

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102725792 A

(43) 申请公布日 2012. 10. 10

(21) 申请号 201180007181. 5

(71) 申请人 国际商业机器公司

(22) 申请日 2011. 01. 27

地址 美国纽约

(30) 优先权数据

10151929. 6 2010. 01. 28 EP

(72) 发明人 E · S · 埃莱夫特里乌 W · 哈伯尔勒
J · 耶利托 A · 潘塔兹

(85) PCT申请进入国家阶段日

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所
11247

2012. 07. 26

代理人 于静 杨晓光

(86) PCT申请的申请数据

PCT/IB2011/050356 2011. 01. 27

(51) Int. Cl.

G11B 5/584 (2006. 01)

(87) PCT申请的公布数据

W02011/092642 EN 2011. 08. 04

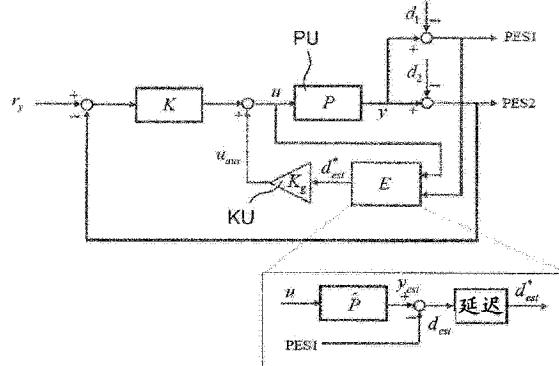
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 6 页

(54) 发明名称

用于操作存储设备的方法和装置

(57) 摘要

一种用于操作具有磁带(TP)和磁头(HU)的存储设备的方法，其中所述磁头(HU)包括第一和第二读取元件(RE1、RE2)。每个读取元件(RE1、RE2)均可操作以检测特定伺服带(SP)的伺服模式。所述第一和所述第二读取元件(RE1、RE2)以这样的方式排列：当所述磁带(TP)沿预定纵向方向(X)移动时，所述磁带(TP)首先经过两个读取元件(RE1、RE2)中的一个并随后经过两个读取元件(RE1、RE2)中的另一个。确定所述磁带(TP)沿所述纵向方向(X)的磁带传送方向(TPDIR)。当所确定的磁带传送方向(TPDIR)表示所述磁带(TP)首先经过所述第一读取元件(RE1)并随后经过所述第二读取元件(RE2)的方向时，根据所确定的磁带传送方向(TPDIR)选择所述第一读取元件(RE1)。否则选择所述第二读取元件(RE2)。根据所选择的读取元件确定位置误差信号(PES1)。相对于预定横向参考点(REF)，根据所确定的位置误差信号(PES1)估计所选择的读取元件的纵向位置(x1)处的估计的横向磁道位置(d_{est})。相对于所述预定参考点(REF)，以这样的方式估计未选择的读取元件的纵向位置(x2)处的另一估计的横向磁道位置(d_{est}^*)：所述另一估计的横向磁道位置(d_{est}^*)变成所估计的横向磁道位置(d_{est})的时延后的表示。



1. 一种用于操作具有磁带(TP)和磁头(HU)的存储设备的方法,其中所述磁头(HU)包括第一读取元件(RE1)和第二读取元件(RE2),其中每个读取元件(RE1、RE2)均可操作以检测沿所述磁带(TP)的纵向扩展存储在所述磁带(TP)上的特定预定伺服带(SP)的预定伺服模式,其中所述第一和所述第二读取元件(RE1、RE2)以这样的方式排列:当所述磁带(TP)以预定纵向方向(X)移动时,所述磁带(TP)首先经过两个读取元件(RE1、RE2)中的一个并随后经过两个读取元件(RE1、RE2)中的另一个,其中

- 确定所述磁带(TP)沿所述纵向方向(X)的磁带传送方向(TPDIR),

- 当所确定的磁带传送方向(TPDIR)表示所述磁带(TP)首先经过所述第一读取元件(RE1)并随后经过所述第二读取元件(RE2)的方向时,根据所确定的磁带传送方向(TPDIR)选择所述第一读取元件(RE1),否则选择所述第二读取元件(RE2),

- 根据所选择的读取元件确定位置误差信号(PES1),其中所述位置误差信号(PES1)表示所选择的读取元件的横向位置与所述特定伺服带(SP)上的预定横向参考位置(r_y)之间的横向距离,

- 根据所确定的位置误差信号(PES1)估计所估计的横向磁道位置(d_{est}),所估计的横向磁道位置(d_{est})表示所述伺服带(SP)上相对于所选择的读取元件的纵向位置(x_1)处的预定横向参考点(REF)的横向参考位置(r_y),

- 相对于所述预定参考点(REF),以这样的方式估计未选择的读取元件的纵向位置(x_2)处的另一估计的横向磁道位置(d_{est}^*):所述另一估计的横向磁道位置(d_{est}^*)变成所估计的横向磁道位置(d_{est})的时延后的表示,

- 根据所述另一估计的横向磁道位置(d_{est}^*)确定控制信号(u),其中经由所述控制信号(u)控制所述磁头(HU)的横向磁头位置(y)。

2. 根据权利要求1的方法,其中

- 确定所述磁带(TP)沿纵向方向(X)的当前传送速度(v),

- 根据所确定的传送速度(v)确定所述时间延迟。

3. 根据权利要求1或2的方法,其中根据所述控制信号(u)估计所估计的横向磁道位置(d_{est})。

4. 根据上述权利要求中的任一权利要求的方法,其中

- 根据所述存储设备的致动器(PU)的预定模型(\hat{P})确定所述磁头(HU)的所估计的横向磁头位置(y_{est}),所述致动器(PU)可操作以根据所述控制信号(u)沿横向方向(Y)移动所述磁头(HU),

- 根据所估计的横向磁头位置(y_{est})和所确定的位置误差信号(PES1)确定所估计的横向磁道位置(d_{est})。

5. 根据上述权利要求中的任一权利要求的方法,其中

根据应用于确定所述控制信号(u)所依据的所述另一估计的横向磁道位置(d_{est}^*)的预定增益(K_g)来确定辅助控制信号(a_{aux})。

6. 根据上述权利要求中的任一权利要求的方法,其中

- 确定所述磁头(HU)的旋转磁头位置(θ),所述旋转磁头位置(θ)表示所述磁头(HU)

