

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
G11B 5/55 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810091592.7

[43] 公开日 2008年11月19日

[11] 公开号 CN 101308665A

[22] 申请日 2008.4.21

[21] 申请号 200810091592.7

[30] 优先权

[32] 2007.5.18 [33] JP [31] 2007-132834

[71] 申请人 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 内田博 池户学

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任  
任公司

代理人 李涛 钟强

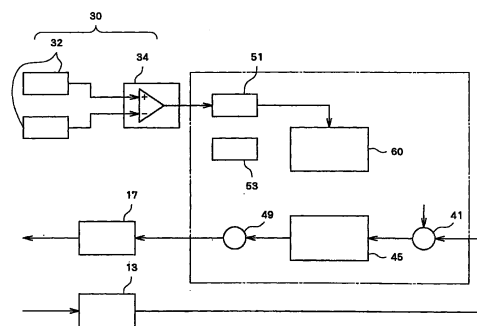
权利要求书 3 页 说明书 19 页 附图 10 页

## [54] 发明名称

磁盘驱动器以及控制方法

## [57] 摘要

提供了一种磁盘驱动器，其中能够适当地抑制来自旋转振动检测器的输出信号中包含的干扰分量，而与该分量的频率无关，并且还提供了控制该驱动器的方法。在根据本发明的控制方法中，针对具有用于检测驱动器外壳的旋转振动的旋转振动检测器 30 的磁盘驱动器 1，主控电路 10 执行：磁头移动步骤，驱动音圈马达以在磁盘上移动磁头；频率估算步骤，在移动磁头之后估算在来自旋转振动检测器 30 的输出信号中包含的每个干扰分量的频率；以及抑制器设置步骤，根据所述估算的频率来设置用于抑制干扰分量的陷波滤波器。



1. 一种控制磁盘驱动器的方法，其特征在于：

针对具有下述部件的磁盘驱动器，其中该磁盘驱动器具有：

磁盘，

磁头，

支撑机构，用于将所述磁头支撑在所述磁盘上，并可以绕着固定在该磁盘外部的旋转轴旋转，

磁头致动器，用于以可旋转的方式驱动所述支撑机构以沿着所述磁盘的大致径向移动所述磁头，以及

旋转振动检测器，用于检测围绕所述旋转轴的、驱动器外壳的旋转振动，

其中来自所述旋转振动检测器的输出信号被用于控制所述磁头制动器；

该方法包括

磁头移动步骤，驱动所述磁头致动器以在所述磁盘上移动所述磁头，

频率估算步骤，在移动所述磁头之后估算在来自所述旋转振动检测器的输出信号中包含的每个干扰分量的频率，以及

抑制器设置步骤，基于所述估算的频率来设置用于所述抑制干扰分量的干扰抑制器。

2. 根据权利要求 1 的控制磁盘驱动器的方法，其特征在于：

所述干扰抑制器由数字滤波器构成，以及

所述抑制器设置步骤包括：根据所述估算的频率来设置所述数字滤波器的转移函数中包含的参数。

3. 根据权利要求 2 的控制磁盘驱动器的方法，其特征在于：

对于每个频率确定所述参数，以使得所述数字滤波器抑制包括所述相关频率的预定频带内的信号分量。

4. 根据权利要求 1 的控制磁盘驱动器的方法，其特征在于：  
所述频率估算步骤包括  
在如下两种模式中进行变换，  
一种模式为：估算值接近于在来自所述旋转振动检测器的输出信号中包含的干扰分量中的相对较大的干扰分量的频率，以及  
另一种模式为：使得该估算值与该相关的较大干扰分量的频率匹配。

