 依据简单地读取偏离磁道读信号的幅度可能会造成不可靠的径向定位判断。现有技术的方法不适合高性能磁盘驱动器。

IBM 技术公开通报, 第 33 卷, 第 5 号(1990 年 10 月)发表的题

为“伺服磁道写入器的再生时钟技术”一文中提出了在覆盖定位之后借助产生磁头进行磁头/磁盘组件的伺服写入而不使用外部位置编码器磁盘。单独时钟磁道被写在外径,并将其分为交替的 A 和 B 相。磁头交替地使用作为时钟信息源的每个相位,每次向内跨入半个磁道,根据时钟信息可以写入每个数据区之前的伺服扇区中的伺服信息和另一相中另外的时钟信号。该技术无需专用的伺服写入器时钟磁头和相关的机构。

国际专利申请 No. W094/11864 讲授了一种硬盘驱动器,该硬盘驱动器包括一个带一记录表面的旋转磁盘,一个与表面和使换能器径向地扫过表面的伺服传动机构装置连接的换能器,一个连到换能器的可变增益读取放大器,一个附接到可变增益放大器的模拟数字转换器(ADC),一个与换能器耦合的擦除频率振荡器,用于 DC 擦除磁盘表面,一个存储器,用于存储 ADC 出现的数字输出,和一个控制器,用于向伺服传动机构发信号,使其在这样的径向位置移动,即,使换能器读出表示数字存储器中前一读出幅度的百分比的幅度。

磁道间的比特同步是通过写入一个带闭合的初始时钟磁道,然后写入包括一序列标准时钟脉冲串的下一个时钟磁道来保持的,该时钟磁道偏离初始时钟磁道半个磁道距离,以便能在写时钟脉冲串之间读该初始磁道。用读取的信号频率锁定用于作为写下一个磁道的时钟脉冲串的基准振荡器,从而生成时钟脉冲串的检测板码形。所有后续磁道是通过从最后写入的包括时钟脉冲串的磁道偏离半个磁道,并写入与前一个磁道的时钟脉冲串交错的下一个新序列的时钟脉冲串这样递增构成的。

将伺服码形写入磁盘驱动器中需要来自旋转磁盘存储介质的准确定时开启一个码形发生器,产生磁道到磁道的伺服码形同步。通常通过一个外部时钟磁头或轴角编码器实现准确定时。图 1 所

示的伺服码形包括带有码形的扇区顶部以提供径向定位信息。该扇区包括要求磁道到磁道准确对准的伺服 ID 区 4 和格雷码区 6。这些码形中的偏差会造成有害的磁码形干扰并降低导致误差的信息的幅度。对磁盘旋转周期约为 11 毫秒或 2.3ppm 的新式磁盘驱动器中磁道到磁道的对准规格近似为 25 毫微秒(3sigma)。因此该窄时间窗要求在磁盘转过许多圈时准确的磁盘角度方位测量结果。

磁盘表示伺服写入期间,只使用磁盘驱动器数据磁头的自传播为码形发生器产生一时钟的过程需要数千个步骤。由于信息磁头不能同时进行写和读,自传播需要将磁盘上的一个磁道划分成交错的扇区,这样如图 2 所示,正好写下一个扇区前,在一个扇区中获得定时同步。将磁头移到初始的开始磁道#0 后,触发码形(TP)被写在偶数编号扇区。将磁头移过的几分之一磁道到伺服磁道#1,在奇数编号扇区 1, 3, 5, ... 59 上写后续码形期间,偶数编号扇区 2, 4, 6... 60 用于同步。将磁头再次移动几分之一磁道到伺服磁道#2,该作用相反,在偶数编号扇区上写后续码形期间,用奇数扇区同步。继续该过程直到磁头跨过记录表面。每次写一个扇区,由于两个磁盘的转速变化以及用于同步的读回信号中的电噪声会产生很小但不可避免的被称为基本误差的定时误差。下一步骤中,被写入扇区转换成同步扇区时,这些误差被重现。同样,在这里加入一组新的独立随机误差。因此自传播过程包括第一步骤中的随机误差重现和累加。留下该误差不进行校正,统计该误差的增加作为步骤数值的均方根。由于同步过程和写入是因果效应,即每一步中在写之前产生同步,在标志路径 1, 路径 2 和路径 3 的箭头所示的一螺旋线路径中可以追踪回确定一个给定扇区的定时码形位置的随机误差序列。这些路径平行延伸,并对每个扇区中相信径向益完全独立,因

此磁道到磁道的偏差作为两个独立随机走动差结束, 给出一个附加因素 2 的平方根。因此, 在 10,000 步以后 RMS 磁道到磁道误差是基本误差的 141 倍。应该指出, 该过程不只限定在两交错码的情况下工作, 例如可以将三种码形用于时钟传播, 但两个码形被认为是目前最好的实施例。

在伺服写入前的一个步骤中, 定时或触发码形 (TP) 排列在磁盘上。就误差而论, 例如 4 步以后, 在伺服磁道#3 扇区#5 TP26 的 TP 位置的总误差等于伺服磁道#2 扇区#4 中偏离同步的 TP24 的误差加上伺服磁道#1 扇区#3 中 TP22 的误差和伺服磁道#0 扇区#2 中 TP20 的误差, 而伺服磁道#1 扇区#5 中 TP42 位置的误差等于伺服磁道#0 扇区#4 中偏离同步的 TP40 的误差。因此, 虽然 TP26 和 TP42 是相邻磁道, 其误差来源于引起磁道到磁道偏差、标明路径 2 和路径 3 的两个独立路径。

已提出几种只使用磁盘驱动器磁头的自传播代替时钟磁头的技术。遗憾的是, 所提出的这些技术未讲出在来自磁道到磁道的误差增加未被控制的情况下如何完成该传播。由于现代磁盘驱动器对定时对准的精确要求, 这些误差的增加已经大大阻碍了所提出方法的商业应用。

国际专利申请 No. W094/11864 和 IBM 技术公开通报第 33 卷, 第 5 号 (1990 年 10 月) 中未讲明在不增加误差的情况下如何传播一时钟码形, 1993 年 3 月 8 日提交的转让给本申请的受让人并在这里引入作为参考的美国专利申请序列 No. 08/028, 044 给出如何检测并校正码形传播过程中的误差, 以使磁道到磁道产生准确的磁码形对准。每一步被写入的误差在磁盘旋转下一圈期间被测量并计算和校正。例如在图 2 中, 写 TP26 之前, 根据磁盘的额外转数测量 TP24 和 TP42 之间的间隔并作为一时间间隔 T45 存储。当磁头

定位在伺服磁道#3 上并触发 TP24 来写与 TP42 对准的 TP26 时使用该时间间隔 T45。磁盘额外转数断开由路径 2 和路径 3 表示的因果链路,将正常的独立随机走动路径有效地锁定在一起并防止磁道到磁道的偏差增加。美国专利申请序列 No. 08/028, 044 中所描述的这一过程在下文中将被作为“双转时钟传播过程”参考。

可以理解,写触发码形时,在一触发后的一段特定时间必须计算该触发中和 IBM 技术公开通报第 33 卷,第 5 号(1990 年 10 月)所讲的写电路的电延迟的出现,其中读/写延迟被测量一次并作为一恒定校正值。可以在开始传播之前通过将磁头靠住一个制动器定位并写一组偶数编号触发码形确定读/写延迟。记录磁头触发每个偶数编号触发码形,并在每个偶数编号触发码形后以一个初始延迟设定 D 写奇数触发码形。磁盘转过另一圈,测量并记录每个偶数编号触发码形和其后面的奇数编号触发码形之间的时间间隔。这些减去初始延迟设定 D 的记录值的平均值是读/写延迟校正值,该校正值必须被减去所有被计算的延迟设定以便适当地补偿电延迟。

然而,美国专利申请序列 No. 08/028, 044 和 IBM 技术公开通报第 33 卷,第 5 号(1990 年 10 月)中未讲明在出现系统误差(对每个扇区恒定)的情况下如何达到最佳磁道到磁道触发码形对准,该系统误差在传播过程中随径向位置函数的变化而变化。特别是专利申请序列 No. 08/028, 044 中未讲明:

1) 当系统磁头的读和写元件在空间上分开时,例如磁致电阻磁头的情况,如何消除变化的系统误差。这将造成读到写径向相关的时间延迟。

2) 如何除去由于读元件和写元件不平行造成的时间间隔测量值中的误差导致变化的系统误差。

3) 如何消除由于每转使用一次从电机驱动电流波形或任何其它传感器产生的时间标记导致的伺服码形旋转。

另外, 专利申请序列号 No. 08/028, 044 未讲明:

- 1) 如何在不降低间隔大小的情况下使速度跳动的影响最小。
- 2) 如何通过使用为该目的而设计的新方法改善间隔控制。
- 3) 如何在不引起附加磁盘转数的情况下实现磁道到磁道对准。

发明概述

本发明用于在一个给定时间内测量磁盘的转速, 其步骤如下: 正好在所述给定时间之前测量连续触发码形之间的时间间隔; 根据所述时间间隔计算磁盘瞬时转速; 在所述给定时间之后以校正了磁盘的平均转速和磁盘瞬时转速差别后的延时写下一个触发码形。

本发明的另一个方面是一种用于在给定时间测量磁盘速度的装置, 该装置包括: 一个测量单元, 它适于正好在给定时间之前测量连续触发码形之间的时间间隔; 一个控制单元, 它适于根据该时间间隔计算磁盘瞬时转速; 码形发生器, 它适于在该给定时间之后以被校正的平均转速和磁盘瞬时转速偏差的延时写下一个触发码形。

