



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102576545 A

(43) 申请公布日 2012.07.11

(21) 申请号 201080048008.5

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010.09.13

G11B 5/584 (2006.01)

G11B 5/008 (2006.01)

(30) 优先权数据

12/613,409 2009.11.05 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012.04.24

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2010/063345 2010.09.13

(87) PCT申请的公布数据

W02011/054570 EN 2011.05.12

(71) 申请人 国际商业机器公司

地址 美国纽约阿芒克

(72) 发明人 A. 潘塔齐 E. 伊莱夫瑟里奥

J. 杰利托 N. X. 布伊

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 邸万奎

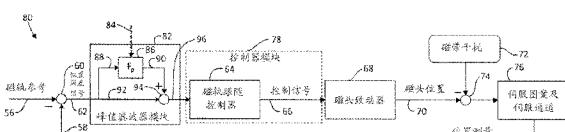
权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 9 页

(54) 发明名称

消除伺服控制系统中的时变周期干扰

(57) 摘要

提供了用于解决伺服控制系统中的时变周期干扰的各种实施例。基于对至少一个干扰频率的估计而更新多个系数中的每一个。将该多个经更新的系数提供至修改该伺服控制系统的输入信号的至少一个峰值滤波器。该峰值滤波器可依据该多个经更新的系数而操作以消除该些时变周期干扰中的至少一个。



1. 一种用于解决伺服控制系统中的时变周期干扰的方法,包含:
基于对干扰频率的至少一个估计来更新多个系数中的每一个;以及
将该多个经更新的系数提供至修改该伺服控制系统的输入信号的至少一个峰值滤波器,其中该峰值滤波器可依据该多个经更新的系数而操作,以消除所述时变周期干扰中的至少一个。
2. 根据权利要求 1 的方法,其进一步包括:初始化该多个系数中的每一个。
3. 根据权利要求 1 的方法,其中更新该多个系数中的每一个包括:获得对至少一个磁带卷盘半径的当前估计
4. 根据权利要求 3 的方法,其中获得对至少一个磁带卷盘半径的当前估计包括:获得对外侧磁带卷盘半径及内侧磁带卷盘半径中的至少一个的当前估计。
5. 根据权利要求 3 的方法,其中更新该多个系数中的每一个包括:依据估计的磁带速度以及对该至少一个磁带卷盘半径的当前估计来估计至少一个干扰频率。
6. 根据权利要求 5 的方法,其中更新该多个系数中的每一个包括:依据至少一个估计的干扰频率及一取样时间来计算该多个系数的每一个。
7. 根据权利要求 3 的方法,其中更新该多个系数中的每一个包括:使用查询表、基于对至少一个磁带卷盘半径的当前估计来估计该干扰频率,该查询表具有对应于该至少一个磁带卷盘半径的操作范围及磁带速度的操作范围中的每一个的干扰频率范围。
8. 一种用于解决计算环境的磁带机中的磁道跟随伺服控制系统中的时变周期干扰的方法,包含:
获得对至少一个磁带卷盘半径的当前估计;
基于对干扰频率的至少一个估计来更新多个系数中的每一个;以及
将该多个经更新的系数提供至修改该磁道跟随伺服控制系统的输入信号的至少一个峰值滤波器,其中该峰值滤波器可依据该多个经更新的系数而操作,以消除所述时变周期干扰中的至少一个。
9. 根据权利要求 8 的方法,进一步包括:初始化该多个系数中的每一个。
10. 根据权利要求 8 的方法,其中获得对该至少一个磁带卷盘半径的当前估计包括:获得对外侧磁带卷盘半径及内侧磁带卷盘半径中的至少一个的当前估计。
11. 根据权利要求 8 的方法,其中更新该多个系数中的每一个包括:依据估计的磁带速度、目标磁带速度及对该至少一个磁带卷盘半径的当前估计中的一个来估计该干扰频率。
12. 根据权利要求 11 的方法,其中更新该多个系数中的每一个包括:依据该至少一个估计的干扰频率及一取样时间来计算该多个系数中的每一个。
13. 根据权利要求 8 的方法,其中更新该多个系数中的每一个包括:使用查询表、基于对该至少一个磁带卷盘半径的当前估计来估计该干扰频率,该查询表具有对应于该至少一个磁带卷盘半径的操作范围及磁带速度的操作范围中的每一个的干扰频率范围。
14. 根据权利要求 8 的方法,进一步包括:将位置测量信号提供至参考信号以获得位置误差信号(PES),其中该 PES 被提供至该至少一个峰值滤波器以获得修改的 PES,该修改的 PES 被提供至该磁道跟随伺服控制系统。
15. 根据权利要求 14 的方法,进一步包括:将该位置测量信号提供至线性二次高斯(LQG)控制系统,其中该 LQG 控制系统被整合至该磁道跟随伺服控制系统中。

16. 一种用于解决计算环境的磁带机中的磁道跟随伺服控制系统中的时变周期干扰的系统，包含：

循轨控制器模块；以及

滤波器模块，其与该循轨控制器模块通信，其中该滤波器模块：

获得对至少一个磁带卷盘半径的当前估计，

基于对干扰频率的至少一个估计来更新多个系数中的每一个，以及

经由修改该磁道跟随伺服控制系统的输入信号的至少一个峰值滤波器处理该多个经更新的系数，其中该至少一个峰值滤波器可依据该多个经更新的系数而操作，以消除所述时变周期干扰中的至少一个。

17. 根据权利要求 16 的系统，其中该滤波器模块用于初始化该多个系数中的每一个。

18. 根据权利要求 16 的系统，其中该滤波器模块用于依照获得对该至少一个磁带卷盘半径的该当前估计，获得对外侧磁带卷盘半径及内侧磁带卷盘半径中的至少一个的当前估计。

19. 根据权利要求 16 的系统，其中该滤波器模块用于依照更新该多个系数中的每一个，而依据估计的磁带速度及目标磁带速度及对该至少一个磁带卷盘半径的当前估计中的一个，来获得对该干扰频率的该至少一个估计。

20. 根据权利要求 19 的系统，其中该滤波器模块用于依照更新该多个系数中的每一个，而依据对该干扰频率的该至少一个估计及一取样时间来计算该多个系数中的每一个。

21. 根据权利要求 16 的系统，其中该滤波器模块用于依照更新该多个系数中的每一个，而使用查询表、基于对该至少一个磁带卷盘半径的当前估计，来获得对该干扰频率的该至少一个估计，该查询表具有对应于该至少一个磁带卷盘半径的操作范围及磁带速度的操作范围中的每一个的干扰频率范围。

22. 根据权利要求 16 的系统，其中该滤波器模块包括用于接收位置误差信号 (PES) 的输入端及用于将修改的 PES 提供至该循轨控制器模块的输出端，其中该 PES 是通过该输入信号与位置测量信号之间的差值而获得的。

23. 根据权利要求 22 的系统，其进一步包括：线性二次高斯 (LQG) 控制系统，其具有加至该循轨控制器模块的输出的输出，其中该 LQG 控制系统用于修改该位置测量信号以减少该循轨控制器模块的该输出的噪声。

24. 一种用于使用处理器件解决计算环境的磁带机中的磁道跟随伺服控制系统中的时变周期干扰的计算机程序产品，该计算机程序产品包含存储有计算机可读程序代码部分的计算机可读存储介质，所述计算机可读程序代码部分包括：

第一可执行部分，用于获得对至少一个磁带卷盘半径的当前估计，

第二可执行部分，用于基于对干扰频率的至少一个估计来更新多个系数中的每一个，以及

第三可执行部分，用于将该多个经更新的系数提供至修改该磁道跟随伺服控制系统的输入信号的至少一个峰值滤波器，其中该至少一个峰值滤波器可依据该多个经更新的系数而操作，以消除所述时变周期干扰中的至少一个。

25. 根据权利要求 24 的计算机程序产品，还包括第四可执行部分，用于依照获得对该至少一个磁带卷盘半径的当前估计，获得对外侧磁带卷盘半径及内侧磁带卷盘半径中的至

少一个的当前估计。

26. 根据权利要求 25 的计算机程序产品,还包括第五可执行部分,用于依照更新该多个系数中的每一个,依据估计的磁带速度、目标磁带速度及对该至少一个磁带卷盘半径的当前估计中的一个来获得该至少一个干扰频率的估计。