5. 根据权利要求 1 的控制磁盘驱动器的方法，其特征在于：  
重复所述磁头移动步骤，直到在所述频率估算步骤中估算出所述干扰分量的频率。

6. 根据权利要求 1 的控制磁盘驱动器的方法，其特征在于：  
当来自旋转振动检测器的所述输出信号包含多个频率各不相同的干扰分量时，

针对来自所述旋转振动检测器的所述输出信号，执行所述磁头移动步骤、所述频率估算步骤以及所述抑制器设置步骤，使得设置第一干扰抑制器以抑制第一干扰分量，以及然后

针对来自所述第一干扰抑制器的输出信号，执行所述磁头移动步骤、所述频率估算步骤以及所述抑制器设置步骤，使得设置第二干扰抑制器以抑制第二干扰分量。

7. 根据权利要求 1 的控制磁盘驱动器的方法，其特征在于：  
所述旋转振动检测器被安装在装置外壳上，或被安装在与该装置外壳连接的基板上。

8. 一种磁盘驱动器，包括  
磁盘，  
磁头，

支撑机构，用于将所述磁头支撑在所述磁盘上，并可以绕着固定在所述磁盘外部的旋转轴旋转，

磁头致动器，用于以可旋转的方式驱动所述支撑机构以沿着所述磁盘的大致径向移动所述磁头，

旋转振动检测器，用于检测围绕所述旋转轴的、驱动器外壳的旋转振动，

磁头移动装置，用于驱动所述磁头致动器以在所述磁盘上移动所述磁头，

频率估算装置，用于在移动所述磁头之后估算来自所述旋转振动检测器的输出信号中包含的每个干扰分量的频率，以及

抑制器设置装置，用于基于所述估算的频率来设置用于抑制所述干扰分量的干扰抑制器；

其中，来自所述旋转振动检测器的输出信号被用于控制所述磁头制动器。

## 磁盘驱动器以及控制方法

### 技术领域

本发明涉及一种具有旋转振动检测器的磁盘驱动器，以及控制该驱动器的方法，其中该旋转振动检测器用于检测驱动器外壳的旋转振动。

### 背景技术

在磁盘驱动器例如硬盘驱动器中，当由于来自外部的震动而使得磁盘外壳发生旋转振动时，由于该旋转振动而带来的干扰将会对磁头的位置控制系统产生影响，其有可能妨碍磁头的定位。因此，已经对该磁盘驱动器采用了一定的措施，用于补偿由于磁盘外壳旋转振动而带来的干扰。

例如，专利文献 1 披露了一种磁盘驱动器，其中配备有：旋转振动检测器，用于检测驱动器外壳的旋转振动，并且将前馈控制系统并入磁头位置控制系统，其用于根据检测到的旋转振动而输出用于补偿干扰的信号。

【专利文献 1】JP-A-2001-14782

### 发明内容

#### 【本发明要解决的问题】

当旋转振动检测器配备在磁盘驱动器中时，来自该旋转振动检测器的输出信号可以含有由于该旋转振动检测器的机械共振而引起的干扰分量（下文中，称为共振干扰分量）。因此，需要抑制该共振干扰分量。

但是，由于旋转振动检测器的机械共振频率因产品批次而不同，

因此很难抑制在来自旋转振动检测器的输出信号中包含的共振干扰分量。例如，当滤波器（所谓的陷波滤波器）被用于抑制特定频带的信号分量时，该共振干扰分量的频率也有可能偏离该滤波器的特定频带，并且因此，几乎无法抑制该共振干扰分量。并且即使在机械共振频率存在变化时将陷波滤波器的特定频带加宽以便于抑制共振干扰时，该输入信号中的相位延迟也有可能变得太大，以致于无法通过前馈控制系统来加强干扰补偿。

根据实际情况完成了本发明，并且本发明的一个目的就是提供一种磁盘驱动器装置，其中能够适当地抑制在来自旋转振动检测器的输出信号中包含的干扰分量，而与该分量的频率无关，并且还提供了一种用于控制该驱动器的方法。

#### 【解决该问题的方式】

为了解决上述问题，本发明的控制磁盘驱动器的方法的特征就在于：针对下述磁盘驱动器，其中该磁盘驱动器具有：磁盘；磁头；支撑机构，用于将磁头支撑在磁盘上，并可以绕着固定在该磁盘外部的旋转轴旋转；磁头致动器，用于以可旋转的方式驱动该支撑机构以沿着大致径向移动磁头；以及旋转振动检测器，用于检测围绕旋转轴的、驱动器外壳的旋转振动，其中来自该旋转振动检测器的输出信号被用于控制该磁头制动器，该方法包括：磁头移动步骤，驱动该磁头致动器以在磁盘上移动磁头；频率估算步骤，在移动磁头之后估算在来自旋转振动检测器的输出信号中包含的每个干扰分量的频率；以及抑制器设置步骤，根据估算的频率来设置用于抑制干扰分量的干扰抑制器。