图 1 示出一种磁盘和典型的磁盘伺服码形。

图 2 示出如何产生码形传播的独立临时路径并能够通过测量和使用磁盘的附加转将其消除。

图 3 示出电子伺服码形的写入器。

图 4 示出如何用双转过程写伺服码形。

图 5 示出读和写元件的物理间隔如何导致延时。

图 6 示出磁头离开磁道中心时不平行读/写磁头如何导致触发码形明显改变。

图 7a 示出导致码形旋转的不平行读和写单元。

图 7b 示出磁头安装偏差导致的码形旋转。

图 8 示出系统误差对码形传播的影响。

图 9 示出除去系统误差和消除码形旋转的过程。

图 10 示出除去主轴转速抖动影响的方法。

图 11 示出用减少间隔抖动的时钟传播方法。

图 12 示出不引起磁盘的附加转的情况下的时钟传播的方法。

图 13 示出如何用单转时钟传播过程写入伺服码形。

自伺服写入器概述

图 3 示出自伺服写装置的系统概述。该系统由包括一个径向传播控制器 2、一个定时传播控制器 4 和码形发生器 6 的电路方框组成。该系统经读/写换能器 10 和控制读/写换能器位置的传动机构 12 连接磁盘存储装置 8。只使用电子连接自伺服写装置能用伺服信息使该磁盘形成码形。

通常在磁盘驱动器中典型地使用经常使用的被称为“预置伺服”的伺服构造,该伺服构造中伺服码形信息出现在所有磁盘表面。这里和专利申请序列 No. 08/028,044 中描述的双转时钟传播过程被用来开启伺服码形发生器 6 以将伺服码形写入所有表面上。当伺服写入器在磁盘驱动器外部的情况下,即被认为是本发明最佳的商业仪器,以最低转来达到这样一种能力是很重要的。

图 4 示出用触发码形将伺服码形写在使用第一记录磁头的第一表面上并通过转换到其它记录表面上的其它记录头写在其它记录表面的过程。该记录磁头被设定到读模式并触发开始开启码形发生器的 TP#1 以写伺服码形 SP#0,然后选择多磁盘片磁盘驱动器层叠中的下一个记录磁头并将第二伺服码形 SP#1 写到表面#1 上,

并重复到 N 表面。数字 N 受写入每个表面和转换磁头所需时间限制。在第 N 个表面的结束处,磁头必须被及时转换到第一表面#0 以读取下一个扇区 TP#2。由于其时间短,允许磁盘转动一圈内用伺服码形写其它表面,从而降低了伺服写入时间,该过程使触发码形的优点明显。

几何影响导致系统误差

所有时钟传播过程要求系统误差(在一伺服磁道的每个扇区上产生相同误差)在传播过程期间被除去。这种误差是造成相对于固定帧产生磁道的偏差和/或码形转动的原因。如前所述,最明显的系统误差是 IBM 技术公开通报第 33 卷,第 5 号(1990 年 10 月)中描述的读到写电路中的电子延迟。然而,现有技术未讲明由于几何影响,即特别是对磁头和传动机构设计影响造成的变化系统误差的出现。如果不能对这些误差进行补偿它们将会降低传播过程中磁道到磁道精确度,并能累加以导致码形相对于一固定基准转动。在图 8 以图解方式示出该旋转,其中由造成码形旋转和一固定的磁道到磁道偏差误差这两者的系统误差导致后续伺服磁道上的每个 TP 偏离前一伺服磁道。在寻迹期间码形旋转与传动机构的轨迹匹配的情况下,不出现相对于与磁盘旋转方位相关的标记的定时改变。由于在长寻迹期间简化了磁盘文件伺服,因此这是一种所南非的码形旋转。故此,以这种方式写入码形以便不出现相对于与磁盘旋转方位相关的标记定时改变正是所需要的类型。下文描述几个系统误差的实例,但应该理解,从特定的磁头和磁盘驱支器设计能产生其它类似效果。一般对于一种给定的系统误差,有三种可以消除这些系统误差的方法。

- 1) 每个传播步骤中在一个或多个已知的用于计算校正项的半

径处进行误差测量。

2) 传播过程中用内部测量值进行处理过程中的误差校正。

3) 通过用校正相同设计的所有磁盘驱动器的外部设备对磁盘文件中的误差进行测量。

独立读/写传感器的径向相关的时延

当记录换能器具有图 5 所示的分离式的写读元件时, 必须修改专利申请序列 08/028, 044 中描述的双转定时码形过程。这种情况下, 需要延时或超前(相对于读写元件不分开的情况)写第二触发码形, 即读回触发码形之后的一个物体间隔。该延时是由 W/V 给出的磁盘线速度的函数, 其中 W 是读元件 46 和写入间隙 48 之间的间隔, V 是磁盘的线速度。另外, 例如在旋转传动机构出现磁头相对于磁道被扭曲的情况下, 沿记录磁道伸出的读和写换能器的“外观”间距 W 被记录磁头斜交角的余弦改变, 并随半径函数的变化而变化。由于间距影响造成的延时是下式给出

$$\text{延迟}_{\text{间隔}} = \frac{W}{\cos(\Theta)\Omega R}$$

其中 Θ 是记录磁头的斜交角, Ω 是磁盘转速, R 是磁道半径。仅使用产生数据磁头通过写入一个 TP50, 在后续转数上触发该触发码形, 在略后一段时间 T54 写入第二触发码形 TP52 可以测量读到写间距 W 。两个触发码形间的精确时间的后续测量值等于时间 T54 加上任何电子延迟(固有的)和读到写的物理间距 W 造成的延迟。在两个已知半径重复该测量结果, 可能是可接近的最里面的数据磁道或内径(ID)和可接近的最外面的数据磁道或外径(OD), 用已知斜

交角能够计算读和写元件之间的间隔,测得的总延迟由下式给出

$$R/W_{\text{延迟1}} = \frac{W}{\cos(\Theta_1)\Omega R_1} + \text{延迟}_{\text{电}}$$

$$R/W_{\text{延迟2}} = \frac{W}{\cos(\Theta_2)\Omega R_2} + \text{延迟}_{\text{电}}$$

其中被作为总延迟的读到写延迟,包括读到写间隔产生的延迟,和记录磁头的读和写链路之一或两者中的电子路径产生的附加延迟。

通过对上述关系式求解可以求出

$$W = \Omega \times \frac{\frac{R/W_{\text{延迟1}} - R/W_{\text{延迟2}}}{1} - \frac{1}{\cos(\Theta_1)R_1}}{\frac{1}{\cos(\Theta_2)R_2}}$$

定时码形跨过磁盘表面传播时可以计算并修改每个传播步骤的延迟。

换句话说,如方法#2所指出的,可以在传播过程中测量读到延迟并用来校正可变延迟。对比转定时码形过程的情况下,延迟测量结果和校正值可用于下文“系统误差消除过程”部分描述的每个读回测量转数。

在某些情况下,需要用上述方法找出磁头的绝对径向位置。对于给定的磁盘文件,磁头径向位置和斜交角之间的关系可以被确定。一旦读写元件之间的间隔已知,在给定的已知半径对上面等式

求解可以确定读到写延迟的电分量。通过使用磁头在另一位置测量的读到写延迟可以对同一等式求解以确定绝对径向位置。

读到写不平行情况

如果记录磁头的读元件与写元件不平行,则会出现附加系统误差。图 6 示出被写入的 TP64, TP66 和 TP68 与读元件 62 不平行。大约与 TP64 和 TP66 偏离半个磁道写入 TP68。当读元件 62 在磁道中心 70 读触发码形时,由 D1 给出测量到的 TP64 和 TP66 之间时间间隔。TP66 和 TP68 之间测到的时间间隔等于 D2。由于 TP68 偏离磁道并且其角度造成触发码形的表面中心改变的事实导致时间间隔 D2 大于 D1。为进一步弄清这一影响,读写元件与所示的 TP72、TP74 和 TP76 平行时,经上述方法测得的间隔使两个被测量的间隔 D1' 和 D2' 相等。

可以通过在传播过程中测量包括两个原位磁道(on-track)触发码形间隔的系统误差与一个原位磁道和一个偏离磁道信号间隔的系统误差的比值并存储该值来消除该误差。如果该测量是在已知半径(最可能是 ID 或 OD)进行的,移位 S 可以表示为

$$S = \text{延迟} \times \Omega \times R$$

利用所测量的值 S 可以在任何径向步骤计算延迟。

换句话说,如方法#2 中指出的,作为一个分开的周期测量步骤可以在传播过程中测量该误差。具体来说是,在读写元件不是简单的不平行而是更复杂的几何的偏差的情况下,延迟可以非线性地取决于径向位置。该影响的校正需要在传播过程中周期地进行测量。

该几何影响的附加后果是产生图 7a 所示的码形螺线,其中

TP82、TP84 和 TP8 对 6 对齐以使码形的磁道间的偏差最小,但是结果是来自标记 80 的码形在时域中旋转。如上所述,这不是所需的码形形状。应该指出,读单元和写单元之间的任何不平行将导致这一影响,并且不只限于读写元件之间的恒定角度。具体来说,写入过程中由于边缘效应而造成的被写入转换的弯曲或卷曲将产生该影响。通过每转使用一次下文的“系统误差消除过程”中描述标记能够恢复所需码形形状。读到写不平行影响的唯一特性是其导致了磁道间的定时误差和码形螺旋线误差。

磁头安装偏差

如果记录磁头与传动机构运动方向不平行会再现附加几何影响。当对准触发码形使磁道到磁道的误差最小时,将发生码形旋转。图 7b 示出一个简单的实例,其中磁头与线性传动机构运动方向不平行。当触发码形 TP90, 92, 94 对准时产生码形旋转。消除 TP90, 96 和 98 所示的码形旋转会导致磁道到磁道的偏差。当磁头偏离旋转传动机构时产生类似影响。注意,与读到写的不平行影响不同,磁头安装偏差仅产生码形螺旋线误差。该影响不产生磁道到磁道定时误差。

系统误差消除过程

在图 2 所示的传播过程,奇数编号扇区用于在写后续偶数编号扇区过程中进行同步,下一步(磁头径向移动一小段距离),其作用调换,偶数编号扇区用于在写入后续奇数编号扇区过程中进行同步。虽然通过测量反馈过程消除随机误差的增长,任何系统误差将导致固有的磁道到磁道误差以及整个伺服码形相对于一固定基准帧旋转。图 8 示出由于系统误差造成后续被写入 TPs 偏离前一伺