27. 根据权利要求 24 的计算机程序产品,还包括第四可执行部分,用于依照更新该多个系数中的每一个,依据该干扰频率的估计及一取样时间来计算该多个系数中的每一个。

消除伺服控制系统中的时变周期干扰

技术领域

[0001] 本发明一般涉及计算机,且更具体地,涉及一种用于消除诸如计算环境中的磁带机(magnetic tape drive)系统中的伺服控制系统中的时变周期干扰的方法、系统及计算机程序产品。

背景技术

[0002] 磁带提供用于物理地存储数据的手段,该数据可封存或可存储于自动数据存储库的存储架中且在需要时进行存取。以此方式存储的数据具有永久性方面,其允许在知道复本存在于磁带上的情况下抹除存储于主机系统处的存储器或磁盘中的数据的复本。主机系统处的可用存储空间相对昂贵,且需要尽快释放存储空间。因此,通常经由中间分级缓冲器(诸如,硬盘)将数据传送至磁带机。

发明内容

[0003] 许多磁带机包括所谓的磁道跟随控制系统。磁道跟随控制系统起作用以移动磁头,使得该磁头在读取/写入操作期间尽可能准确地跟随数据磁道的中心线。在制造时,磁带以多个伺服条带被写入。这些伺服条带用以导出位置误差信号(PES),该位置误差信号接着用作反馈机制以准确地定位该磁头。该PES信号测量目标磁道位置与磁头位置在横向方向上的误差。该磁头应能够在存在主要由该磁带的横向磁带运动(LTM)产生的干扰的情况下跟随该些数据磁道。

[0004] 为了实现磁带机系统中的较高磁道密度,显著地减少LTM或LTM运作以使得该磁道跟随系统可以对其进行跟随是有益的。在当前磁带机中,带凸缘滚轮通常在卷盘之间输送该磁带。该些凸缘限制该磁带的运动,但引入了该些凸缘上的碎片积聚,该碎片积聚影响该磁带的寿命且产生不期望的动态效应。此问题的一种解决方案是移除该些凸缘。通过移除该些凸缘,对该磁带的运动便不存在约束,且机器和/或档案卷盘的偏心效应变得更是显著(pronounce)。这些效应促进产生该PES信号且由此促进产生对磁道密度的限制因子的量。由该些卷盘产生的该LTM作为周期干扰出现于该PES信号上,该些周期干扰具有取决于该些卷盘的半径而变化的频率。这些周期干扰将贯穿下文进一步加以解释。

[0005] 一种有效的磁道跟随控制系统应能够跟随由该些卷盘产生的这些干扰效应。然而,当前使用的反馈控制技术基于PID、超前滞后或估计器/控制器设计,在该些设计中,干扰动态不包括于设计阶段中。即使使用如内部模型原理(IMC)的结构,该些干扰的该些频率正改变的事实也需要在线识别,此情形使得难以实施此系统。

[0006] 鉴于前述内容,需要一种有效率的且有效的机制,用于解决上文所描述的这些周期干扰效应从而提供对当前技术的改进。因此,提供用于使用处理器器件解决伺服控制系统中的时变周期干扰的各种实施例。在一个实施例中,仅举例而言,基于对至少一个干扰频率的估计而更新多个系数中的每一个。将该多个经更新的系数提供至修改该伺服控制系统的输入信号的至少一个峰值滤波器。该至少一个峰值滤波器可依据该多个经更新的系数而

操作,以消除这些时变周期干扰中的至少一个。

[0007] 提供了相关方法、系统及计算机程序产品实施例且提供另外优点。

附图说明

[0008] 图 1 是能够实施本发明的各方面的具有磁带卡匣的示例性磁带机的方块图；

[0009] 图 2 描绘示出 LTO-4 格式化磁带性能中的示例性周期干扰的曲线图及表；

[0010] 图 3A 和图 3B 描绘 LTO-4 格式化磁带的曲线图,其说明在正转及反转方向上的 LTM 效应；

[0011] 图 4 是示例性磁道跟随控制系统的方块图；

[0012] 图 5 是包括用于解决周期干扰的峰值滤波器模块的示例性磁道跟随控制系统的方块图；

[0013] 图 6 是用于计算提供至磁道跟随控制系统的峰值滤波器系数的示例性方法的流程图；

[0014] 图 7 是合并有线性二次高斯 (LQG) 最佳控制的另外示例性磁道跟随控制系统的方块图；及

[0015] 图 8A 和图 8B 描绘使用标准磁道跟随控制器及合并有本发明的方面的另外磁道跟随控制器的示例性实验结果的曲线图。

具体实施方式

[0016] 所说明的实施例及所主张的主题提供用于磁道跟随控制的机制,其合并有用于消除可由磁带卷盘或另外源引起的时变周期分量的峰值滤波器模块。除使用峰值滤波功能(接下来将进一步详细描述)之外,所说明的实施例及所主张的主题提供适应性方法,该些方法可用以适当地修改提供至该峰值滤波器模块的系数以便考虑干扰频率的变化。

[0017] 在一个实施例中,本发明的机制源自特定周期干扰的频率基于磁带卷盘的半径的想法。在一个实例中,在磁带机正使用 LPOS 位置(磁带上的在纵向方向上的位置)操作时,可在特定时间点获得对卷盘的半径的估计。可使用此半径估计来估计时变干扰的频率。接着,使用所估计的频率来调整滤波器的系数。下文进一步描述基于期望峰值频率而计算滤波器的系数的实例方法。

[0018] 示例性磁道跟随控制架构的所说明实施例提供在消除周期干扰效应方面的显著改进。此外,不存在对干扰进行在线识别的要求。使用固定峰值滤波器可使一些频率区域中的干扰效应衰减。然而,当时变周期干扰远离该区域时,可出现不期望的效应。以下适应性方法用以考虑这些不期望的效应的可能性,如将进一步描述的。

[0019] 以下提供对本发明的所说明实施例的描述及初始实验结果。具体地,磁道跟随系统中的干扰的特性示出时变周期干扰消除的重要性。实验结果验证:半径估计提供对在 PES 信号中所观测到的峰值频率(在磁带运动的正转方向与反转方向两者上)的良好估计。所说明的实施例及随附实验结果证明:与传统实施相比,使用根据本发明的实施例实现对 PES 标准差的改进。也描述另外实施例,其中本发明的各方面应用于使用状态空间技术设计的磁道跟随补偿器的实施中。

[0020] 参看图 1,说明可实施本发明的各方面的磁带机 10。该磁带机提供用于读取及

写入关于磁带卡匣 11 的信息的手段。说明卡匣及相关联的磁带机,诸如遵从开放式线性磁带 (LTO) 格式的那些卡匣及磁带机。单一卷盘磁带机的实例是基于 LTO 技术的 IBM® 3580Ultrium® 磁带机。单一卷盘磁带机的另一个实例是 IBM® 3590Magstar® 磁带机及相关联的磁带卡匣。双卷盘卡匣的实例是 IBM® 3570 磁带卡匣及相关联的磁带机。

[0021] 如本领域技术人员将理解,磁带卡匣 11 包含卷绕在一个或两个卷盘 15、16 上的一定长度的磁带 14。也如本领域技术人员将理解,磁带机 10 包含记录系统的一个或多个控制器 18,用于根据在接口 21 处接收的自主机系统 20 所接收的命令来操作该磁带机。该磁带机可包含独立单元或包含磁带库或其它子系统的一部分。磁带机 10 可直接、经由链接库或经由网络连接至主机系统 20,且使用小型计算机系统接口 (SCSI)、光纤信道接口等。