的当前对齐与所述纵向方向(X)的偏差，

- 根据所确定的旋转磁头位置(θ)估计所估计的横向磁道位置(d_{est})。

7. 一种用于操作具有磁带(TP)和磁头(HU)的存储设备的装置,其中所述磁头(HU)包括第一读取元件(RE1)和第二读取元件(RE2),其中每个读取元件(RE1、RE2)均可操作以检测沿所述磁带(TP)的纵向扩展存储在所述磁带(TP)上的特定预定伺服带(SP)的预定伺服模式,其中所述第一和所述第二读取元件(RE1、RE2)以这样的方式排列:当所述磁带(TP)以预定纵向方向(X)移动时,所述磁带(TP)首先经过两个读取元件(RE1、RE2)中的一个并随后经过两个读取元件(RE1、RE2)中的另一个,其中所述装置可操作以

- 确定所述磁带(TP)沿所述纵向方向(X)的磁带传送方向(TPDIR),

- 当所确定的磁带传送方向(TPDIR)表示所述磁带(TP)首先经过所述第一读取元件(RE1)并随后经过所述第二读取元件(RE2)的方向时,根据所确定的磁带传送方向(TPDIR)选择所述第一读取元件(RE1),否则选择所述第二读取元件(RE2),

- 根据所选择的读取元件确定位置误差信号(PES1),其中所述位置误差信号(PES1)表示所选择的读取元件的横向位置与所述特定伺服带(SP)上的预定横向参考位置(r_y)之间的横向距离,

- 根据所确定的位置误差信号(PES1)估计所估计的横向磁道位置(d_{est}),所估计的横向磁道位置(d_{est})表示所述伺服带(SP)上相对于所选择的读取元件的纵向位置(x_1)处的预定横向参考点(REF)的横向参考位置(r_y),

- 相对于所述预定参考点(REF),以这样的方式估计未选择的读取元件的纵向位置(x_2)处的另一估计的横向磁道位置(d_{est}^*):所述另一估计的横向磁道位置(d_{est}^*)变成所估计的横向磁道位置(d_{est})的时延后的表示,

- 根据所述另一估计的横向磁道位置(d_{est}^*)确定控制信号(u),其中经由所述控制信号(u)控制所述磁头(HU)的横向磁头位置(y)。

用于操作存储设备的方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于操作具有磁带和磁头的存储设备的方法和装置。

背景技术

[0002] US 6690531B2 披露了一种沿导轨行进并经过读取 / 写入磁头的数据记录磁带。传感器检测磁带的位置并根据该位置来调整导轨和磁头。如果磁带偏离目标磁带路径，则控制器使用传感器信号移动导轨以将磁带调整回目标磁带路径。

[0003] US 2008/0117543A1 描述了数据带变得越来越小且更加靠近以便增加数据带密度，从而增加给定磁带的数据容量。因此，希望在跨磁带整个宽度的各个位置处放置由多组数据带分隔的纵向限定的伺服带。这允许伺服带靠近数据带并限制因磁带拉伸导致的偏移等。这也允许采用更多数量的带，因为伺服带与数据带之间的关系具有更高的精确度。在此上下文中，将描述一种包括磁头的磁带驱动器，所述磁头具有被配置为检测磁带介质上伺服模式的过渡条带(transition stripe)的第一和第二伺服读取元件。所述第一伺服读取元件被配置为在第一时间检测磁带介质上偶数伺服带的至少两个过渡条带。所述第二伺服读取元件被配置为在第二时间检测磁带介质上奇数伺服带的至少两个过渡条带，其中所述第二时间是所述第一时间之后对应于某一距离的时间延迟。将检测磁带介质上偶数和奇数伺服带的至少两个过渡条带的计时。响应于磁带介质上偶数和奇数伺服带的至少两个过渡条带的计时，相对于磁带介质横向地定位所述磁头。

发明内容

[0004] 根据本发明的第一和第二方面的各实施例，提供了一种用于操作具有磁带和磁头的存储设备的方法和对应装置，其中所述磁头包括第一读取元件和第二读取元件。每个读取元件均可操作以检测沿磁带的纵向扩展存储在磁带上的特定预定伺服带的预定伺服模式。所述第一和所述第二读取元件以这样的方式排列：当磁带沿预定纵向方向移动时，磁带首先经过两个读取元件中的一个并随后经过两个读取元件中的另一个。确定所述磁带沿所述纵向方向的磁带传送方向。当所确定的磁带传送方向表示所述磁带首先经过所述第一读取元件并随后经过所述第二读取元件的方向时，根据所确定的磁带传送方向选择所述第一读取元件。否则选择所述第二读取元件。根据所选择的读取元件确定位置误差信号。所述位置误差信号表示所选择的读取元件的横向位置与所述特定伺服带上的预定横向参考位置之间的横向距离。根据所确定的位置误差信号估计所估计的横向磁道位置，所估计的横向磁道位置表示所述伺服带上相对于所选择的读取元件的纵向位置处的预定横向参考点的横向参考位置。相对于所述预定横向参考点，以这样的方式估计未选择的读取元件的纵向位置处的另一估计的横向磁道位置：所述另一估计的横向磁道位置变成所估计的横向磁道位置的时延后的表示。根据所估计的横向磁道位置确定控制信号。经由所述控制信号控制所述磁头的横向磁头位置。

[0005] 这可以有助于可靠地估计特定横向磁道位置并确定控制信号，以便所述磁头尽可

能准确地跟随伺服带，特别是伺服带上的横向参考位置。这还可以实现一种控制系统，其中不使用外部传感器并可以明显改进磁道跟随控制，尤其是在例如松带移位(stack shift)的低频横向干扰的情况下。此方法和装置可用于补充任何实现磁道跟随控制的控制系统。磁道跟随控制表示相对于存储在磁带上的特定伺服带上的横向参考位置而控制横向磁头位置，从而移动所述磁头以便例如在读取 / 写入操作期间，磁头尽可能准确地跟随特定伺服带上的横向参考位置。优选地在磁带制造期间完成伺服带的伺服模式的写入。

[0006] 所述纵向方向和预定横向方向用作参考方向。这两个方向优选地相互垂直。在此上下文中，术语“横向”对应于横向方向，术语“纵向”对应于纵向方向。

[0007] 磁带可以由例如供带盘供给并由例如收带盘收纳。可以通过致动至少收带盘触发磁带传送，以便沿磁带传送方向移动磁带。磁带还可以沿横向方向移动，这可以被标识为磁带横向运动。磁带横向运动可以例如由凸缘滚轮上的碎片积聚引起或由磁带的不均匀卷绕或退绕引起，并且可以表示例如磁带的突然横向位移。