根据本发明的一个方面，该干扰抑制器由数字滤波器构成，并且该抑制器设置步骤包括根据估算的频率来设置在数字滤波器的转移函数中包括的参数。

在该方面中，对于每个频率确定参数，使得该数字滤波器抑制包

括相关频率的预定频带内的信号分量。

根据本发明的另一个方面，该频率估算步骤包括在如下两种模式中进行变换，其中，一种模式为：估算值接近于在来自旋转振动检测器的输出信号中包含的干扰分量中的相对较大的干扰分量的频率，以及另一种模式为：使得该估算值与该较大干扰分量的相关频率匹配。

根据本发明的再另一个方面，重复该磁头移动步骤，直到在频率估算步骤中估算出干扰分量的频率。

根据本发明再另一个方面，当来自旋转振动检测器的输出信号含有多个频率各不相同的干扰分量时，针对来自旋转振动检测器的输出信号，执行磁头移动步骤、频率估算步骤以及抑制器设置步骤，使得第一干扰抑制器被设置为以便于抑制第一干扰分量，接着针对该第一干扰抑制器的输出信号，执行磁头移动步骤、频率估算步骤以及抑制器设置步骤，使得第二干扰抑制器被设置为以便于抑制第二干扰分量。

根据本发明再另一个方面，该旋转振动检测器被安装在装置外壳上，或被安装在与该装置外壳连接的基板上。

本发明的磁盘驱动器包括：磁盘；磁头；支撑机构，用于将磁头支撑在磁盘上，并可以绕着固定在该磁盘外部的旋转轴旋转；磁头致动器，用于驱动该支撑机构沿着大致径向移动磁头；旋转振动检测器，用于检测围绕所述旋转轴的、驱动器外壳的旋转振动；磁头移动装置，用于驱动该磁头致动器以在磁盘上移动磁头；频率估算装置，用于在移动磁头之后估算在来自旋转振动检测器的输出信号中包含的每个干扰分量的频率；以及抑制器设置装置，用于基于估算的频率来设置用于抑制干扰分量的干扰抑制器；其中，来自该旋转振动检测器的输出信号被用于控制该磁头制动器。

### 【本发明的优点】

本发明的发明者发现，包含在来自旋转振动检测器的输出信号中的共振干扰分量几乎无法被衰减，并且当驱动该磁头致动器来移动磁头时，在移动磁头之后，在来自旋转振动检测器的输出信号中，共振干扰分量会保留一段时间。这样，在本发明中，设置了干扰抑制器，其用于移动该磁头，以便于在移动该磁头之后估算在来自旋转振动检测器的输出信号中包含的共振干扰分量的频率；以及基于该估算的频率来抑制共振干扰分量。这样，就能够适当地抑制在来自旋转振动检测器的输出信号中包含的共振干扰分量，而与该分量的频率无关。

### 附图说明

图 1 为示出根据本发明实施例的磁盘驱动器的结构例子的方框图；

图 2 为示出正常操作期间主控电路的运行结构例子的方框图；

图 3 为示出滤波器设置期间主控电路的运行结构例子的方框图；

图 4 为示出图 3 中频率估算块的运行结构例子的方框图；

图 5 为示出在滤波器设置期间主控电路的操作例子的流程图；

图 6 为示出在磁头寻道操作期间的和之后的来自旋转振动检测器的输出信号的图；

图 7 为示出图 6 中相关部分的放大图，以及该图的 Fourier 变换的图；

图 8 为示出各个滤波器系数之间驱动对应关系的说明图；

图 9 为示出图 5 中确认步骤的操作例子的流程图；以及

图 10 为示出图 9 中确认步骤之后的操作例子的流程图。

### 具体实施方式

下面参照附图来说明本发明的优选实施例。

图 1 示出了根据本发明实施例的磁盘驱动器的结构例子。磁盘驱动器 1 在外壳 9 中容纳有磁盘 2，心轴马达 3，磁头 4，悬挂臂 5，支

架 6，音圈马达 7，以及前置放大器 14。

并且，该磁盘驱动器 1 具有主控电路 10，读/写通道（R/W 通道）13，以及马达驱动器 17，它们都位于连接在外壳 9 上的基板上。该主控电路 10 包括微处理单元（MPU）以及硬盘控制器（HDC）。

并且，该磁盘驱动器 1 具有旋转振动检测器 30，其位于连接在外壳 9 上的基板上。该旋转振动检测器 30 由多个加速度传感器 32 以及电路部分 34 构成。该多个加速度传感器 32 可以直接连接至外壳 9。