[0022] 磁带卡匣 11 可插入于磁带机 10 中,且由磁带机加载以使得该记录系统的一个或多个读取和 / 或写入头 23 在通过一个或多个马达 25 而使磁带 14 在纵向上移动时读取和 / 或写入关于该磁带 14 的信息。磁带包含多个平行数据磁道或多个数据磁道群组。在上文所论述的一些格式 (诸如, LTO 格式) 中,数据磁道以单独线带 (wrap) 的来回蜿蜒形状图案来配置,如本领域技术人员所已知。也如本领域技术人员所已知,记录系统包含线带控制系统 27,用以电切换至另一组读取和 / 或写入头,和 / 或搜寻读取和 / 或写入头 23 并相对于磁带在横向上移动读取和 / 或写入头 23,将该些读取和 / 或写入头定位于一个或多个期望线带处,且在一些实施例中磁道跟随该一个或多个期望线带。该线带控制系统也可经由马达驱动器 28 控制马达 25 的操作,马达驱动器 28 与马达 25 两者响应于由控制器 18 发出的指令。控制器 18 也使用缓冲器 30 及记录信道 32 提供数据流以及对待自磁带读取及待写入至磁带的数据的格式化,如本领域技术人员所已知。

[0023] 如上文所论述,磁带提供用于物理地存储数据的手段,该数据可封存或可存储于自动数据存储库的存储架中且在需要时进行存取。磁带机常常使用「写后读出」处理程序,以确保数据被正确地写入从而提供永久性方面。此永久性允许在知道磁带上存在正确复本的情况下抹除存储于主机系统 20 处的存储器或磁盘中的数据的复本。

[0024] 所说明的实施例考虑以下观念:LTM 的至少一部分是由周期分量造成的。磁带机系统通常以多个磁带速度操作。举例而言,在一些系统中,对于 LTO-4 格式化器件而言,这些速度的范围是自 1.64m/s (表示为 s1) 至 6.29m/s (表示为 s6)。在带凸缘磁带机系统中,可观测到固定周期干扰遵循滚轮频率。在无凸缘磁带机系统中,也可观测到来自机械分量和 / 或档案卷盘的偏心效应本质上是周期性的,且可取决于卷盘的半径而变化。

[0025] 接下来的图 2 描绘说明 LTO-4 格式化磁带机中的磁道跟随封闭回路性能的示例性曲线图及表。举例而言,曲线图 34 描绘所测量的功率谱密度 (PSD) (以 $\mu\text{m}^2/\text{Hz}$ 为单位) 相对频率 (以 Hz 为单位) 的曲线图。具有卷盘凸缘的示例性 LTO-4 磁带系统的 PSD 特性相对于示例性无凸缘 LTO-4 系统的 PSD 特性而并列示出 (如所示出),其中针对 5.36m/s 的 142.2Hz 的示例性滚轮频率取样。用圆圈圈出的区域 36 加亮显示可见周期干扰的示例性区域,该周期干扰更具体地说明于曲线图 36 中,其中通过频率对时间的关系曲线可见位置误差信号 (PES) 的光谱图,如本领域技术人员将了解。

[0026] 返回曲线图 34,在 1 倍或 2 倍的取样滚轮频率处可见带凸缘系统的另外干扰峰值。表 38 及表 40 描绘 LTO-4 带凸缘系统与无凸缘系统两者的开放及闭合回路 PES 的标准差,其说明带凸缘系统与无凸缘系统两者在正转及反转方向上的比较。如可见,无凸缘系统 (例

如) 展现另外开放回路 LTM 效应。

[0027] 接下来的图 3 描绘说明具有无凸缘滚轮的 LT0-4 格式化磁带机在正转与反转方向两者上的 LTM 效应的另外示例性曲线图。曲线图 42、44 及 46 说明在正转方向上的这些效应,且曲线图 48、50 及 52 说明在反转方向上的这些效应。在曲线图 42 及 48 中,再次可见磁带机的 PSD 比对频率,其中在区域 44 及 50 中加亮显示周期干扰效应。接着导出曲线图 42 及 48 中可见的每一 PES 的光谱图,并将其示出于曲线图 44 及 50 中。

[0028] 在正转方向上(再次如曲线图 42、44 及 46 中所说明),外侧卷盘半径减小,且由此卷盘频率增加。在反转方向上(再次如曲线图 48、50 及 52 中所说明),内侧卷盘半径减小,且由此卷盘频率增加。

[0029] 如分别示出于曲线图 46 及 52 中的半径估计可用以计算在 PES 信号中所观测到的峰值卷盘频率的估计,其中在曲线图 46 中,以线 47 示出供应卷盘频率,并以线 49 示出收纳(take-up) 卷盘频率,且在曲线图 52 中,以线 51 示出供应卷盘频率,并以线 53 示出收纳卷盘频率。在一个实施例中,以下等式可用以计算这些估计:

$$[0030] F_{sr} = \frac{v_{tape}}{2\pi R_{sr}} \quad (1), \text{ 及}$$

$$[0031] F_{tur} = \frac{v_{tape}}{2\pi R_{tur}} \quad (2);$$

[0032] 其中 F_{sr} 及 F_{tur} 分别是供应卷盘及收纳卷盘的频率,

[0033] R_{sr} 及 R_{tur} 分别是供应卷盘及收纳卷盘的半径,且

[0034] v_{tape} 是磁带的取样速度。

[0035] 现在转向图 4,描绘示例性磁道跟随控制系统 54 的方块图。系统 54 输入磁道参考信号 56。磁道参考信号 56 对应于磁带上的期望磁道位置。在节点 60 中从位置测量信号 58 减去磁道参考信号 56 以产生 PES 62。PES 62 测量磁带上的目标磁道位置与磁头的位置之间的误差。接着将 PES 62 提供至磁道跟随控制器 64。

[0036] 控制器 64 接着将控制信号 66 提供至负责定位磁头的磁头致动器 68。磁头致动器 68 用以将伺服读取器定位于伺服图案的期望横向位置处,以便将读取 / 写入头组件定位于待读取 / 写入的目标磁道的中心。在节点 74 中,从磁头位置信号 70 减去磁带干扰(LTM) 72,并将结果提供至伺服图案及伺服信道 76。磁带伺服图案及伺服信道实施 76 用以提供磁头相对于伺服图案的位置测量 58,接着将位置测量 58 提供回至节点 60(如所示出)作为反馈机制。

[0037] 图 5 描绘所提议的示例性磁道跟随控制系统 80,其合并有峰值滤波器模块 82,以提供根据本发明的对整个磁带机系统中可见的周期 LTM 效应的消除功能。此处,如图 4 中,将磁道参考信号 56 提供至节点 60,从位置测量信号 58 减去磁道参考信号 56 以获得 PES 62。接着将 PES 62 提供至峰值滤波器模块 82。PES 信号 62 通过峰值滤波器模块 82 而输入,且通过信号 88 而提供至峰值滤波器 86。计算若干峰值滤波器系数 84,并将其提供至峰值滤波器 86,且可对信号 88 操作。接着将峰值滤波器 86 的输出信号 90 提供至节点 94,在节点 94 中,将 PES 与输出信号 90 相加。接着将所得峰值滤波器模块输出信号 96 提供至包括磁道跟随控制器 64 的控制器模块 78。控制器 64 使用结果 96 产生控制信号 66,接着将控制信号 66 提供至磁头致动器 68。以类似于图 4 中所描述的方式,自 LTM 信息减去磁头位

置并将结果提供至伺服图案及控制信道 76，伺服图案及控制信道 76 接着将位置测量 58 提供回至节点 60 作为反馈机制。

[0038] 峰值滤波器模块 82 使用峰值滤波器 86 来消除磁带机系统的周期分量。在一个实施例中，此消除包括消除与卷盘运动有关的周期分量。另外，根据特定实施且如本领域技术人员将了解，可将其它窄频带干扰作为目标并相应地对其进行滤波。可使用在特定时间估计的半径来更新滤波器系数 84，以考虑卷盘的时变频率效应及其它系统分量。此适应性方法起作用以适当地修改峰值滤波器 86 的系数，以便考虑特定干扰频率的变化。在一个实施例中，电流补偿器可用作磁道跟随控制器 64。为了使本发明的机制适当地起作用，可能需要减小磁道跟随控制器增益以考虑由于添加的电子组件而产生的 DC(直流) 增益的增加。此外，可根据本领域技术人员偏好的方式来实施此减小。在一个实施例中，电流补偿器可改为用状态空间设计来替代，下文将进一步描述状态空间设计的示例性设计。