[0008] 伺服带上的预定横向参考位置表示特定伺服带的伺服模式的横向延伸中的预定横向位置。横向参考位置优选地与在伺服带的伺服模式的横向延伸中定位的预定参考线(例如特定伺服带的中心线)相关。所估计的横向磁道位置表示特定读取元件的纵向位置处的伺服带上的预定参考点与横向参考位置之间的估计的横向距离。可以根据伺服带上的预定横向参考位置和特定读取元件的当前横向位置来估计位置误差信号。特定纵向位置表示特定读取元件沿纵向方向的位置。

[0009] 所述第一和第二读取元件优选地是伺服读取元件。所述第一和第二读取元件中的每一个都可以是可操作以检测与所述第一和第二读取元件关联的特定伺服带的伺服模式的元件。

[0010] 源于磁带路径上特定位置处的横向干扰通常通过磁带路径从一个点传播到另一个点。例如，在磁带传送方向(其中磁带首先经过例如所述第一读取元件)的向前方向，在所述第二读取元件处观察到的横向干扰是所述第一读取元件处的干扰的时延后的版本。这可以有助于可靠地估计特定读取元件处的特定横向磁道位置。

[0011] 在本发明的所述第一和第二方面的一个优选实施例中，根据所述控制信号估计所估计的横向磁道位置。

[0012] 在本发明的所述第一和第二方面的另一优选实施例中，根据所述存储设备的致动器的预定模型确定所述磁头的所估计的横向磁头位置，所述致动器可操作以根据所述控制信号沿横向方向移动所述磁头。根据所估计的横向磁头位置和所确定的位置误差信号来确定所估计的横向磁道位置。所述控制信号优选地应用于所述致动器模型并由此产生所估计的横向磁头位置。这可以有助于可靠地估计特定读取元件处的特定横向磁道位置。

[0013] 在本发明的所述第一和第二方面的另一优选实施例中，确定所述磁头的旋转磁头位置，所述旋转磁头位置表示所述磁头的当前对齐与所述纵向方向的偏差。根据所确定的旋转磁头位置估计所估计的横向磁道位置。所述磁头的对齐表示其中所述磁头可操作以分别从磁带读取数据和 / 或向磁带写入数据的位置。所述旋转磁头位置具体可以表示所述第一读取元件的第一横向位置与所述第二读取元件的第二横向位置之间的横向差异。这可以有助于可靠地估计特定横向磁道位置，包括所述磁头的当前旋转位置。

附图说明

- [0014] 当结合附图时,通过参考以下对根据本发明的目前优选但依然示例性的实施例的详细说明,将更全面地理解本发明及其实施例。
- [0015] 附图示出:
- [0016] 图 1,磁头和磁带的图示,
- [0017] 图 2,控制系统的图示,
- [0018] 图 3,扩展后的控制系统的图示,
- [0019] 图 4,公式,
- [0020] 图 5,倾斜的磁头和磁带的图示,
- [0021] 图 6,用于磁头的倾斜控制的控制系统的图示,
- [0022] 图 7,倾斜的磁头的图示,
- [0023] 图 8,其他公式,
- [0024] 图 9,流程图。
- [0025] 不同的图可以包含相同参考标记,其表示具有相似或一致内容的元素。

具体实施方式

[0026] 图 1 示出了存储设备(例如磁带驱动器)的磁头 HU。所述磁头 HU 包括至少第一和第二磁头模块 HM1、HM2。每个磁头模块 HM1、HM2 包括至少一个磁头元件 RW 和至少一个读取元件。第一读取元件 RE1 与所述第一磁头模块 HM1 关联,第二读取元件 RE2 与所述第二磁头模块 HM2 关联。特定磁头元件 RW 可操作以分别从磁带 TP 读取数据和 / 或向磁带 TP 写入数据,并且可以例如是读取 / 写入转换器(transducer)。所述磁头 HU 优选地可沿横向方向 Y 移动。

[0027] 给定在所述第一读取元件 RE1 与所述第二读取元件 RE2 之间沿读取元件线 LN 的预定距离 L,例如 1200 微米。所述读取元件线 LN 表示通过所述第一和所述第二读取元件 RE1、RE2 的参考线。

[0028] 图 1 示出了包括至少一个伺服带 SP 的磁带 TP 的放大部分(enlarged extract)。特定伺服带 SP 是数据磁道的一部分或与其关联,所述数据磁道表示其中要存储和 / 或写入实际数据的磁带区域。所述第一和第二读取元件 RE1、RE2 通常定位在伺服带 SP(例如是 200 微米)的横向延伸中。所述第一和第二读取元件 RE1、RE2 优选地是伺服读取元件并与特定伺服带 SP 关联。每个读取元件 RE1、RE2 都可操作以检测特定伺服带 SP 的预定伺服模式。所述第一磁头模块 HM1 可以例如包括多个第一读取元件 RE1,所述第二磁头模块 HM2 可以例如包括多个第二读取元件 RE2。优选地,第一读取元件 RE1 的数量与第二读取元件 RE2 的数量相关,其中一对关联的第一和第二读取元件 RE1、RE2 可以与特定伺服带关联。

[0029] 磁带 TP 可以沿纵向方向 X 以向前方向移动,如图 1 中所示。所述向前方向表示沿纵向方向 X 的磁带传送方向 TPDIR,其中磁带 TP 首先经过所述第一磁头模块 HM1 并随后经过所述第二磁头模块 HM2。磁带 TP 的相反方向表示沿纵向方向 X 的磁带传送方向 TPDIR,其中磁带 TP 首先经过所述第二磁头模块 HM2 并随后经过所述第一磁头模块 HM1。

[0030] 在读取元件线 LN 基本上与纵向方向 X 平行对齐的情况下,横向磁头位置 y 与所述第一读取元件 RE1 的第一横向位置 y1 相等,并与所述第二读取元件 RE2 的第二横向位置 y2

相等。所述横向磁头位置 y 表示所述读取元件线 LN 和预定参考点 REF 之间的横向距离。所述第一横向位置 y_1 表示所述第一伺服元件 RE1 与所述预定参考点 REF 之间的横向距离，所述第二横向位置 y_2 表示所述第二伺服元件 RE2 与所述预定参考点 REF 之间的横向距离。

[0031] 第一横向磁道位置 d_1 表示所述伺服带 SP 上的预定横向参考位置 r_y 与表示所述第一读取元件 RE1 的纵向位置的第一纵向位置 x_1 处的参考点 REF 之间的横向距离。第二横向磁道位置 d_2 表示所述伺服带 SP 上的所述预定横向参考位置 r_y 与表示所述第二读取元件 RE2 的纵向位置的第二纵向位置 x_2 处的参考点 REF 之间的横向距离。