该磁盘 2 安装在心轴马达 3 上，并且在图中箭头 DR 的方向上被旋转驱动。在磁盘 2 上形成了多个同心排列的磁道 21。沿着圆周方向以一定周期在每个磁道 21 中提供了伺服数据区 23。并将各个伺服数据区 23 之间的区域作为用户数据区 25。

该磁头 4 包括读元件和写元件，其被安装在悬挂臂 5 的末端并且支撑在磁盘 2 上。该悬挂臂 5 连接至支架 6，其中该支架 6 与一部分音圈马达 7 集成。该悬挂臂 5 和支架 6 形成了磁头 4 的支撑机构，并且可以绕着固定在磁盘 2 外部的旋转轴 P 进行旋转。作为磁头致动器的一个例子，该音圈马达 7 旋转地驱动该支架 6，以大致在径向上将被支撑在悬挂臂 5 末端的磁头 4 移动至磁盘 2 上。

该旋转振动检测器 30 检测外壳 9 相对于旋转轴 P 的旋转振动，并将表示该旋转振动的信号输出给主控电路 10。该多个加速度传感器 32 分别被设置为与外壳 9 相连的基板上，例如，如图 1 所示彼此有一定距离的位置。该加速度传感器 32 被设置为使得当每个传感器检测相同方向上的加速度时，该传感器会输出相同信号。该电路部分 34，例如，包括差动放大器电路，对各个加速度传感器 32 输出中的差异进行放大，并输出放大后的差异。通过这种方式，当在来自多个加速度传感器 32 的输出中发现了差异时，该电路部分 34 就会输出信号，因此就能够检

测到外壳 9 的旋转振动。

主动电路 10 中包括的 MPU 进行整个驱动器的控制，读取存储在未示出的存储器中的程序并执行该程序，以便于实现各种控制例如磁头的定位控制或者记录/再现数据的控制。在该实施例中，该 MPU 起磁头移动装置、频率估算装置以及抑制器设置装置的功能。这些功能将在后面详述。

在磁头 4 的定位控制中，该 MPU 根据从 R/W 通道 13 输入的伺服数据来指定磁头 4 的当前位置，并生成表示磁头 4 的目标位置与其当前位置之间的误差的误差信号（PES：位置误差信号）。接着，该 MPU 根据该 PES 生成用于驱动音圈马达 7 的控制信号，并将该控制信号输出给马达驱动器 17。这样，该磁头 4 就会寻找目标位置处的磁道上的点，并被定位在该点上。

在该主控电路 10 中包括的 HDC 具有接口控制器，误差校正单元，缓冲器控制器等。当 HDC 从外部主机接收要被记录在磁盘 2 中的用户数据时，该 HDC 将该用户数据输出给 R/W 通道 13。并且，当从 R/W 通道 13 将自磁盘 2 再现的用户数据输入给 HDC 时，该 HDC 将该用户数据传输给外部主机。这时，该 HDC 根据 MPU 的控制将用户数据临时存储在未示出的缓冲器存储器中。

当从主控电路 10 将用户数据输入给 R/W 通道 13 时，该通道 13 对该用户数据进行调制，并将该数据输出给前置放大器 14。并且，当将再现信号从前置放大器 14 输入给 R/W 通道 13 时，其中该再现信号是由磁头 4 从磁盘 2 中再现的，该通道 13 将该再现信号转换为数字数据，接着对该数据进行解调，接着将解调后的数据输出给主控电路 10。并且，该 R/W 通道 13 以某一采样周期从该再现信号中提取伺服数据，并将该伺服数据输出给主控电路 10。

当从 R/W 通道 13 将要被记录到磁盘 2 中的数据输入给前置放大器 14 时，该前置放大器将该数据转换为记录信号，并将该信号输出给磁头 4。并且，当从磁头 4 将自磁盘 2 读出的再现信号输入给前置放大器 14 时，该前置放大器 14 就会对该再现信号进行放大，并将信号输出给 R/W 通道 13。

当将来自主控电路 10 的用于音圈马达 7 的控制信号输入给马达驱动器 17 时，该马达驱动器对该控制信号进行模拟转换，接着对转换后的信号进行放大，并输出该信号给音圈马达 7。并且，当将来自主控电路 10 的用于心轴马达 7 的控制信号输入给马达驱动器 17 时，该马达驱动器对该控制信号进行模拟转换，接着对转换后的信号进行放大，并输出该信号给心轴马达 7。