[0039] 现转向图 6，描绘用于计算峰值滤波器系数的示例性方法 100 的流程图。如本领域技术人员将了解，可以不同方式来实施方法 100 中的各种步骤以适应特定应用。另外，所描述的方法可通过各种构件来实施，诸如硬件、软件、固件或于磁带机上操作或以其它方式与磁带机相关联的组合。举例而言，可将方法 100 部分地或全部地实施为包括计算机可读存储介质的计算机程序产品，该计算机可读存储介质存储有计算机可读程序代码部分。计算机可读存储介质可包括磁盘驱动器、闪存、数字激光视盘 (DVD)、光盘 (CD) 及其它类型的存储介质。

[0040] 方法 100 以初始化峰值滤波器系数 (步骤 104) 开始 (步骤 102)。作为后续步骤，方法 100 等待用以辅助计算的新的卷盘半径估计 (在特定时间点获得) (步骤 106)。可 (例如) 取决于磁带机在正转方向上抑或反转方向上操作而获得针对供应卷盘或针对收纳卷盘的半径估计。在图 6 中所示出的当前方法 100 的实例中，获得针对供应卷盘的半径估计 R_{sr} (108)。

[0041] 结合磁带的速度 V_{tape} (112) 使用供应卷盘半径估计，以估计在取样时间的可适用的干扰频率 (步骤 110)。此处再次，可利用上文所提供的等式 (1) 或 (2) 导出所讨论的干扰频率 F_{sr} (114)。目标速度可用作 V_{tape} 。另外 (且在一些实施例中，可能是较佳的)，可使用来自卷盘驱动式 (reel-to-reel) 系统的估计的速度。此可在磁带加速和 / 或减速期间提供较佳估计。

[0042] 作为下一步骤，结合取样时间 T_s (116) 使用干扰频率 114，以计算 (或取决于可能的状况而重新计算) 峰值滤波器系数 (步骤 118)。在一个实施例中，基于期望峰值频率而计算系数由 A. Mamun 等人描述于 Control Engineering Series 出版的「Hard Disk Drive : Mechatronics and Control」中，该文献的相关部分以引用的方式并入本文中。在另外实施例中，另外方法可涉及使用可能的频率及对应系数的查询表。在此状况下，通过查询表寻址的频率范围对应于可适用的卷盘半径 (供应卷盘或收纳卷盘) 及可能的磁带速度的操作范围是有益的。作为方法 100 中的最终步骤，接着将峰值滤波器系数 120 提供至磁道跟随控制系统，且方法 100 结束 (步骤 122)。

[0043] 在另一个实施例中，前述机制可在使用高级状态空间技术设计的磁道跟随控制系统的状况下应用。一种此技术是线性二次高斯 (LQG) 最佳控制。此技术允许考虑致动器动态以及位置测量噪声及延迟。此磁道跟随控制系统提供 2 个自由度，这是因为 PES 与位置

测量两者都作为输入而键入至系统。

[0044] 现转向接下来的图 7,此 LQG 增强示出为并入于高级磁道跟随控制系统 124 中。此处如前所述,系统 124 包括诸如峰值滤波器的组件,其中将节点 94 的结果 96 提供至高级控制器模块 126。控制器模块 126 将节点 94 的结果 96 输入至循轨 (tracking) 控制器 64,且在节点 140 中将控制器 64 的输出 (示出为信号 66) 与 LQG 控制模块 130 的输出相加。

[0045] LQG 控制模块 130 的输入是位置测量信号 128 连同作为信号 132 反馈至 Kalman (卡门) 滤波器 134 的控制信号 142,其中将 Kalman 滤波器 134 的输出提供至电流补偿器模块 136。接着将补偿器模块 136 的输出 138 提供至节点 140,如图所示。

[0046] 图 8 包括说明在不同 LPOS 位置处在正转与反转方向两者上获得的各种实验结果的曲线图 150、152 及 154。所描绘的结果是针对实验而获得,该实验针对各种控制器系统 (包括磁道跟随控制器、具有峰值滤波功能的磁道跟随控制器、及并有 LQG 最佳控制功能的高级磁道跟随控制器,如图所示) 利用具有速度 s_2 的两个不同卡匣。在所描绘的实施例中,大约每 800 微秒更新一次各种峰值滤波器系数。如本领域技术人员将了解,示出在卷盘频率下的改进的干扰拒绝 (如曲线图 154 中所示出),且示出在所有状况下的改进的 PES 标准差 (在曲线图 150 及 152 中)。在所描绘的结果中,相对于正转方向而言,在反转方向上可见更多改进,但此情形可取决于系统的实施及类型而变化。

[0047] 如本领域技术人员将了解,本发明的各方面可体现为系统、方法或计算机程序产品。因此,本发明的各方面可采用完全硬件实施例、完全软件实施例 (包括固件、常驻软件、微码等) 或组合软件与硬体方面的实施例的形式,这些实施例在本文中都可大体上称作「电路」、「模块」或「系统」。此外,本发明的各方面可采用体现于一个或多个计算机可读介质中的计算机程序产品的形式,该一个或多个计算机可读介质上体现有计算机可读程序代码。

[0048] 可利用一个或多个计算机可读介质的任何组合。该计算机可读介质可以是计算机可读信号介质或计算机可读存储介质。计算机可读存储介质可为 (例如,但不限于) 电子、磁性、光学、电磁、红外线或半导体系统、装置或器件,或前述各者的任何合适组合。计算机可读存储介质的更特定实例 (非详尽清单) 将包括以下各者:具有一个或多个导线的电连接件、便携型计算机磁盘、硬盘、随机存取存储器 (RAM)、只读存储器 (ROM)、可抹除可程序化只读存储器 (EPROM 或闪存)、光纤、便携型光盘只读存储器 (CD-ROM)、光学存储器件、磁性存储器件或前述各者的任何合适组合。在此文献的情形下,计算机可读存储介质可为可含有或存储供指令执行系统、装置或器件使用或结合指令执行系统、装置或器件而使用的程序的任何有形介质。

[0049] 体现于计算机可读介质上的程序代码可使用任何适当介质来传输,该介质包括但不限于无线、有线、光纤缆线、RF 等,或前述各者的任何合适组合。可以一种或多种程序设计语言的任何组合撰写用于执行本发明的各方面的操作的计算机程序码,该一种或多种程序设计语言包括诸如 Java、Smalltalk、C++ 或与其类似的面向对象的程序设计语言及诸如「C」程序设计语言或类似程序设计语言的已知程序性程序设计语言。程序代码可以完全在使用者的计算机上执行,部分地在使用者的计算机上执行,作为独立软件包执行,部分地在使用者的计算机上执行且部分地在远程计算机上执行,或完全在远程计算机或服务器上执行。在后一种情形下,远程计算机可经由任何类型的网络 (包括局域网络 (LAN) 或广域网

络(WAN))而连接至使用者的计算机,或可(例如,使用因特网服务提供者,经由因特网)连接至外部计算机。

[0050] 下文参考根据本发明的实施例的方法、装置(系统)及计算机程序产品的流程图说明和/或方块图来描述本发明的各方面。将理解,可由计算机程序指令来实施流程图说明和/或方块图的每一区块以及这些流程图说明和/或方块图中的区块的组合。可将这些计算机程序指令提供至通用计算机、专用计算机或其它可程序化数据处理装置的处理器以产生一机器,使得经由该计算机或其它可程序化数据处理装置的处理器执行的指令建立用于实施该或该些流程图和/或方块图区块中所指定的功能/动作的构件。

[0051] 这些计算机程序指令也可存储于计算机可读介质中,其可指导计算机、其它可程序化数据处理装置或其它器件以特定方式起作用,使得存储于该计算机可读介质中的指令产生产品,其包括实施该或该些流程图和/或方块图区块中所指定的功能/动作的指令。该些计算机程序指令也可加载至计算机、其它可程序化数据处理装置或其它器件上以使一系列操作步骤在该计算机、其它可程序化装置或其它器件上执行,以产生计算机实施处理程序,使得在该计算机或其它可程序化装置上执行的指令提供用于实施该或该些流程图和/或方块图区块中所指定的功能/动作的处理程序。