服磁道一段固定距离。

图 9 示出消除系统误差以及消除随机误差的流程图。下文详细描述该过程。

步骤 100) 由写入一个序列 TP_s 开始该过程, 如前所述测量读和写之间的延迟, 并将该延迟作为可变 D 存储。检测并测量由于读/写平行导致的 TP 改变, 并作为 D_{so} 存储。

步骤 102) 用步骤 1 确定的读到写延迟在磁盘上写偶数编号 TP_s。记录第一 TP 相对于标记的位置并设定标记校正为 0。

步骤 103) 将磁头移动磁道宽度的几分之一。

步骤 104) 写入交错编号的 TP_s。以奇数 TP 开始, 但在连续的传播步骤中在偶数和奇数之间变换。

步骤 105) 测量 TP 之间的每个时间间隔。

在步骤 105A, 该间隔被分成两组 I_{FH} 和 I_{HF} 。 I_{FH} 对应以填满的原位磁道 TP 开始和偏离磁道 TP 结的时间间隔。 I_{HF} 对应以偏离磁道 TP 开始和原位磁道 TP 结束的时间间隔。组合这些间隔计算磁盘上所有间隔。

在步骤 105B, 在磁盘的同一旋转周期中记录被写入该组中的第一 TP 位置。

步骤 106) 用测量的间隔计算延时校正。

在步骤 106A, 用 I_{HF} 确定用于下一个 TP 写入中的读到写延迟。

在步骤 106B, I_{FH} 被输入时钟算法, 计算校正值以消除下一个 TP 写入中的误差随机增长。

在步骤 106C, 用第一 TP 相对于标记的位置计算新标记校正值, 以防止码形相对于标记旋转。应该指出, 例如通过允许码形如图 7 所示旋转, 可以使该特性无效以减小磁道到磁道的误差。标记可以从通常在磁盘驱动器中使用的 DC 无刷电机的电流波形或从其它可

使用的每转一次的信号获得。

步骤 107) 用上述过程中步骤 106A、步骤 106B 和步骤 106C 的每一个输出计算所需延迟在下一径向位置写入交替 TP_s。

步骤 108) 检测磁道数以确定过程结束。

然后该过程回到步骤 103。

上述过程在实际应用中, 在为校正每个间隔而计算延迟值前, 可以平均两个或更多后续步骤中测量的系统误差。

速度误差校正

磁盘转速的改变会引起上述传播过程中的误差。专利申请序列 No. 08/028, 044 的中讲授了误差的大小与间隔的间距成正比。因此通过降低与任何两个连续奇数(或任何两个连续偶数)触发码形之间的时间对应的间隔可以减小该误差, 直到该项可被忽略。在某些情况下, 通过减小间隔来将该误差减小到可忽略的程度是不实际的。

在不能减小间隔的情况下, 我们公开了一种“在飞行中”测量磁盘速度的方法。如同专利申请序号 No. 08/028, 044 的双转定时码形传播, 当读写步骤中磁盘速度不同时, 会出现被写入 TP 的位置误差。该过程中, 用与一个完整旋转过程的间隔时间平均值(读回和写间隔时间这一或两者)对应的额定间隔长度估算磁盘平均或额定转速。如图 10 所示, 通过在写过程测量 TP_s 之间的时间间隔, 将该间隔与额定速度的额定间隔比较能得到局部磁盘速度的估算值。由于速度变化率受磁盘惯性限制, 可以将正要写入 TP 之前的一组间隔测量值平均, 以估算当前磁盘速度。例如当磁头以伺服磁道#1 为中心时, 可以测量间隔 T114 和 T116, 在写 TP118 之前估算局部磁盘速度。

改善间隔控制的方法

专利申请序列 No. 08/028, 044 揭示的方法是采用触发码形传播期间的间隔测量。当间隔中出现误差时, 不知道确定间隔的两个 TP 中哪一个被错误定位。因此, 当该方法传播的校正值 F (在下文定义 F) 小于 1 时, 该 TP 位置误差传播 (以衰减形式) 到相邻位置。

图 11 上半部说明了这一点。在伺服磁道#1, TP150 相对于 TP132 的移动有误差, 导致间隔测量结果 $T145$ 小于额定值。该过程的下一步, 磁头位于伺服磁道#2, 并且 TP134 被写入一误差, 以校正短间隔 $T145$ 。

后续写入的伺服磁道#3 和伺服磁道#4 表明了误差以衰减形式传播。

在改进间隔控制的方法中, 提取有关特定 TP 位置的信息。用来自周围 TP 的间隔数据提供位置信息, 而不是指定来自前一 TP 的特定间隔作为所需额定位置。计算当前估算的 TP 与具体转换数值中每一个 TP 之间的间隔。

作为使用最近似的邻近值的比较的实例, 通过测量间隔 $T135$ 和 $T157$ 估算 TP150。同样, 测量 $T124$ 和 $T146$ 估算 TP132。在 $T124$ 与 $T146$ 不等、 $T135$ 与 $T157$ 相等的情况下则是 TP150 而不是 TP132 的位置有误差。在实际应用中, 该过程扩展到超出最近似的邻近值, 并且平均为相邻间隔的适当具体数值, 以提供 TP 位置信息。

单转定时码形。

在磁盘表面一径向位置呈被相等隔开的触发码形 (包括一个或多个被写入的磁转换) 形式的定时信息可以被传播到整个磁盘半径, 而不引起定时信息在磁道到磁道对准中增加。该过程还可以在每一个伺服磁道的单独转中实现, 因此不会增加伺服写磁盘驱动器过程

的附加时间。该超前的重要性在于它在磁盘驱动外部出现自产生过程以及存储介质附加转直接影响所需的伺服写入器系统的数值的情况是关键的。例如,需要旋转存储介质两转和一附加转将记录磁头移动到下一个伺服磁道位置的定时码形所需的伺服写入器比上述方法多 50%。当伺服写入器在存储装置外部时意味着成本高。

下面的步骤描述了定时码形的自传播过程并在图 12 示出。该实例中, A 等于间隔 T 的一半,但一般 A 可以是 T 的任何分之一。

1. 记录磁头位于伺服磁道位置#0,在磁盘表面每隔一个扇区以额定间隔尺寸 T 写入一系列偶数编号的触发码形。

2. 记录磁头被伺服定位到伺服磁道位置#1。

3. 记录磁头触发每一个 N 个偶数编号的触发码形,并在每个偶数编号的解发码形后的时间 A 写奇数触发码形。在该写入序列中,测量两个相邻的偶数编号触发码形之间的时间间隔并将其记录在计算机存储器作为数值 $T(n)$,其中 n 是从 1 到 N 。

4. 从存储的时间间隔计算间隔 $B(n)$,并由 $B(n)=F*(T(n)-A)+(1-F)*A$ 算出间隔 A 。

5. 记录磁头自伺服定位到下一个伺服磁道位置。

6. 记录磁头触发 N 个奇数编号的触发码形中的每一个,并在每个偶数编号的触发码形后的时间 $B(n)$ 写入一个偶数解发码形。在该写入顺序中,测量两个相邻的偶数编号触发码形之间的时间间隔并将其记录在计算机存储器作为数值 $S(n)$ 。

7. 从存储的时间间隔计算间隔 $C(n)$,并由 $C(n)=F*(S(n)-B(n-1))+(1-F)*A$ 算出间隔 $B(n)$ 。

8. 记录磁头自伺服定位到下一个伺服磁道位置。

9. 记录磁头触发 N 个偶数编号的触发码形中的每一个,并在每个偶数编号的触发码形后的时间 $C(n)$ 写入一个奇数触发码形。在

该写入顺序中,测量两个相邻的偶数编号触发码形之间的时间间隔并将其记录在计算机存储器作为数值 $T(n)$ 。

10. 从存储的时间间隔计算间隔 $B(n)$, 并由 $B(n)=F*(T(n)-C(n)+(1-F)*A)$ 算出间隔 $C(n)$ 。

11. 继续过程中的步骤#5, 并重复步骤#5-#10, 直到整个磁盘表面写满时钟信息。

F 是表示用于校正磁道到磁道偏差的加权因数的数值 0 至 1。例如, $F=1$ 时, 磁道到磁道偏差误差最小, 但绝对间隔将偏离额定值。 $F=0$ 时, 保持额定间隔大小, 但磁道到磁道误差将不受约束地增加。

应该理解, 除上述消除随机误差增长的过程外, 还必须测量和校正由前述电子和几何两者影响造成的所有系统误差。另外, 前述“间隔控制的改进算法”的方法同样也用于该过程中。

图 13 示出使用该时钟传播过程的伺服码形传播。记录磁头被设定到讯模式并触发开始开启码形发生器的 TP0 以写伺服码形#0, 然后选择盘片层叠中的下一个记录磁头并将第二伺服码形#1 写到表面#1 上, 并重复到 N 表面。数字 N 受写入每个表面所需时间和磁头转换时间的限制。在第 N 个表面的结束处, 磁头必须被及时转换到第一表面#0 以读取下一个扇区 TP1。