图 2 示出了主控电路 10 的正常操作期间的运行结构例子。在正常操作期间，该主控电路 10 功能性地具有误差信号发生器 41，控制器 45，加法器 49，陷波滤波器（干扰抑制器）53，以及旋转振动补偿器 55。并且，该主控电路 10 具有模数转换器（AD 转换器）51。

该误差信号发生器 41 生成误差信号（PES），其中该误差信号表示从 R/W 通道 13 输入的伺服数据指定的磁头 4 的当前位置与根据来自外部装置的记录指令或再现指令确定的磁头 4 的目标位置之间的位置误差，并将该误差信号输出给控制器 45。

该控制器 45 根据从误差信号发生器 41 输入的 PEC 生成用于驱动音圈马达 7 的控制信号，并将该控制信号输出给加法器 49。生成该控制信号用于抑制磁头 4 的位置误差，从而稳定整个控制系统。

该 AD 转换器 51 对来自旋转振动检测器 30 的输出信号进行模数转换，并将转换后的信号输出给陷波滤波器 53。

配备该陷波滤波器 53 就是为抑制来自旋转振动检测器 30 的输出信号中所包含的共振干扰分量（由于旋转振动检测器 30 的机械共振而引起的干扰分量）。该陷波滤波器 53 抑制来自旋转振动检测器 30 的输出信号的分量中特定频带（在该频带中能够有效地进行抑制）的信号分量。根据将在后面描述的结构和操作来设置该陷波滤波器 53 的特定频带。

该旋转振动补偿器 55 基于来自旋转振动检测器 30 的输出信号生成补偿信号，用于补偿由于外壳 9 的旋转振动而导致的干扰，并将该补偿信号输出给加法器 49，其中该补偿信号作用于包括控制器 45 的反馈控制系统，并且在所述输出信号中通过陷波滤波器 53 来抑制特定频带的信号分量。

该加法器 49 将从控制器 45 输出的控制信号与从旋转振动补偿器 55 输出的补偿信号相加，并将相加后的信号输出给马达驱动器 17，以便于驱动该音圈马达 7。

图 3 示出了滤波器设置期间主控电路的运行结构例子。建立该运行结构以设置陷波滤波器 53。在滤波器设置期间，该主控电路 10 在功能上除了具包括控制器 45 等，另外还具有频率估算块 60。

该频率估算块 60 具有以下功能：估算包含在来自旋转振动检测器 30 的输出信号中的共振干扰分量的频率。具体而言，如图 4 中所示，该频率估算块 60 在功能上具有带通滤波器 62，频率估算部分 64，以及收敛测试部分 66。

该带通滤波器 62 抑制从 AD 转换器 51 输入的来自旋转振动检测器 30 的输出信号分量中低频和高频范围内的信号分量，接着将该信号输出给频率估算部分 64。这样，仅切出一频率范围，其中该共振干扰分量被认为是出现在该旋转振动检测器 30 的输出信号中。

每个频率估算部分 64 以及收敛测试部分 66 的操作将在后面进行更详细地描述。

图 5 示出了该主控电路 10 的滤波器设置期间运行例子。

步骤 S1 为磁头移动步骤。该主控电路 10 允许进行寻道操作，即驱动音圈马达 7 将磁头 4 移动一定距离。由于该寻道操作而导致该外壳 9 围绕着该旋转轴 P 发生旋转振动。磁头 4 的移动距离可以被设置为使得外壳 9 能够适当地发生旋转振动。例如，将该距离设置为对应于磁盘 2 的半径的距离。

图 6 示出了在磁头 4 的寻道操作期间和之后来自旋转振动检测器 30 的输出信号。图 6 中的箭头示出了该寻道操作的结束点。从图 6 中可以知道，一些振动分量保留在来自旋转振动检测器 30 的输出信号中，而不会在寻道操作之后被衰减（图 6 中用虚线包围的区域）。

图 7 (A) 示出了图 6 中被虚线包围区域的放大图。图 7 (B) 示出了受到傅立叶变换之后的区域。如图 7 (B) 所示，寻道操作之后保留的振动分量具有陡峭尖峰。

经过寻道操作之后保留的振动分量被确认为共振干扰分量（由于旋转振动检测器 30 的机械共振而引起的干扰分量）。也就是说，可以确定的是，当进行了磁头 4 寻道操作时，该共振干扰分量保留在寻道操作之后的来自旋转振动检测器 30 的输出信号中。