[0032] 图 2 示出了所述存储设备的控制系统，例如磁道跟随控制系统，其被配置为横向地移动磁头 HU 以便在读取 / 写入操作期间它尽可能准确地跟随磁道中心线。为此，使用第一位置误差信号 PES1 和第二位置误差信号 PES2。所述第一位置误差信号 PES1 表示横向磁头位置 y 与第一横向磁道位置 d_1 之间的横向距离，也如图 4 的公式 F4 中所示。所述第二位置误差信号 PES2 表示横向磁头位置 y 与第二横向磁道位置 d_2 之间的横向差距，如图 4 的公式 F6 中所示。

[0033] 优选地，所述控制系统的任务是以这样的方式控制所述横向磁头位置 y ：在存在例如由磁带 TP 的横向磁带运动引起的横向运动干扰的情况下，所述磁头 HU 跟随所述伺服带 SP 上的横向参考位置 r_y 。所述横向磁带运动可以由供带盘与收带盘之间的凸缘滚轮传送引起。所述凸缘限制横向磁带运动但在凸缘上引起碎片积聚，碎片积聚将影响磁带 TP 的寿命并且还将产生不良的动态影响。在无凸缘滚轮传送的情况下，没有对磁带 TP 的横向磁带运动的约束，并且可能由松带移位和抛下的绕带 (thrown wraps) 引起的横向磁带运动将更显著。在无凸缘驱动器中，这些干扰的振幅与具有凸缘滚轮的驱动器相比将更高。松带移位表现为每次磁带 TP 移动时，在同一纵向位置处重复的突然横向位移。横向磁带运动通常是例如 10 至 30 赫兹的频率范围内的低频干扰。横向磁带运动通常是更高数据磁道密度的限制因素。例如，将区域密度增加到 20 千兆位 / 平方英寸可以导致大约 600 至 800 纳米的数据磁道横向宽度，这需要例如 30 至 50 纳米的位置误差信号标准偏差。特定磁头元件 RW 以这样的方式在磁头 HU 中相对于关联的读取元件 RE1、RE2 的位置来定位：当关联的读取元件基本上与特定伺服带上的预定横向参考位置 r_y 对齐时，它可操作以便分别从磁带 TP 读取数据和 / 或向磁带 TP 写入数据。

[0034] 所述控制系统 (图 2) 包括控制器 K，控制器 K 根据预定横向参考位置 r_y (例如 0 微米) 与第二位置误差信号 PES2 的差来确定控制信号 u。

[0035] 特定伺服带 SP 上的预定横向参考位置 r_y 表示该特定伺服带 SP 的伺服模式的横向延伸 (例如 200 微米) 中的预定横向位置。所述横向参考位置 r_y 优选地与在所述伺服带 SP 的伺服模式的横向延伸中定位的预定参考线 (例如该特定伺服带 SP 的中心线 CLN) 相关。

[0036] 所述控制系统还包括致动器 PU，所述致动器 PU 根据控制信号 u 控制横向磁头位置 y 。所述横向磁头位置 y 可以如图 4 的公式 F0 中所示的那样确定，其中参数 P 例如表示应用于所述控制信号 u 的所述致动器 PU 的增益。所述控制信号 u 可以例如是提供给所述致动器 PU 的电流。

[0037] 在向前方向中，所述控制系统优选地根据第二位置误差信号 PES2 控制横向磁头位置 y ，如图 2 中所示。在相反方向中，优选地根据第一位置误差信号 PES1 控制横向磁头位置 y 。

[0038] 图 2 的左侧图示出了第一位置误差信号 PES1 与时间 t 的过程, 图 2 的右侧图示出了当磁带 TP 沿向前方向移动时第二位置误差信号 PES2 与时间 t 的过程。第二位置误差信号 PES2 的值在 0 微米值附近变化, 而第一位置误差信号 PES1 的值在正值或负值附近变化。第一位置误差信号 PES1 (在此情况下表示开环位置误差信号) 并不包括在对横向磁头位置 y 的控制中。因此, 与第二位置误差信号 PES2 (在此情况下表示闭环位置误差信号) 的过程相比, 第一位置误差信号显示更高的信号值。在相反方向, 此行为通常被调换。例如在向前方向, 在第二纵向位置 x2 处捕获的第二位置误差信号 PES2 基本上是在第一纵向位置 x1 处捕获的第一位置误差信号 PES1 的时延后的版本。因此, 如图 2 的左侧图中示出的第一位置误差信号 PES1 用于估计表示伺服带 SP 上的横向参考位置 r_y 的所估计的横向磁道位置 d_{est} , 如图 4 的公式 F8 中所示。所述伺服带 SP 上的横向参考位置的另一估计的横向磁道位置 d_{est}^* 表示时延后的横向磁道位置 d_{est} 。所估计的横向磁道位置 d_{est} 表示预定参考点 REF 与特定读取元件的纵向位置处的所述伺服带 SP 上的横向参考位置 r_y 之间的所估计的横向距离。

[0039] 在相反方向中, 第二位置误差信号 PES2 优选地用于估计所估计的横向磁道位置 d_{est} 。优选地, 与磁带 TP 首先经过的读取元件 RE1、RE2 关联的位置误差信号 PES1、PES2 用于估计所估计的横向磁道位置 d_{est} 。如果磁头 HU 包括两个以上的磁头模块, 则所述第一和第二磁头模块 HM1、HM2 表示所述磁头 HU 相对于所述纵向方向 X 的特定外部磁头模块。

[0040] 图 3 示出了扩展后的控制系统, 其另外包括估计器 E 和自适应单元 KU (例如放大器)。图 3 参考向前方向, 其中根据第一位置误差信号 PES1 和电流控制信号 u 估计伺服带 SP 上的横向参考位置 r_y 相对于参考点 REF 的所估计的横向磁道位置 d_{est} 。另一估计的横向磁道位置 d_{est}^* 表示所估计的横向磁道位置 d_{est} 的时延后的版本。所述自适应单元 KU 可操作以通过例如将预定增益 K_g 应用于所述另一估计的横向磁道位置 d_{est}^* 来确定辅助控制信号 u_{aux} 。然后例如将所述辅助控制信号 u_{aux} 与所述控制器 K 的输出信号相加以产生控制信号 u。