[0052] 上文各图中的流程图及方块图说明根据本发明的各种实施例的系统、方法及计算机程序产品的可能实施的架构、功能性及操作。就此而言,流程图或方块图中的每一区块可表示程序代码的模块、区段或部分,其包含用于实施指定的逻辑功能的一个或多个可执行指令。也应注意,在一些替代实施中,区块中所提及的功能可不以各图中所提及的次序发生。举例而言,取决于所涉及的功能性,连续示出的两个区块事实上可实质上同时执行,或该些区块有时可以相反次序执行。也应注意,方块图和/或流程图说明的每一区块及方块图和/或流程图说明中的区块的组合可通过执行指定功能或动作的基于专用硬件的系统来实施,或通过专用硬件与计算机指令的组合来实施。

[0053] 尽管已详细说明本发明的一个或多个实施例,但本领域技术人员将了解,可在不偏离如本申请的权利要求书中所阐述的本发明的范畴的情况下对那些实施例做出修改及变形。

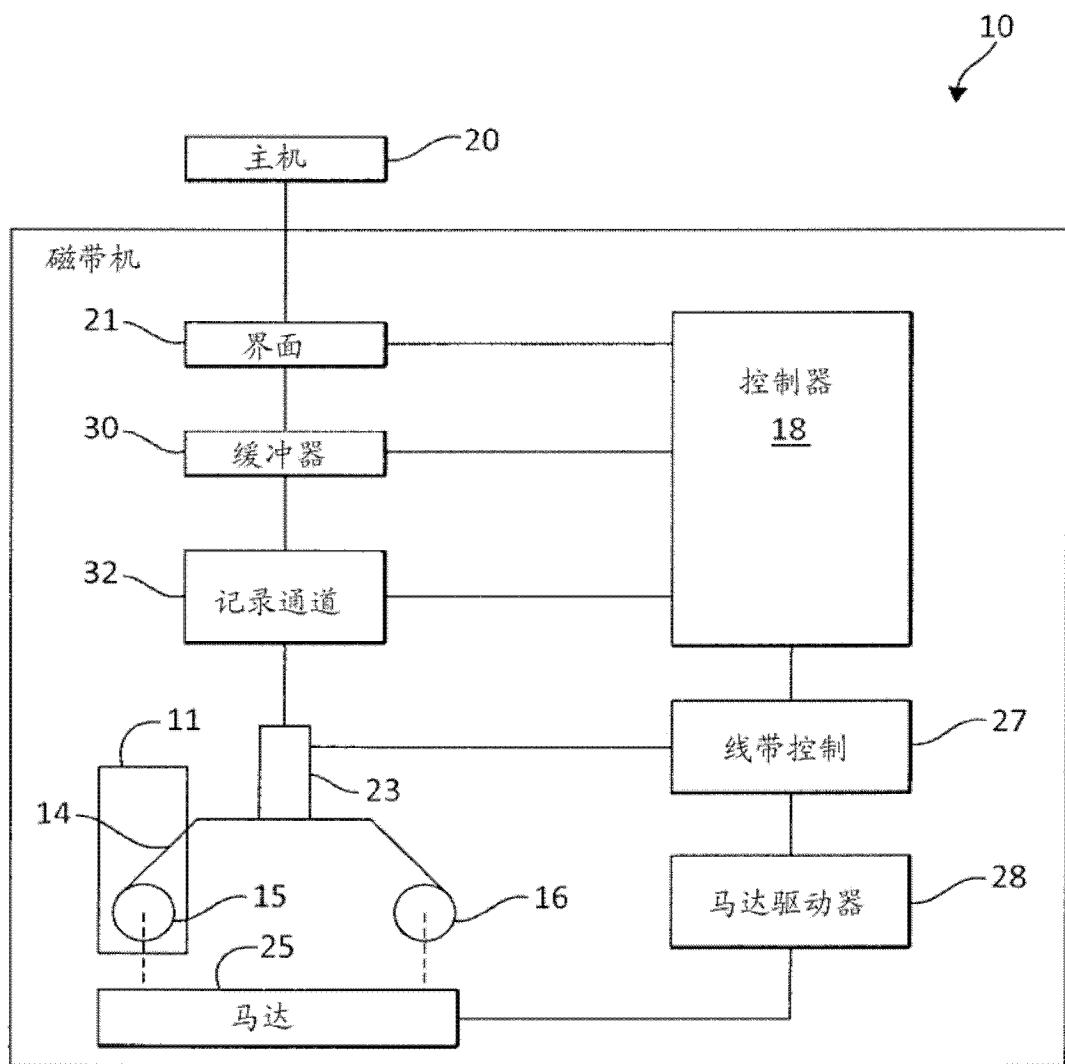


图 1

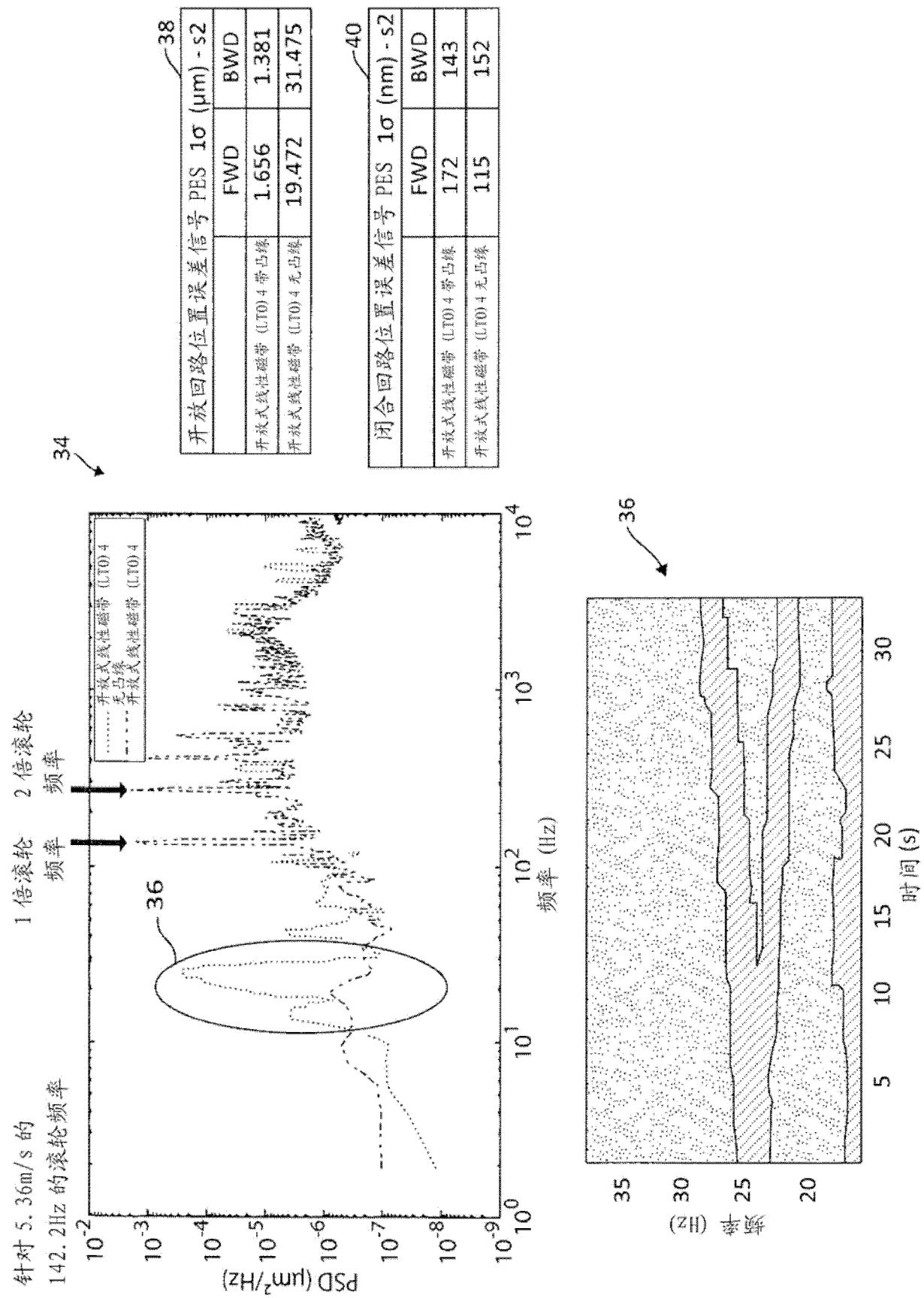


图 2

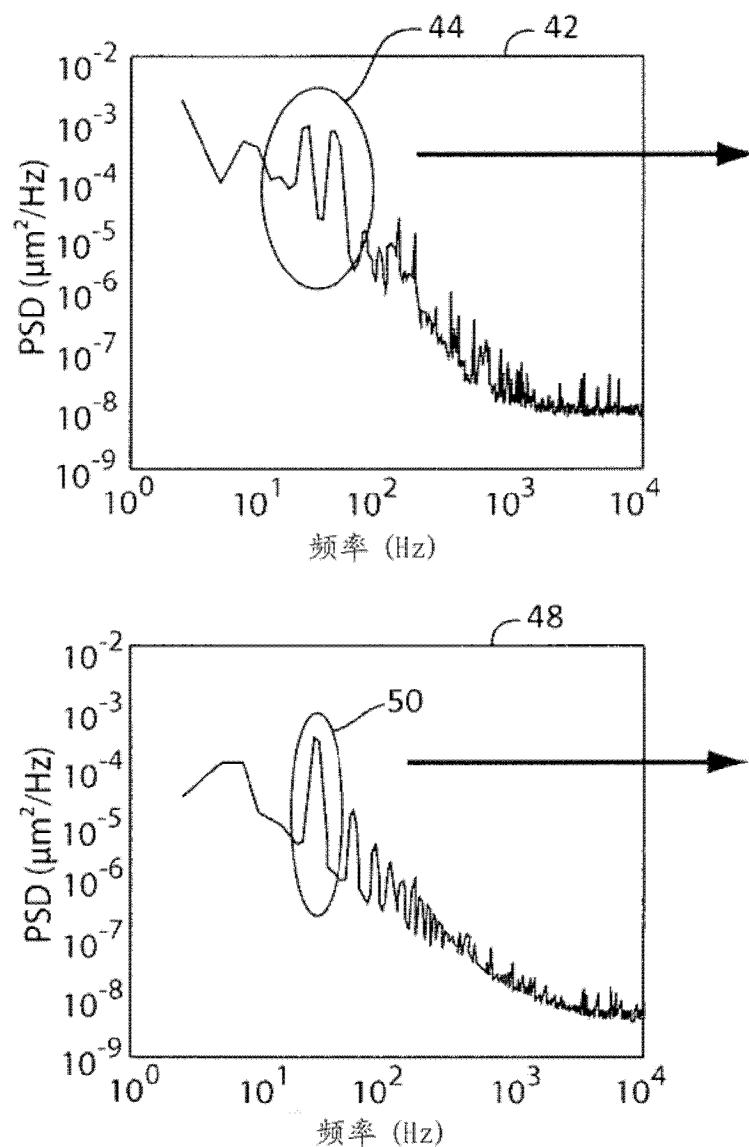


图 3A

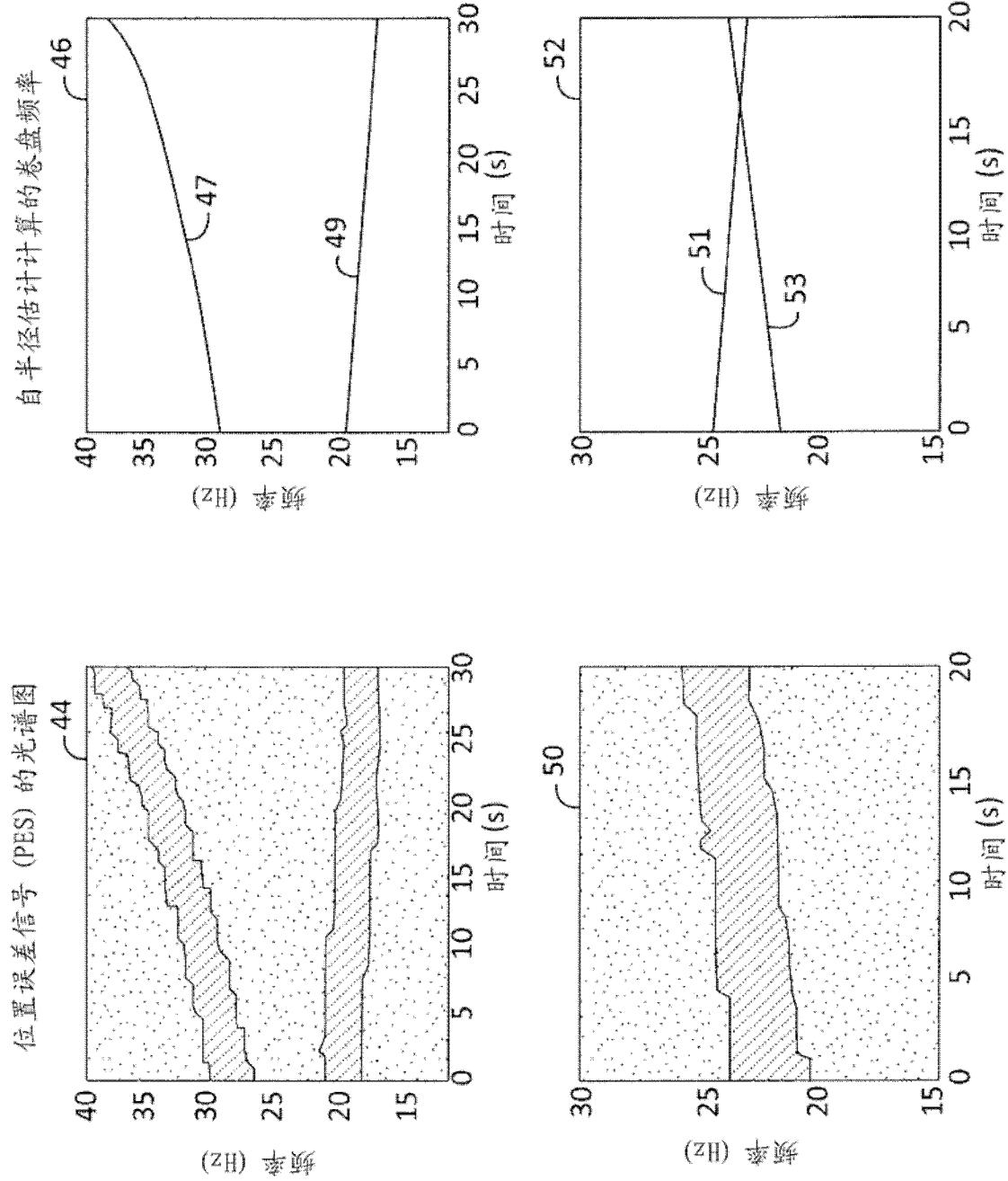
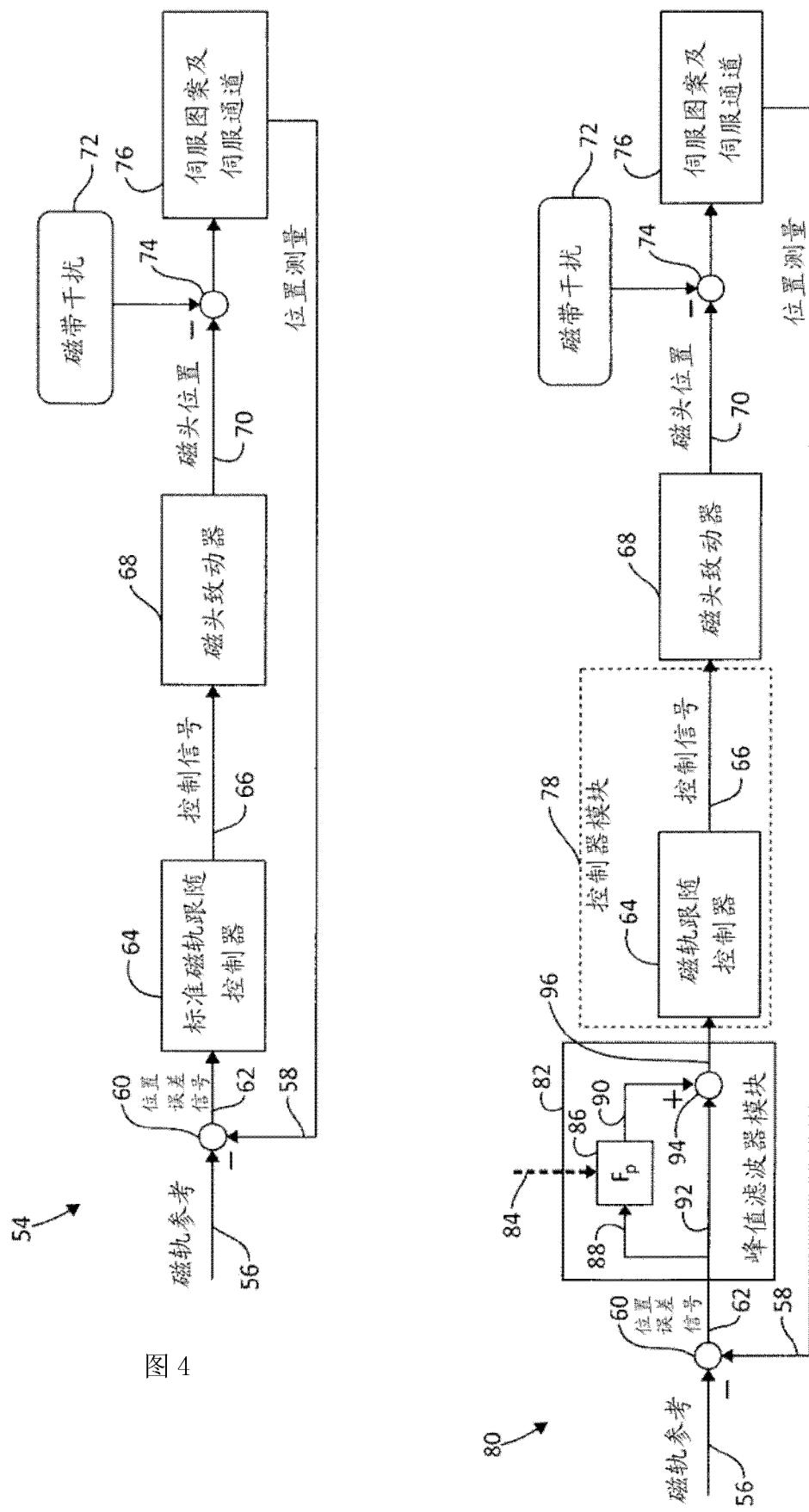