说明书附图

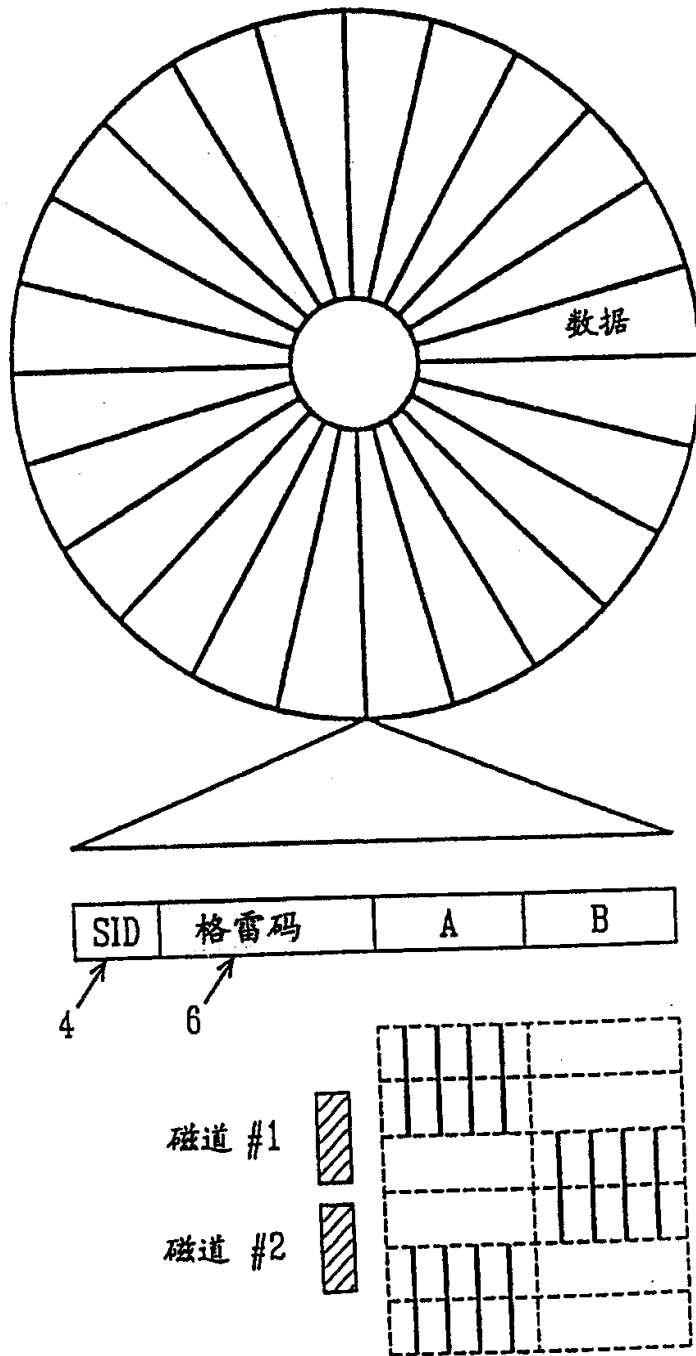


图 1

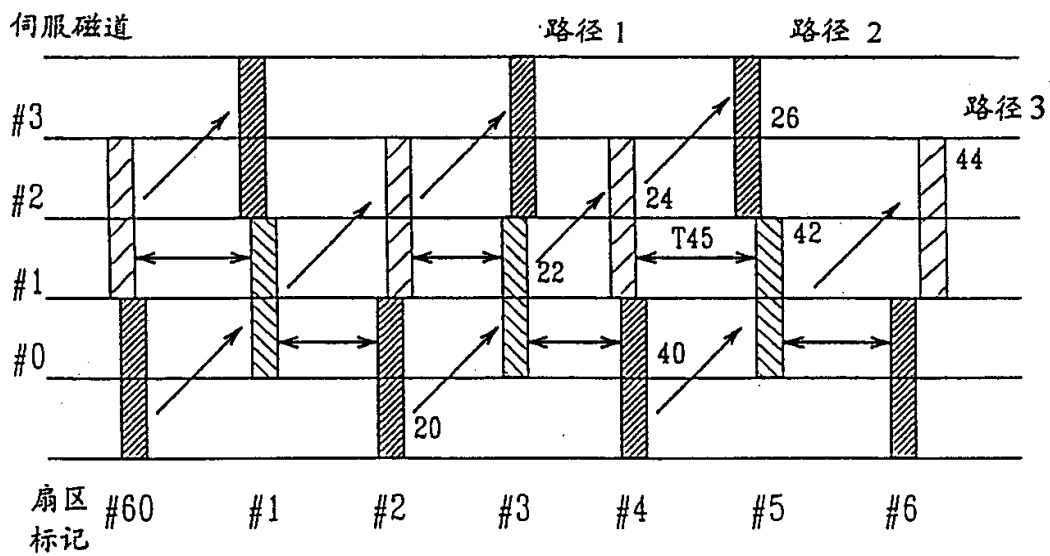
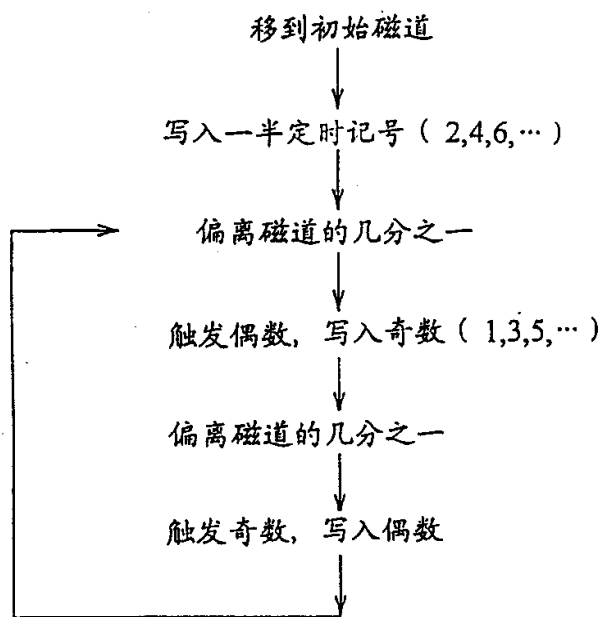