[0041] 所述估计器 E 包括所述致动器 PU 的预定致动器模型 \hat{P} , 所述模型可操作以根据控制信号 u 提供所估计的横向磁头位置 y_{est} , 如图 4 的 F2 中所示。所估计的横向磁头位置 y_{est} 表示对当前横向磁头位置 y 的估计。所估计的横向磁头位置 y_{est} 与所述第一位置误差信号 PES1 之间的差表示所估计的横向磁道位置 d_{est} , 如图 4 的公式 F8 中所示。在相反方向的情况下, 所估计的横向磁头位置 y_{est} 与所述第二位置误差信号 PES2 之间的差表示所估计的横向磁道位置 d_{est} 。

[0042] 与图 1 相比, 图 5 示出了倾斜的磁头 HU。在此上下文中, 致动器 PU 另外可操作以控制磁头 HU 的旋转位置 θ 。磁头 HU 的旋转位置 θ 表示磁头 HU 的当前对齐与纵向方向 X 的偏差。在此情况下, 第一横向位置 y_1 不同于第二横向位置 y_2 。横向磁头位置 y 表示例如所述第一和第二横向位置 y_1 、 y_2 的平均值。由于所述第一和第二横向位置 y_1 、 y_2 之间的差, 磁头 HU 的旋转位置 θ 优选地包括在对所估计的横向磁道位置 d_{est} 的估计中。

[0043] 如图 7 中所示, 可以例如根据三角测量关系计算第一横向差 Δy_1 和第二横向差 Δy_2 。第一横向差 Δy_1 表示第一横向位置 y_1 与横向磁头位置 y 之间的差, 第二横向差 Δy_2 表示实际第二横向位置 y_2 与横向磁头位置 y 之间的差。公式 F12、F14、F16、F18 显示了与

三角形 $\triangle \overset{\Delta}{AB}\Gamma$ 、 $\triangle \overset{\Delta}{\Gamma E}$ 、 $\triangle \overset{\Delta}{ZH}$ 、 $\triangle \overset{\Delta}{\Theta I}$ 相关的三角测量关系。磁头 HU 通过其预定高度 D 以及所述第一和第二读取元件 RE1、RE2 之间的预定距离 L 来表征。通过对图 8 的公式 F16、F18 应用小角度近似，可以根据图 8 的公式 F20 计算所述第一和第二横向差 Δy_1 、 Δy_2 。可以根据图 8 的公式 F22 计算所述第一和第二位置误差信号 PES1、PES2。

[0044] 图 6 示出了实现磁头 HU 的倾斜控制的扩展后的控制系统。与图 3 相比，致动器 PU 可操作以另外根据预定的其他控制信号 u ，控制磁头 HU 的旋转位置 θ 。此外，在向前方向中，实现扩展后的估计器 E*，以便根据所述控制信号 u 、所述旋转位置 θ 和所述第一位置误差信号 PES1 按照图 6 的公式 F10 估计横向磁道位置 d_{est} 。对横向磁道位置 d_{est} 的估计可以基于结合了磁头 HU 的倾斜控制的所述致动器 PU 的扩展后的模型 \hat{P}^* 。在相反方向中，根据所述控制信号 u 、所述旋转位置 θ 和所述第二位置误差信号 PES2，按照图 6 的公式 F11 估计所估计的横向磁道位置 d_{est} 。公式 F10、F11 由图 8 中的公式 F22 的相应重新排列产生。

[0045] 根据图 9 的流程图的程序例如由所述存储设备的控制器单元（例如微控制器）执行。所述控制器单元还可以被标识为用于操作所述存储设备的装置。

[0046] 所述程序的执行始于步骤 S0。在步骤 S2，确定当前磁带传送方向 TDIR。此外，可以在步骤 S2 确定当前旋转磁头位置 θ 。在步骤 S4，根据所确定的磁带传送方向 TDIR 选择读取元件。所选择的读取元件 SELRE 可以是所述第一读取元件 RE1 或所述第二读取元件 RE2，具体取决于磁带 TP 首先经过的读取元件。优选地作为特定控制系统的反馈结合未选择的读取元件，以便控制横向磁头位置 y （图 3、图 6）。例如，如果磁带 TP 以向前方向移动，则所述第一读取元件 RE1 表示所选择的读取元件 SELRE，所述第二读取元件 RE2 表示未选择的读取元件。在相反方向中，选择所述第二读取元件 RE2 而不选择所述第一读取元件 RE1。在步骤 S6，确定位置误差信号 PSE。所述位置误差信号优选地与所选择的读取元件 SELRE 关联，并且可以表示所述第一或第二位置误差信号 PES1、PES2。在步骤 S8，根据所确定的位置误差信号 PSE 估计所估计的横向磁道位置 d_{est} 。此外，将所述旋转磁头位置 θ 结合在对所估计的横向磁道位置 d_{est} 的估计中。估计所述横向磁道位置 d_{est} ，以便它表示参考点 REF 与在所选择的读取元件 SELRE 的关联纵向位置 x_1 、 x_2 处的横向磁道位置 d_1 、 d_2 之间的横向距离。在步骤 S10，优选地以这样的方式根据所估计的横向磁道位置 d_{est} 估计另一估计的横向磁道位置 d_{est}^* ：所述另一估计的横向磁道位置 d_{est}^* 表示所估计的横向磁道位置 d_{est} 的时延后的版本。所述时间延迟通常取决于磁带速度 v （图 1）以及所述第一和第二读取元件 RE1、RE2 之间的预定距离 L。在步骤 S12，根据所述另一估计的横向磁道位置 d_{est}^* 确定控制信号 u 。所述软件程序的执行在步骤 S14 停止。优选地，所述程序执行在步骤 S2 重新开始。

[0047] 尽管通过某些示例性实施例描述了本发明，但本发明并不限于此类实施例。将显而易见的是，本领域的技术人员可以在不偏离本发明的范围的情况下对本发明进行各种修改和变化。

[0048] 参考标记列表

[0049] \hat{P} 致动器模型

[0050] \hat{P}^* 扩展后的致动器模型

[0051]	θ	旋转磁头位置
[0052]	r_y	横向参考位置
[0053]	u_θ	其他控制信号
[0054]	u_{aux}	辅助控制信号
[0055]	d_{est}, d_{est}^*	所估计的横向磁道位置
[0056]	$Ay_1, \Delta y_2$	横向差
[0057]	$\overset{\Delta}{AB}\Gamma, \Gamma\overset{\Delta}{E}$	三角形
[0058]		$\Delta\overset{\Delta}{ZH}, \Delta\overset{\Delta}{\Theta I}$
[0059]	CLN	伺服带中心线
[0060]	D	磁头高度
[0061]	d_1, d_2	横向磁道位置
[0062]	E	估计器
[0063]	E^*	扩展后的估计器
[0064]	HM1	第一磁头模块
[0065]	HM2	第二磁头模块
[0066]	HU	磁头
[0067]	K	控制器
[0068]	K_g	增益
[0069]	KU	自适应单元
[0070]	L	第一和第二读取元件之间的距离
[0071]	LN	读取元件线
[0072]	P	致动器增益
[0073]	PES、PES1、PES2	位置误差信号
[0074]	PU	致动器
[0075]	RE1	第一读取元件
[0076]	RE2	第二读取元件
[0077]	REF	参考点
[0078]	RW	磁头元件
[0079]	SELRE	所选择的读取元件
[0080]	SP	伺服带
[0081]	TP	磁带
[0082]	TRDIR	磁带传送方向
[0083]	u	控制信号
[0084]	v	磁带速度
[0085]	X	纵向方向
[0086]	x、b	辅助值
[0087]	x1、x2	纵向位置