图 3B



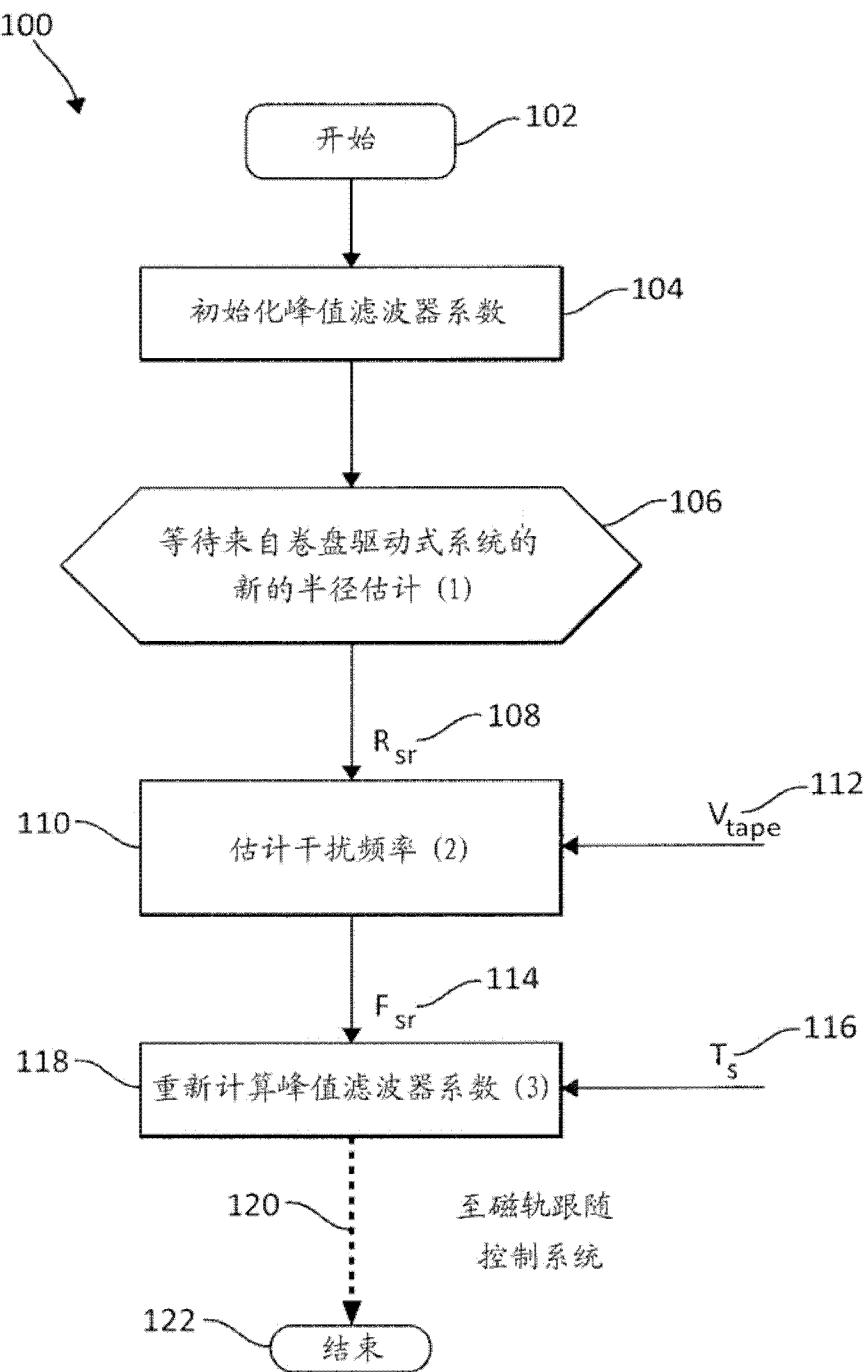


图 6

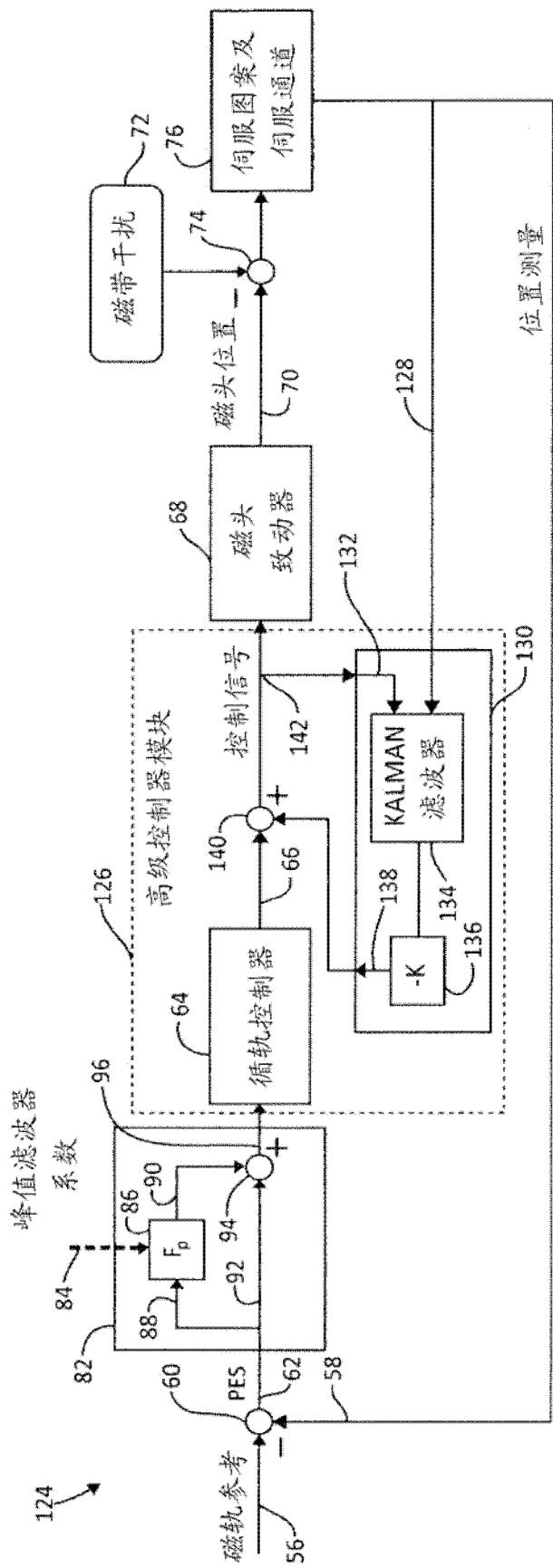