图 2

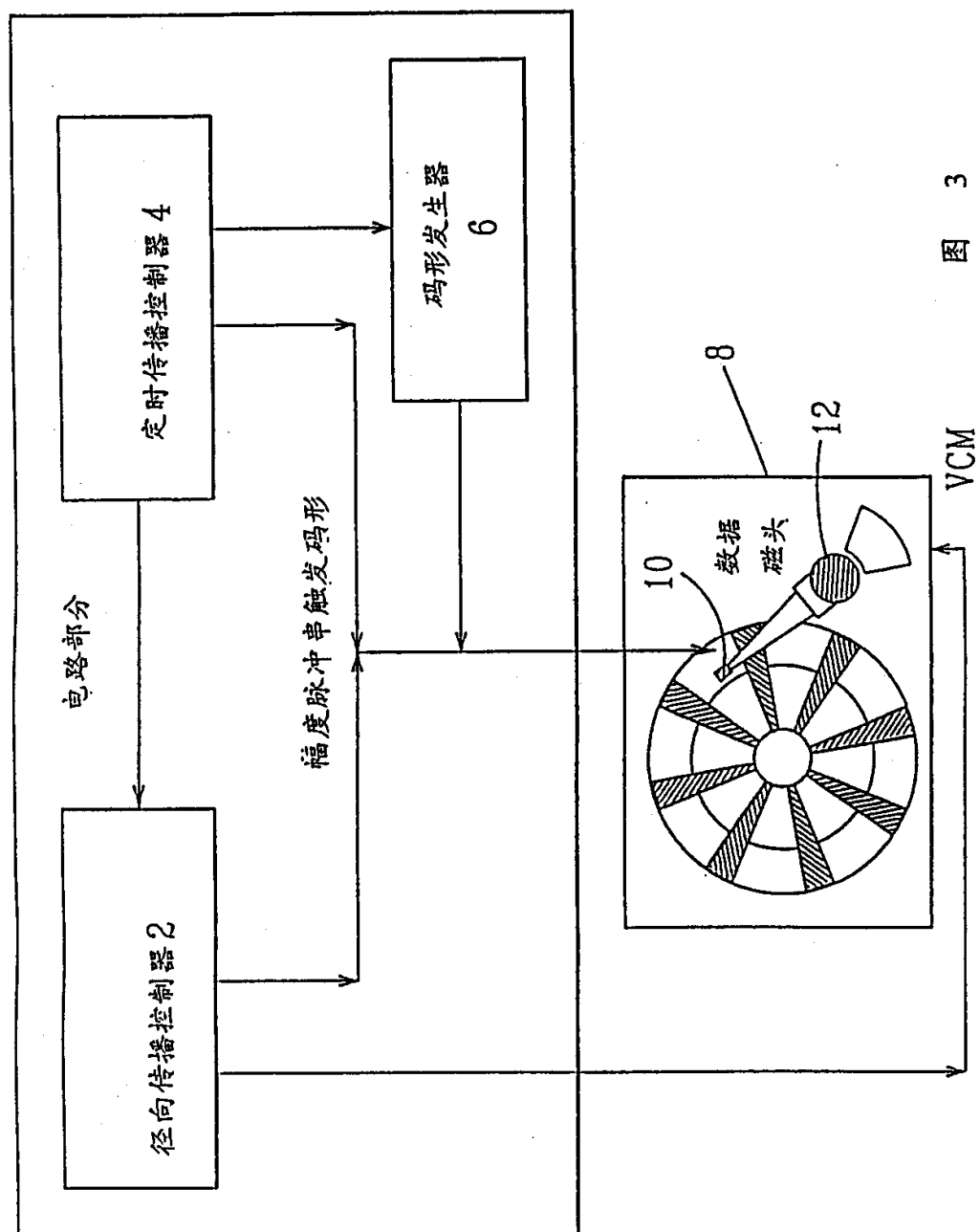


图 3

第一转

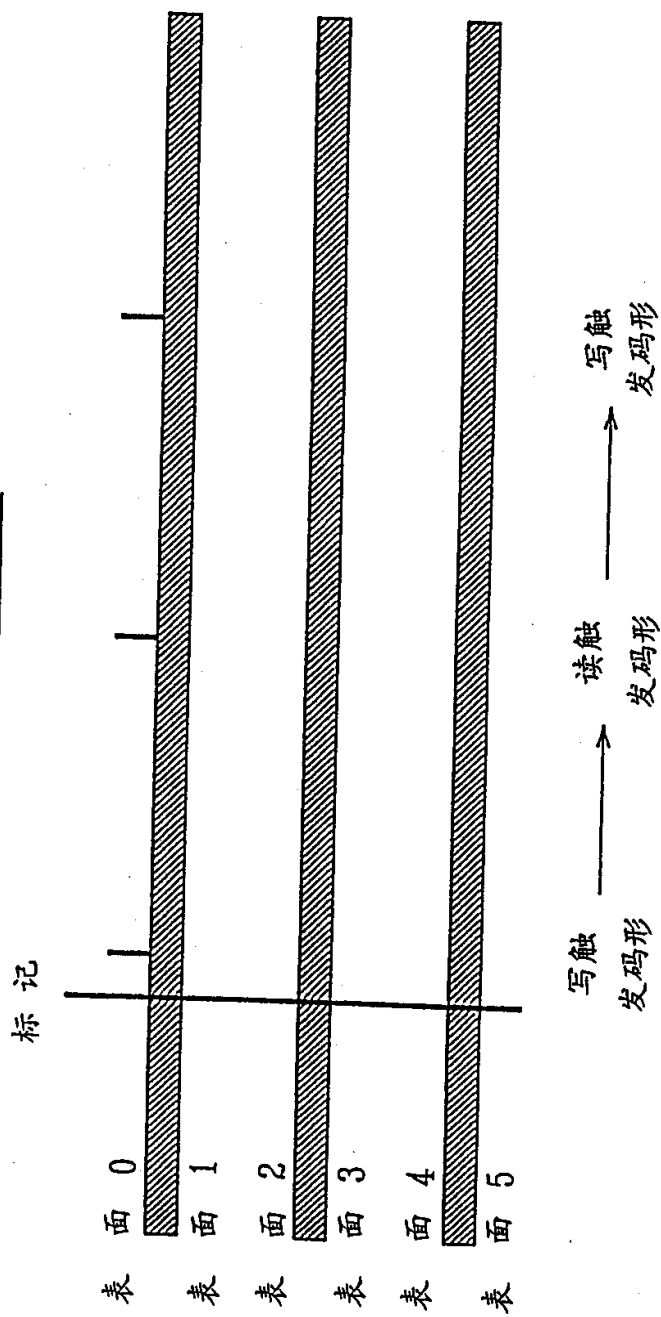


图 4A

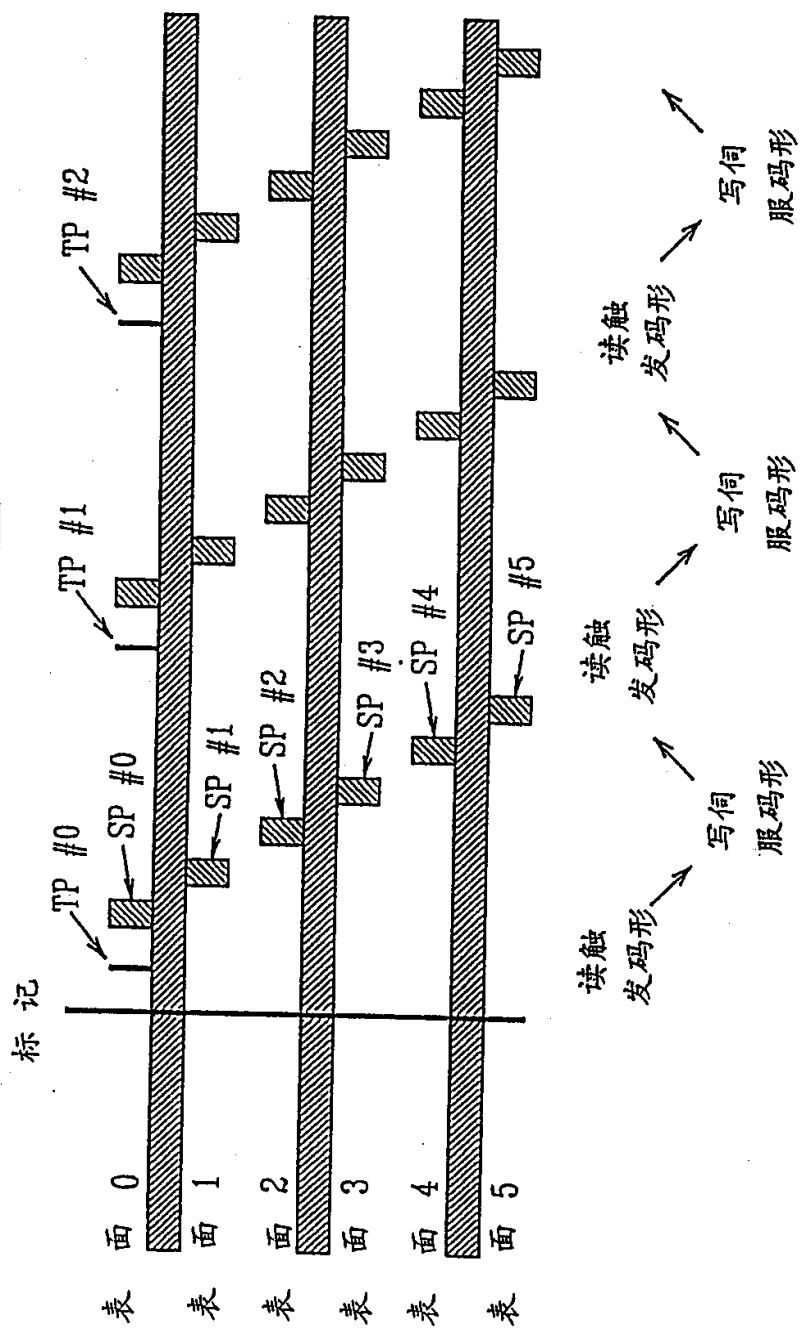


图 4B

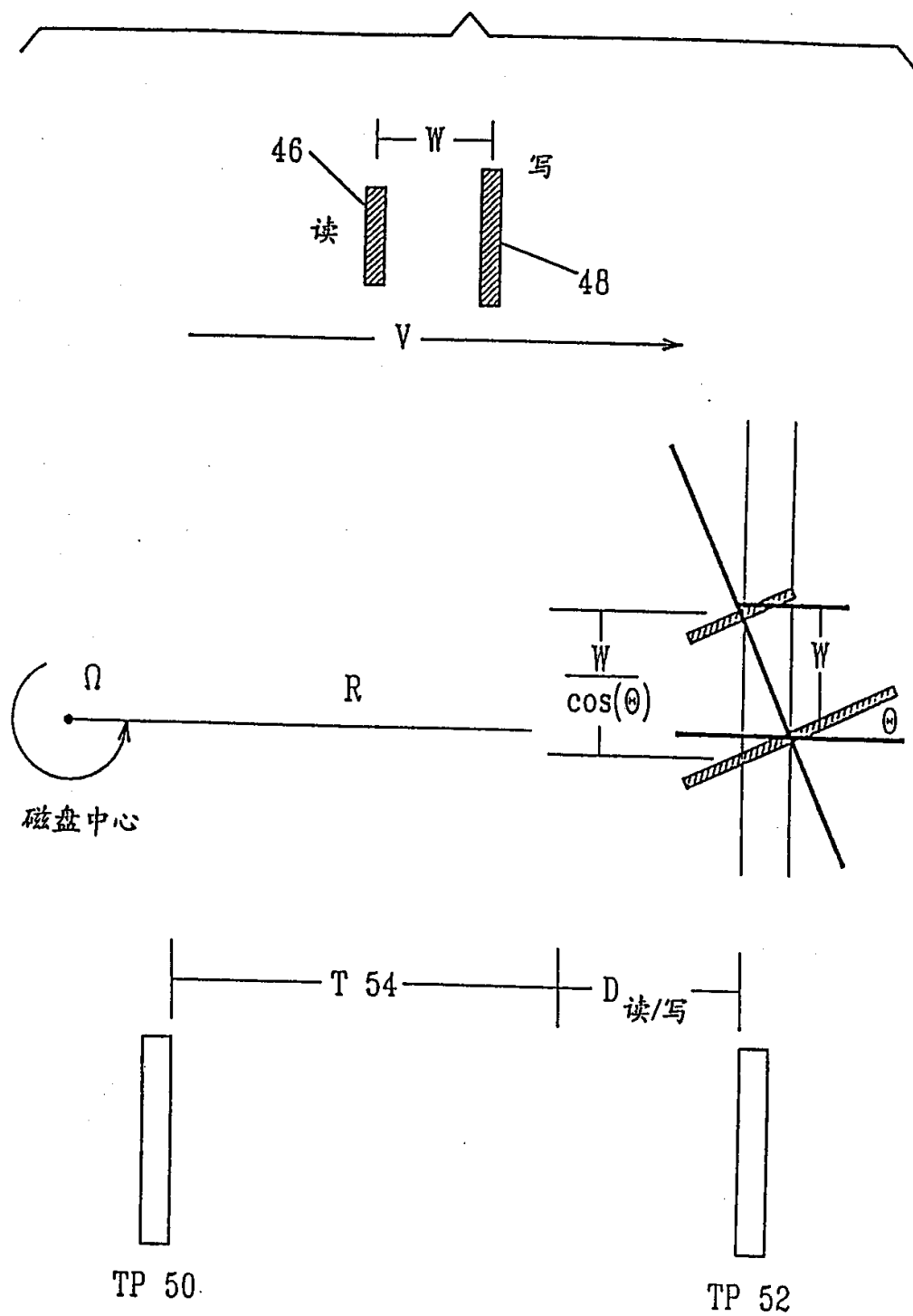