- [0088] y 横向磁头位置
- [0089] Y 横向方向
- [0090] y1、y2 横向位置
- [0091] y_{est} 所估计的横向磁头位置

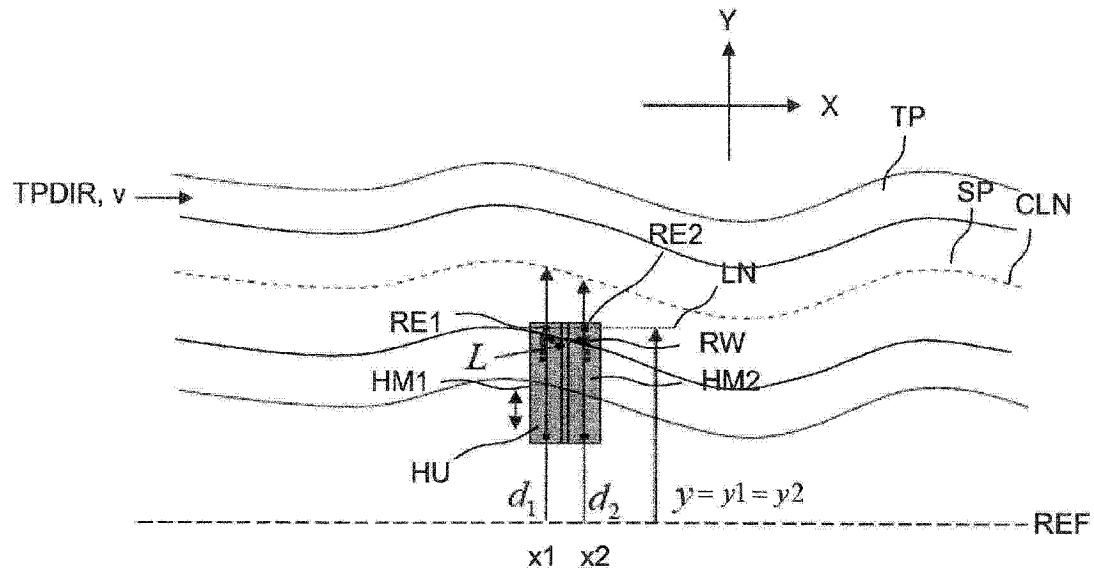


图 1

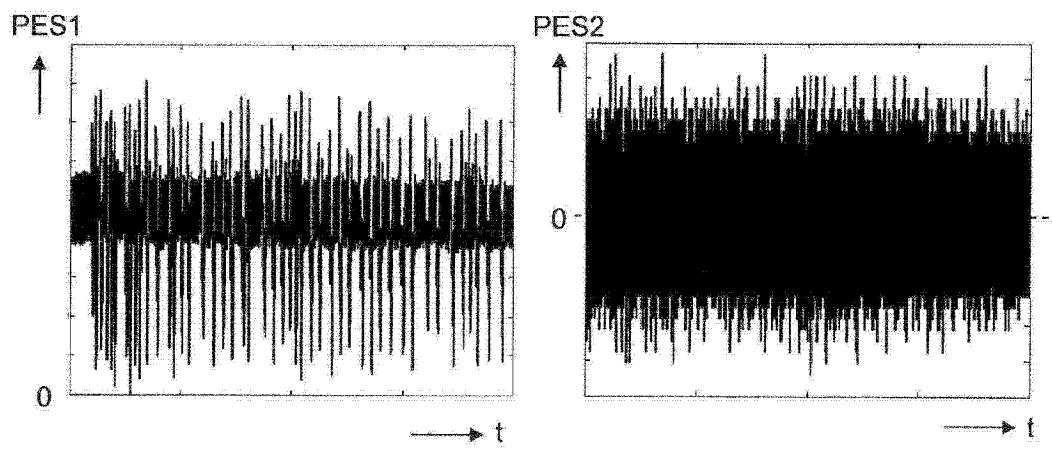
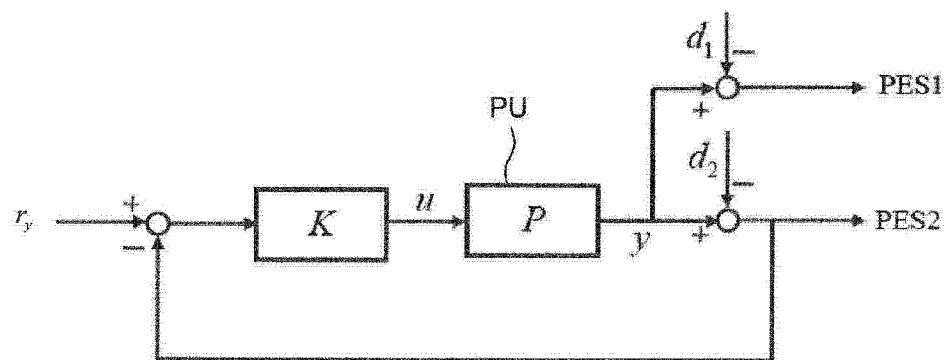