图 7

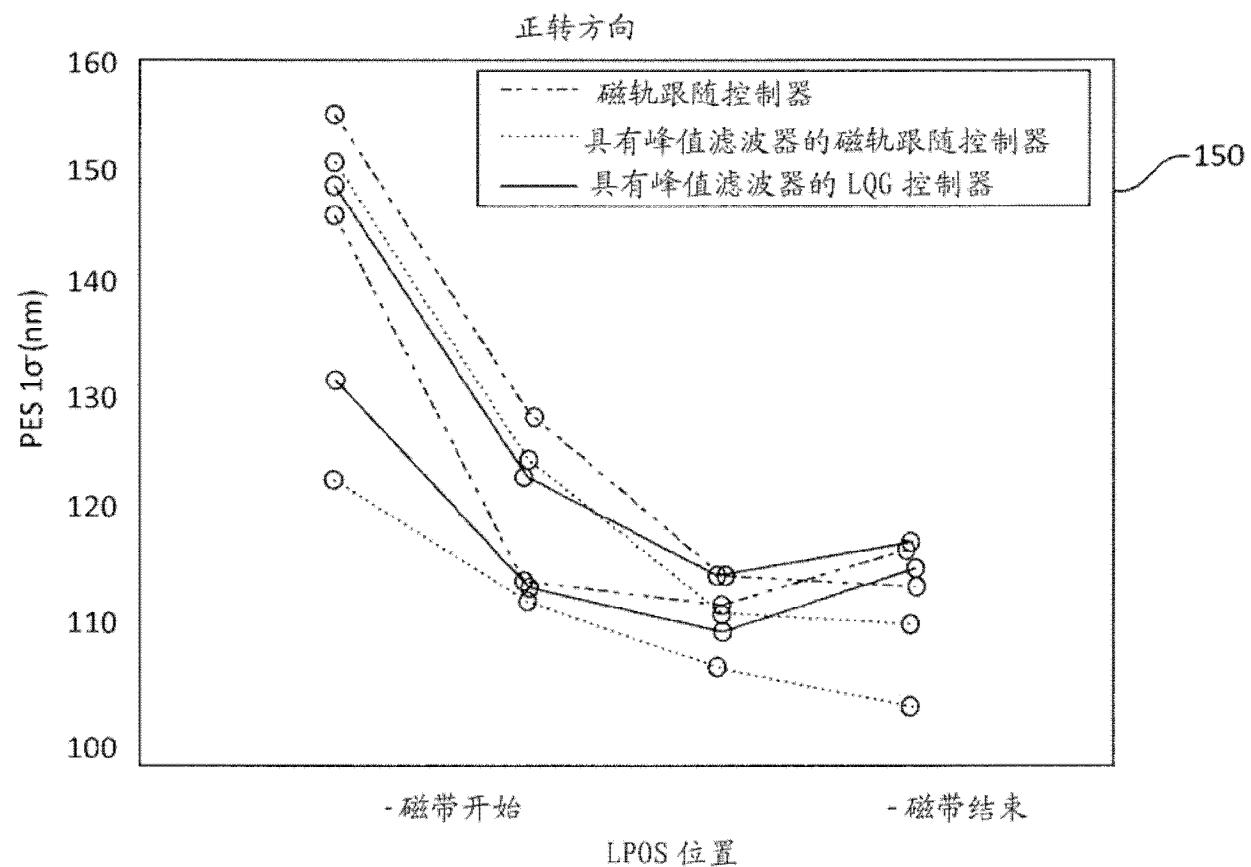


图 8A

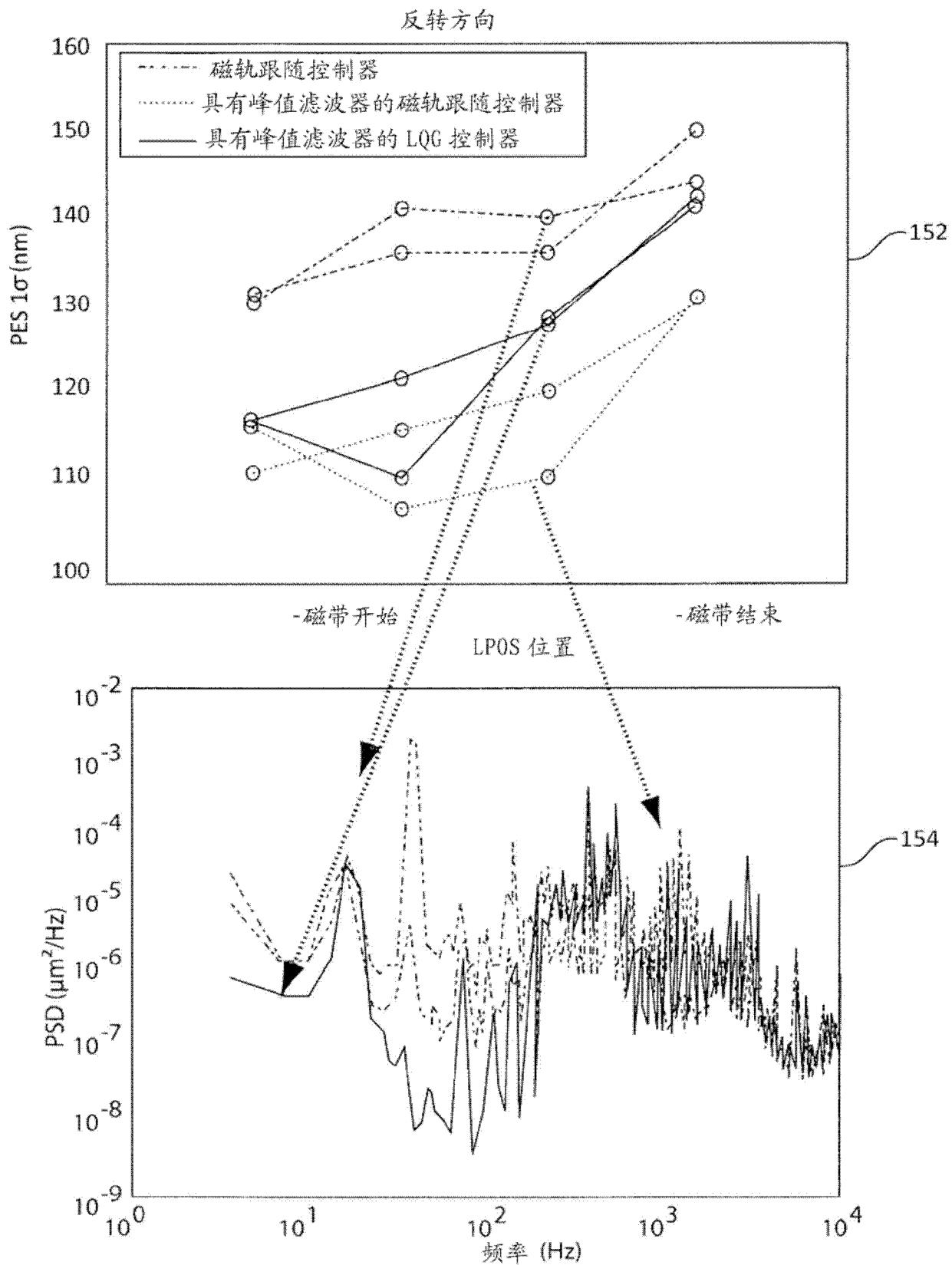


图 8B