图 5

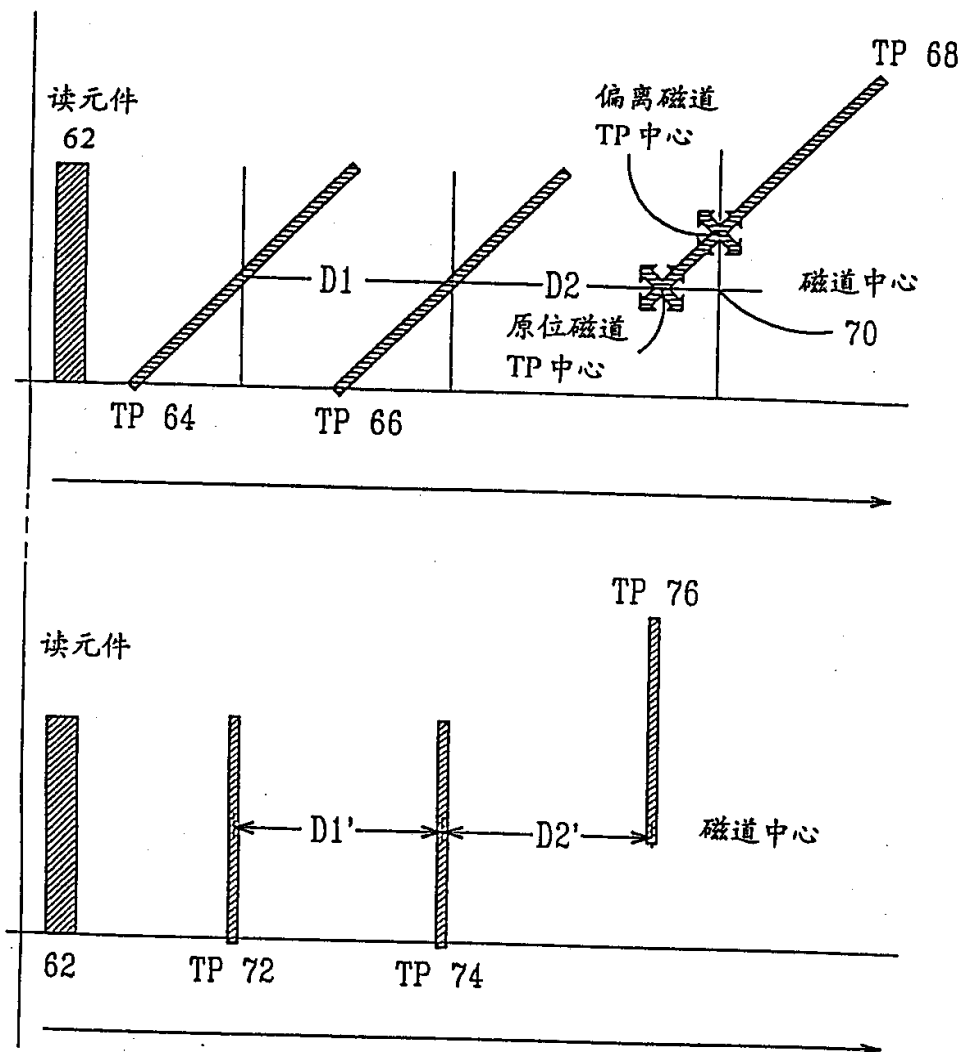


图 6

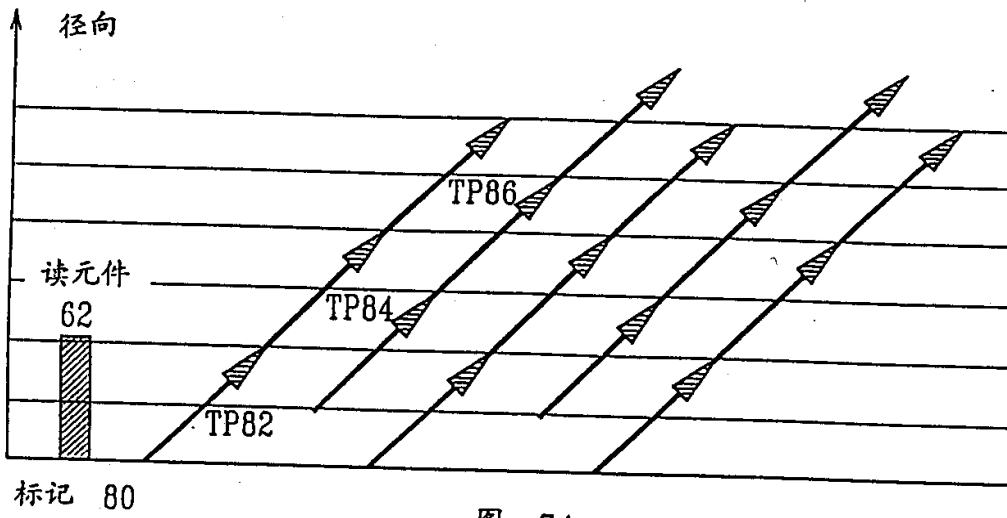


图 7A

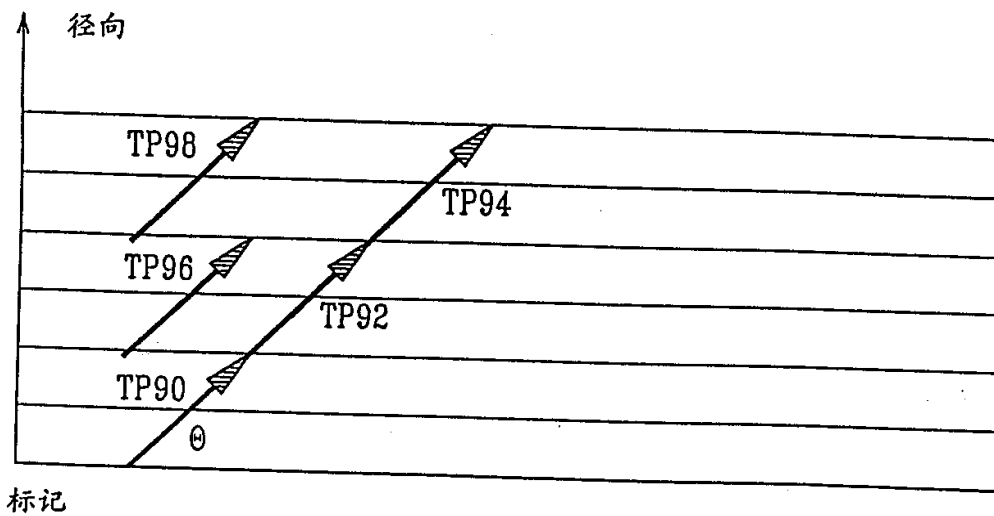


图 7B

标记