图 2

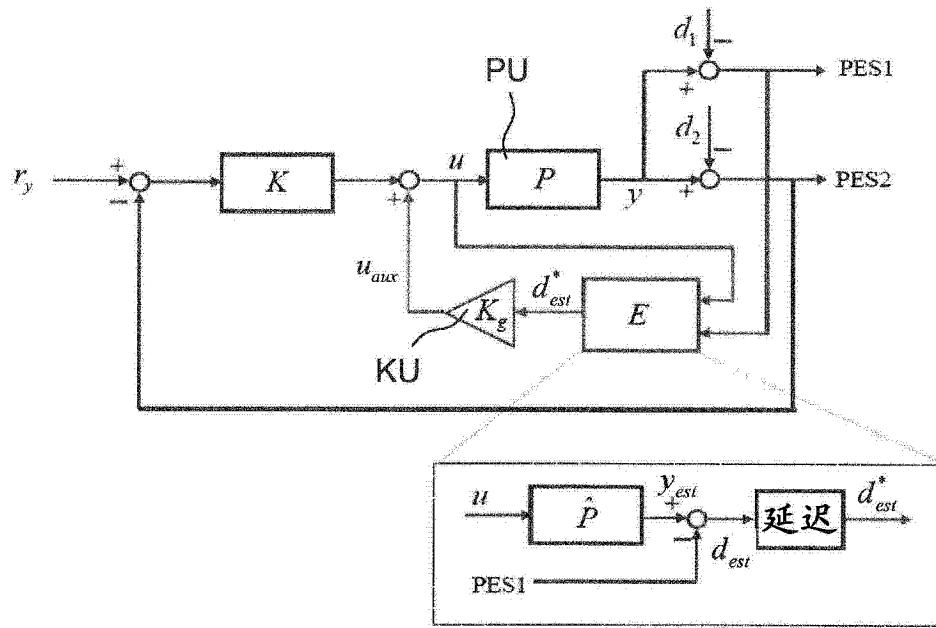


图 3

$$y = u \cdot P \quad (\text{F0})$$

$$y_{est} = u \cdot \hat{P} \quad (\text{F2})$$

$$d_1 = -PES1 + y \quad (\text{F4})$$

$$d_2 = -PES2 + y \quad (\text{F6})$$

$$d_{est} = -PES1 + u \cdot \hat{P} \quad (\text{F8})$$

图 4

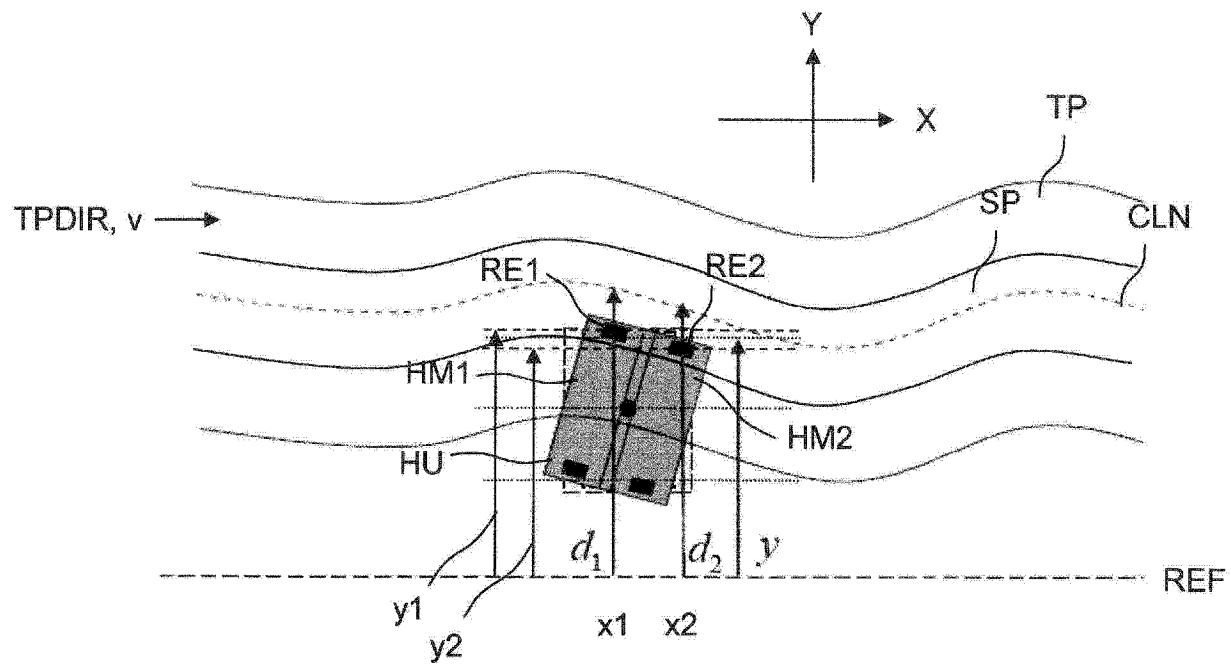
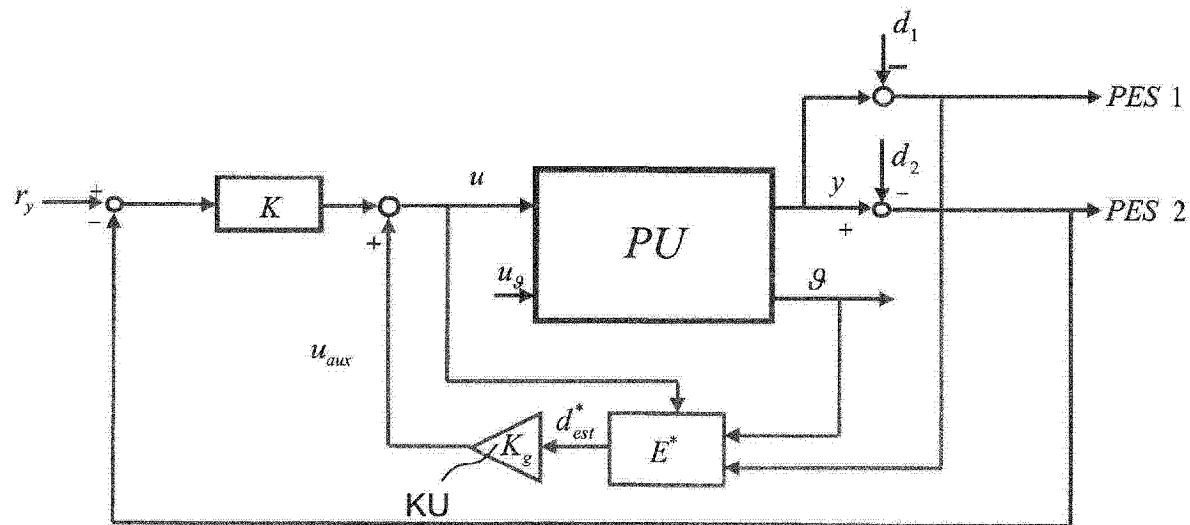


图 5



$$d_{est} \cong -PES1 + u \cdot \hat{P}^* + \frac{L}{2} g \quad (\text{F10})$$

$$d_{est} \cong -PES2 + u \cdot \hat{P}^* - \frac{L}{2} g \quad (\text{F11})$$

图 6

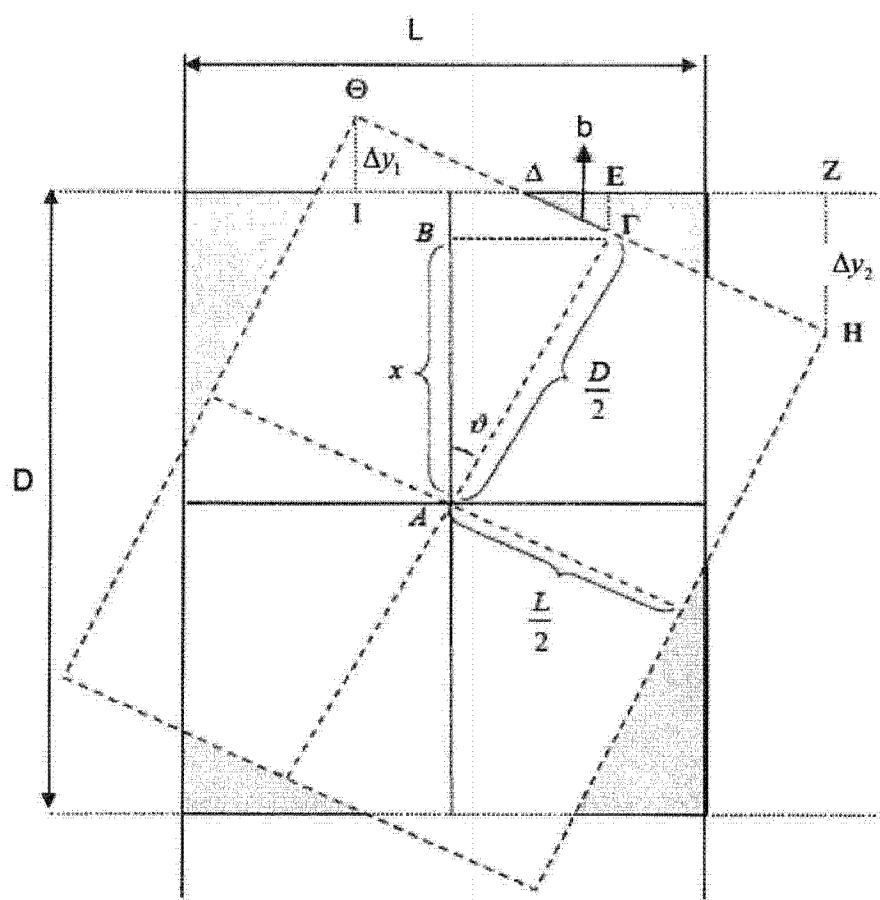


图 7

$$\overset{\Delta}{AB\Gamma}: \cos \vartheta = \frac{x}{\frac{D}{2}} \Rightarrow x = \frac{D}{2} \cos \vartheta \quad (\text{F12})$$

$$\overset{\Delta}{\Gamma\Delta E}: \sin \vartheta = \frac{\frac{D}{2} - x}{b} \Rightarrow b = \frac{\frac{D}{2}(1 - \cos \vartheta)}{\sin \vartheta} \quad (\text{F14})$$

$$\overset{\Delta}{\Delta ZH}: \sin \vartheta = \frac{\Delta y_2}{\frac{L}{2} + \frac{b}{2}} \Rightarrow \Delta y_2 = \frac{D}{2}(1 - \cos \vartheta) + \frac{L}{2} \sin \vartheta \quad (\text{F16})$$

$$\overset{\Delta}{\Delta \Theta I}: \sin \vartheta = \frac{\Delta y_1}{\frac{L}{2} - b} \Rightarrow \Delta y_1 = -\frac{D}{2}(1 - \cos \vartheta) + \frac{L}{2} \sin \vartheta \quad (\text{F18})$$

$$\Delta y_1 \cong \Delta y_2 \cong \frac{L}{2} \vartheta \quad (\text{F20})$$

$$PES1 \cong \underbrace{y + \frac{L}{2} \vartheta}_{\approx v_1} - d_1 \quad PES2 \cong \underbrace{y - \frac{L}{2} \vartheta}_{\approx v_2} - d_2 \quad (\text{F22})$$

图 8

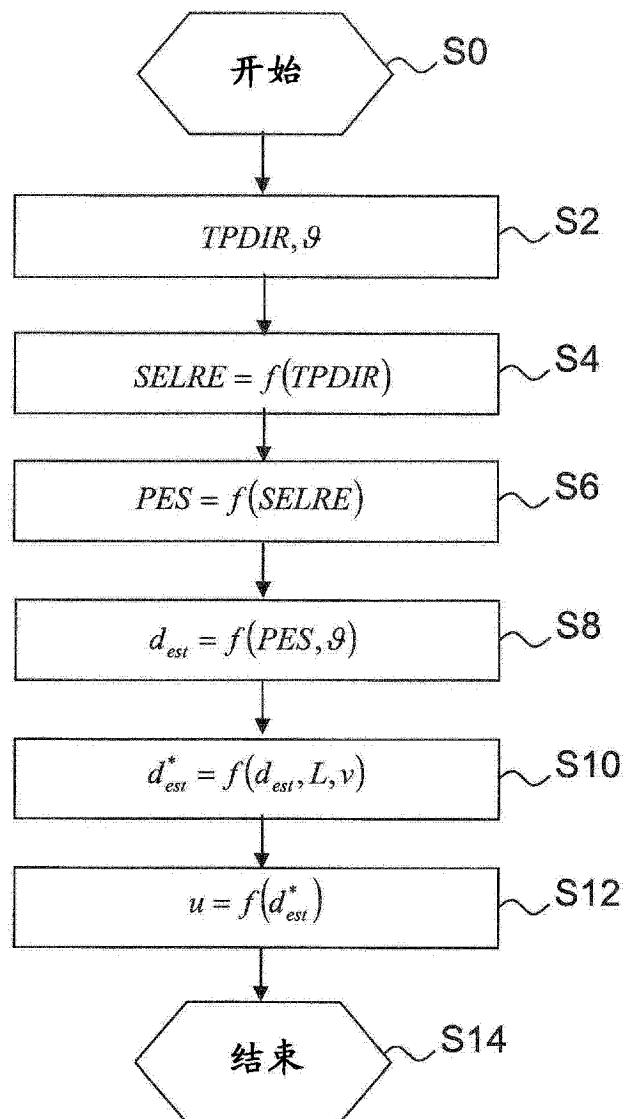


图 9