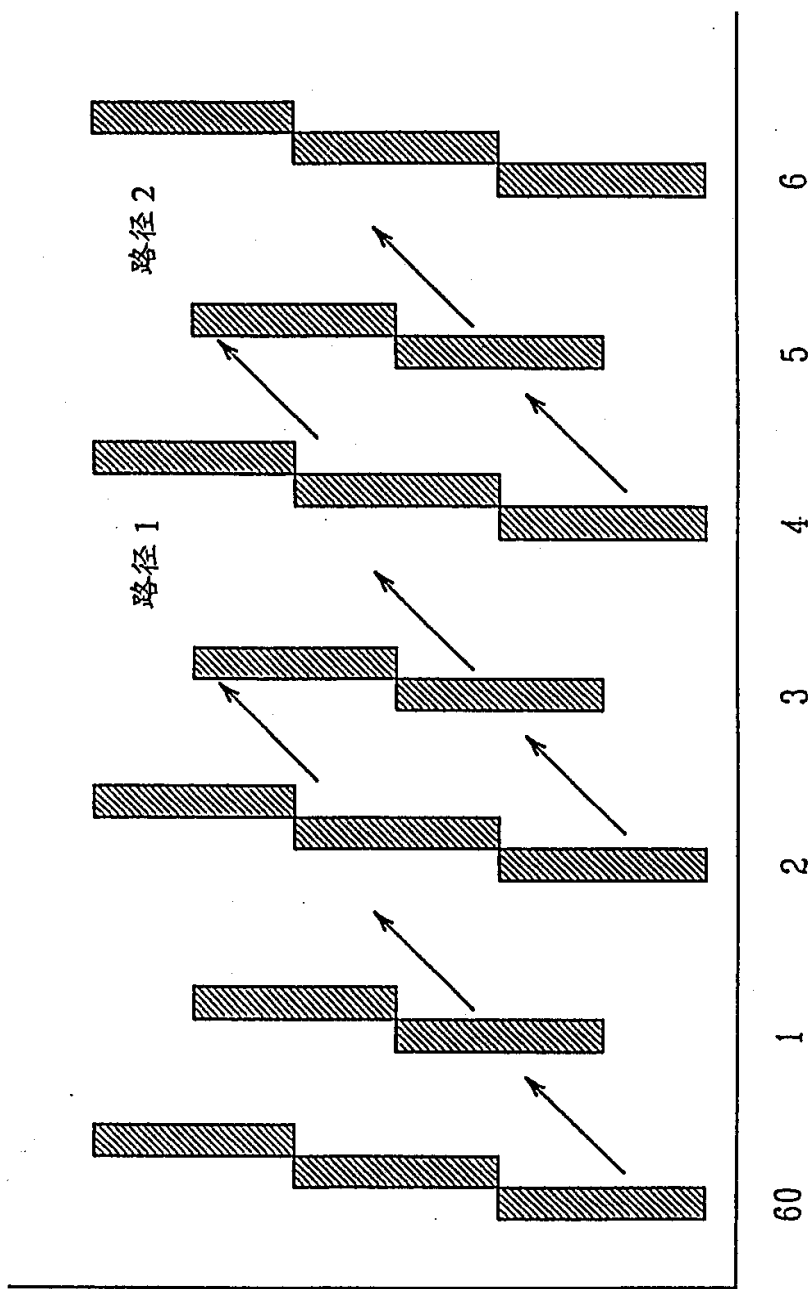


图 8

100 102 103 104 105A 105B 106A 106B 106C 107 108

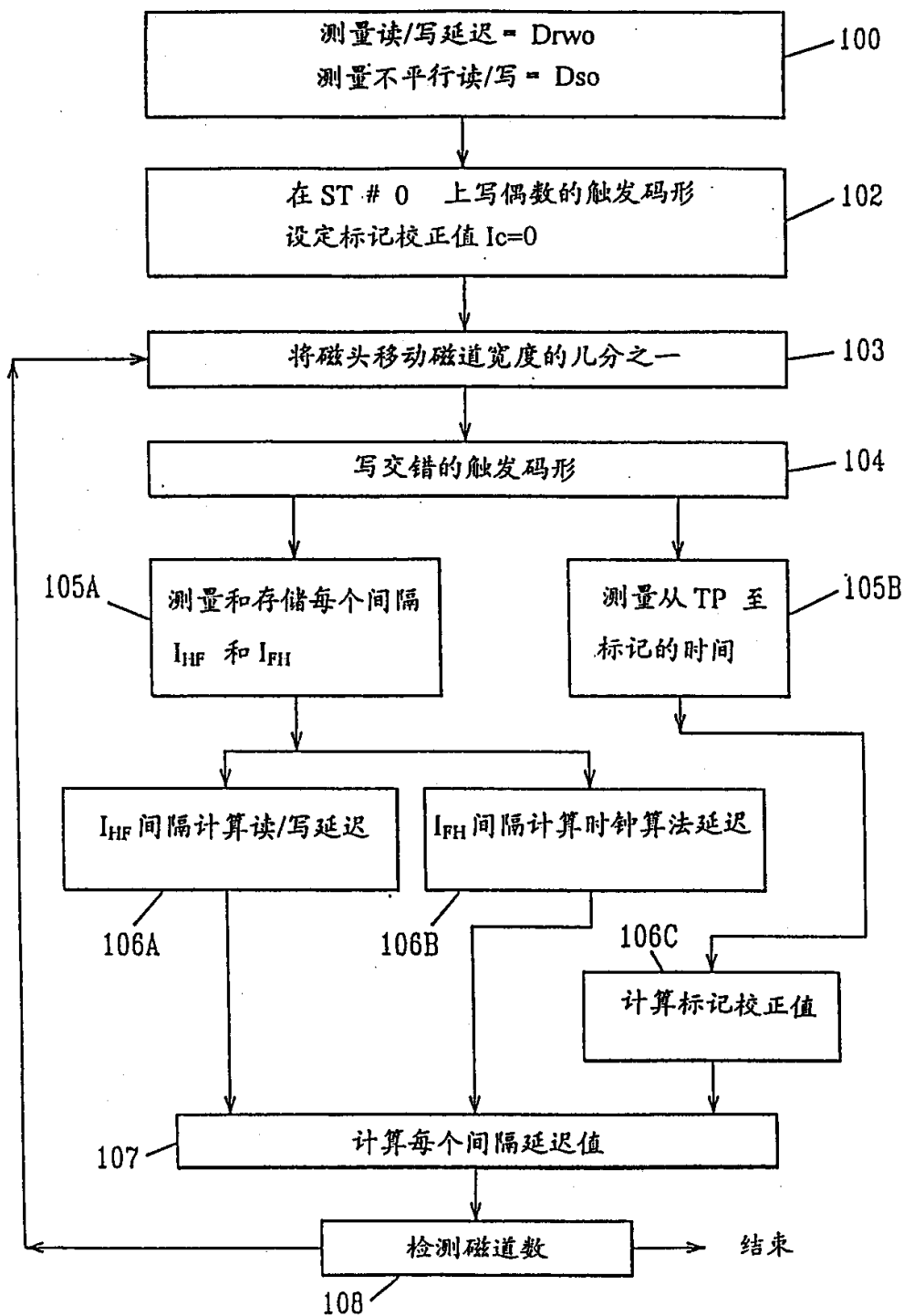
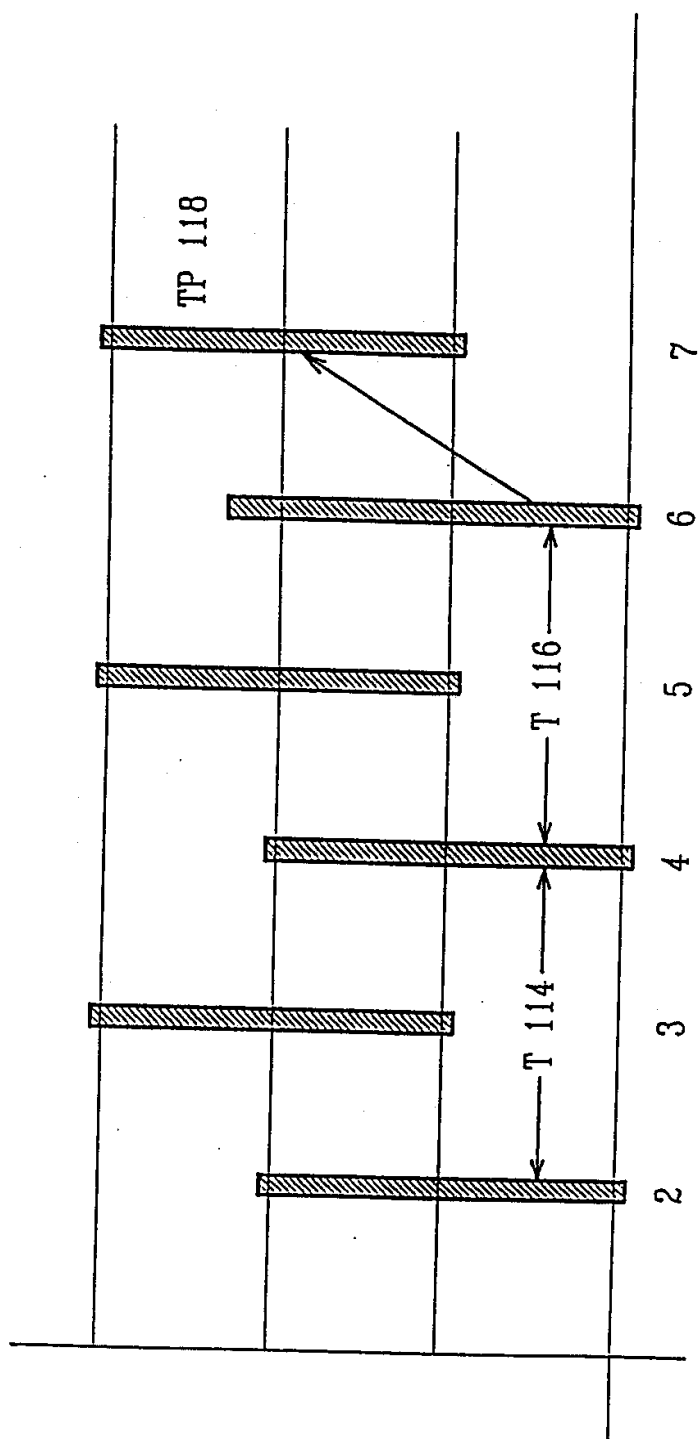


图 9

伺服磁道



扇区标记

图 10

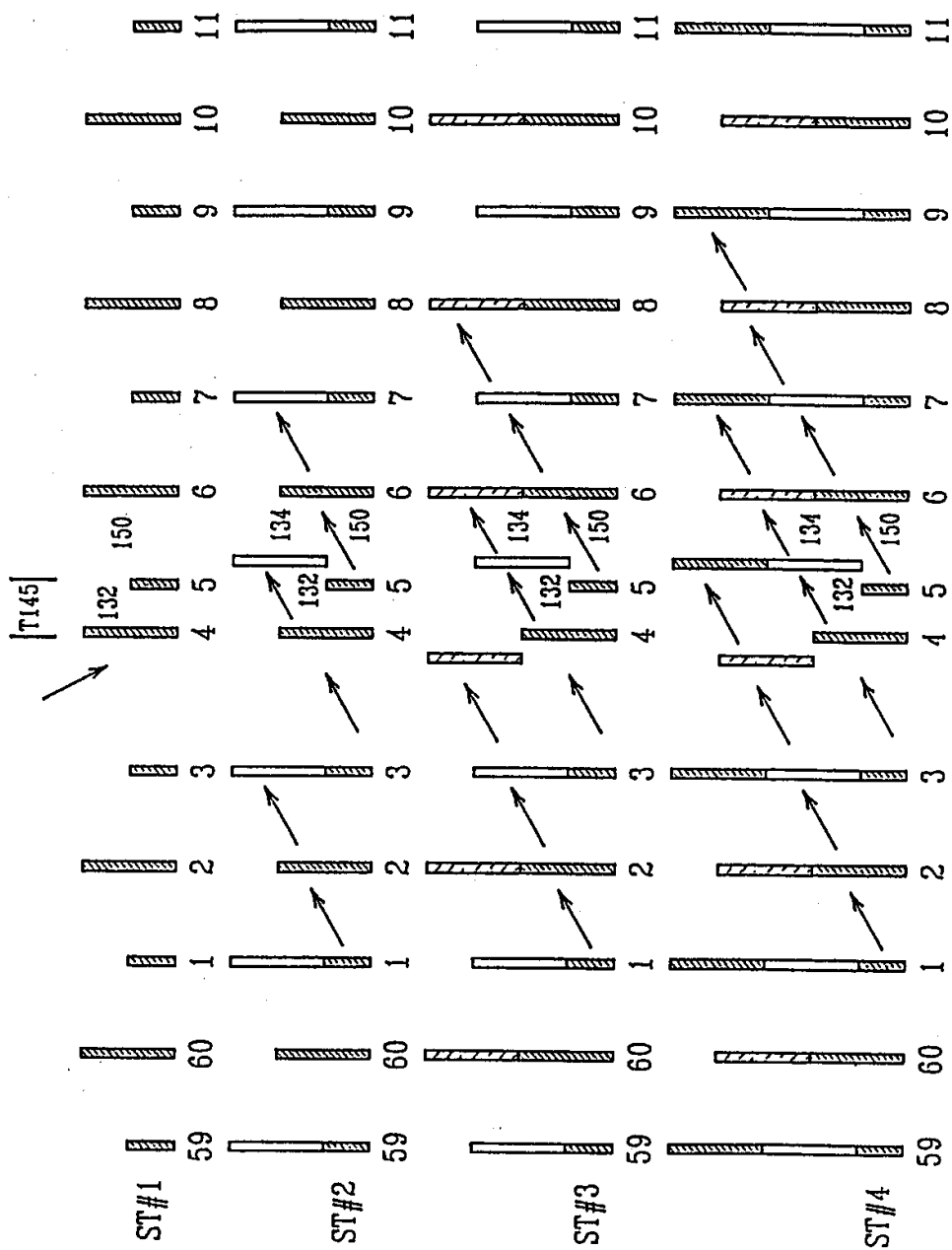


图 11A

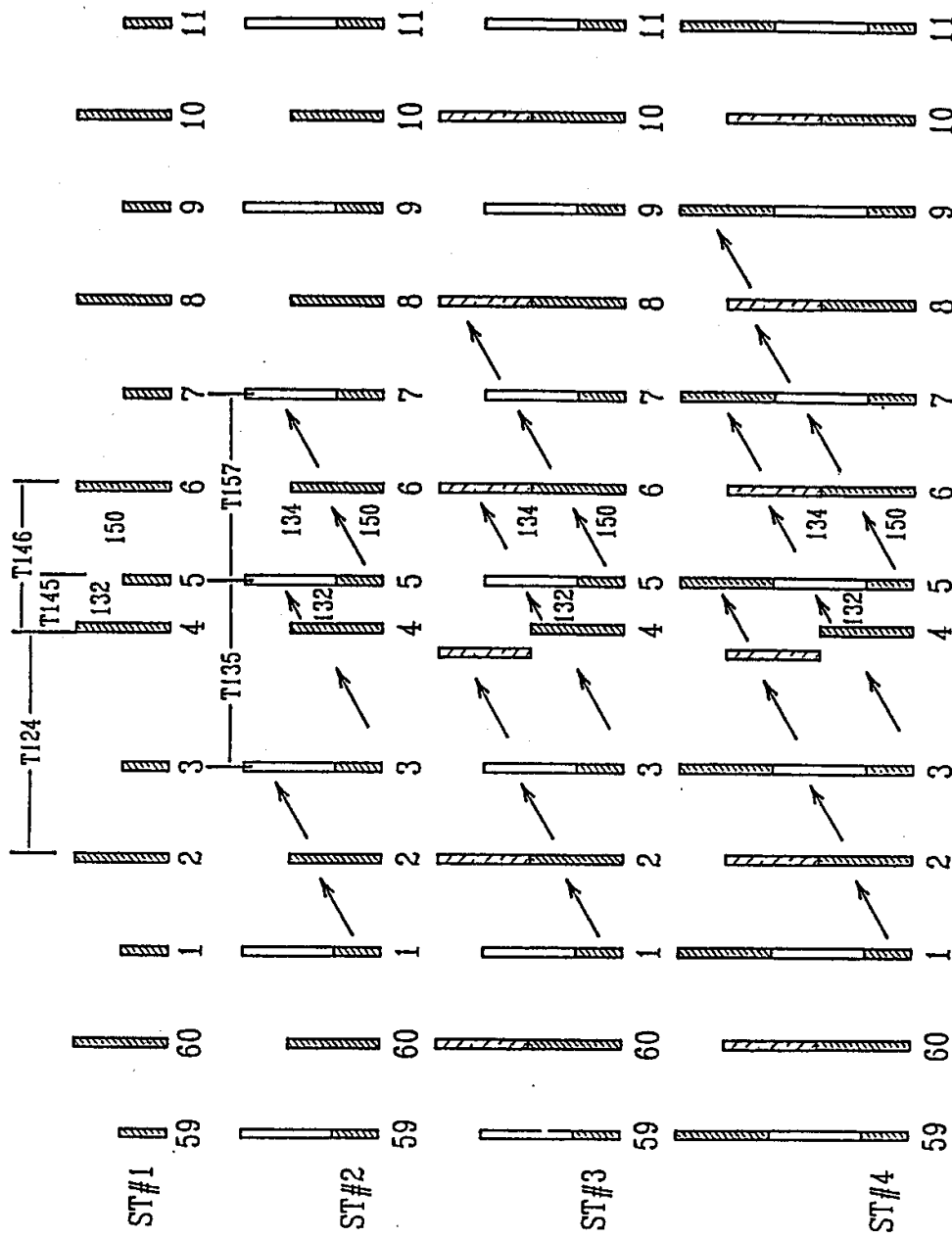


图 11B

伺服磁道

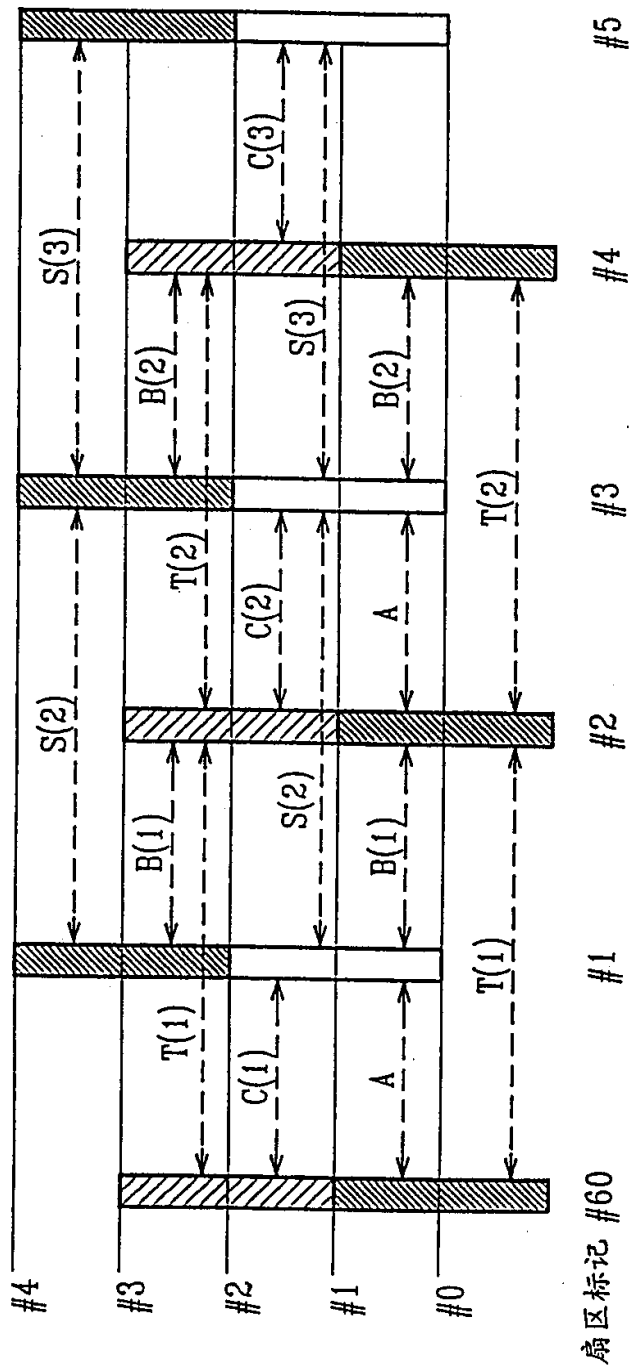


图 12

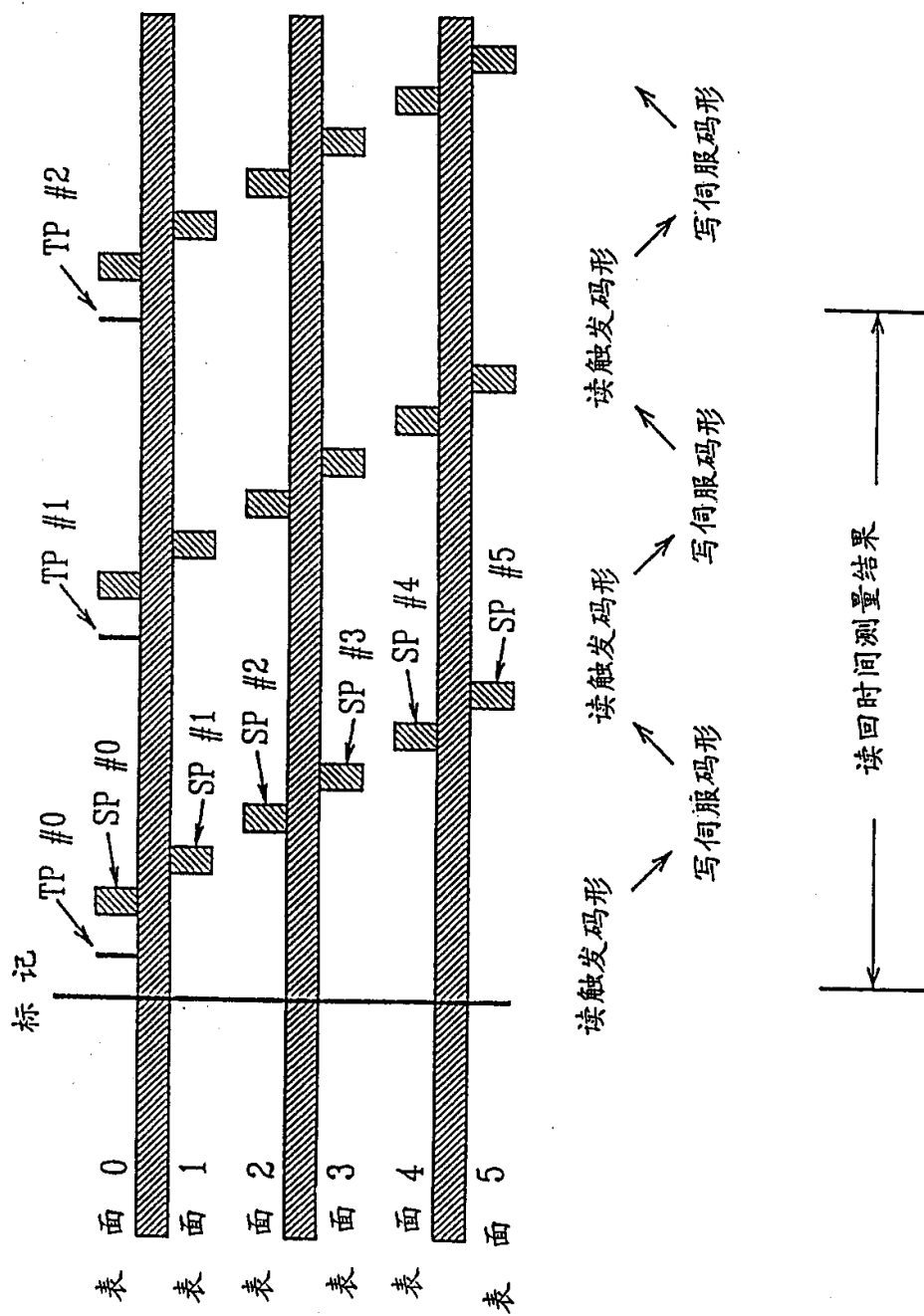


图 13