因此，在后面描述的步骤中为了估算共振干扰分量的频率，在步骤 S1 中，就需要进行磁头寻道工作，以使得该共振干扰分量出现在来自旋转振动检测器 30 的输出信号中

图 5 中的步骤 S2 和 S3 分别为频率估算步骤。该步骤 S2 基于频率估算部分 64 的功能。在步骤 S2 中，该主控电路 10 对磁头 4 的寻道操作之后出现在来自旋转振动检测器 30 的输出信号中的共振干扰分量的频率进行估算。

为了估算共振干扰分量的频率，可以使用如 JP-A-2003-109335 等中所述的通过使用跟踪峰值滤波器来进行的频率估算方法。例如，该主控电路 10 将来自旋转振动检测器 30 的输出信号的相位与来自跟踪峰值滤波器（未示出）的输出信号的相位进行比较，并根据比较结果来更新该跟踪峰值滤波器的峰值频率，以便于使得该峰值频率能够跟随该共振干扰分量的频率。这样，就能够估算出该共振干扰分量的频率。

具体而言，通过根据如下的数字表达式 1 至 5 进行计算来估算共振干扰分量的频率。

**【数字表达式 1】**

$$y(n+2) = x(n) + B(n) \cdot y(n+1) - C \cdot y(n)$$

该数字表达式 1 表示跟踪峰值滤波器的分母。由于该跟踪峰值滤波器的分子与峰值频率无关，因此省略掉了对于该分子的详细描述。

x 表示来自旋转振动检测器 30 的输出信号。具体而言，x 表示从图 4 中的带通滤波器 62 输入到频率估算部分 64 中的信号，y 表示来自跟踪峰值滤波器的输出信号。

C 为滤波器常数。在该实施例中，C 根据计算次数 n 的而变化（详细内容将在后面描述）。

B 为滤波器常数。该 B 为包括峰值频率的滤波器常数，并用如下

的数字表达式 2 来表示。在该跟踪峰值滤波器中，该峰值频率被指定作为估算频率，用于估算共振干扰分量。

**【数字表达式 2】**

$$B = 2 \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot T_s)$$

$f$  表示峰值频率（估算频率）。 $T_s$  表示采样时间。

**【数字表达式 3】**

$$P(n) = (1 - a_1) \cdot P(n-1) + a_1 \cdot y(n) \cdot y(n)$$

该数字表达式 3 表示  $y$  的均方。 $a_1$  为系数。

**【数字表达式 4】**

$$B(n+1) = B(n) + a_2 \cdot \frac{x(n-1) \cdot y(n)}{P(n)}$$

该数字表达式 4 表示包括估算频率  $f$  的滤波器常数  $B$ 。这里，数字表达式 4 右侧的第二项被假定作为如下面的数字表达式 5 所示的 dB。 $a_2$  为系数。

**【数字表达式 5】**

$$dB(n) = a_2 \cdot \frac{x(n-1) \cdot y(n)}{P(n)}$$

在该实施例中，在估算共振干扰分量的频率时，根据计算次数  $n$  在第一模式和第二模式之间进行变换，其中在该第一模式中，跟踪峰值滤波器估算频率接近在来自旋转振动检测器 30 的输出信号中包含的干扰分量中的相对较大的干扰分量的频率，并且在第二模式中，该跟踪峰值滤波器估算频率  $f$  收敛于该相关的较大干扰分量的频率。

具体而言，作为第一模式，当计算次数  $n$  小于预定数时，在数字

表达式 1 中包括的滤波器系数  $C$  被设置为略小于 1, 并且作为第二模式, 当计算次数  $n$  不小于预定数时, 该滤波器系数  $C$  被设置为 1。在通常跟踪峰值滤波器中, 该滤波器系数  $C$  被设置为 1。

如在第二模式中 (如在通常跟踪峰值滤波器中), 当该滤波器系数  $C$  被设置为 1 时, 跟踪峰值滤波器的估算频率  $f$  能够收敛于在来自旋转振动检测器 30 的输出信号中包含的干扰分量的频率。但是, 如图 7 (B) 中所示, 当在来自旋转振动检测器 30 的输出信号中包含多个干扰分量时 (该分量不限于共振干扰分量), 该跟踪峰值滤波器的估算频率  $f$  可以收敛于具有相对较小峰值强度的干扰分量的频率。这是因为该跟踪峰值滤波器的增益在该估算频率  $f$  是无限的, 因此该跟踪峰值滤波器的输出在频率  $f$  可以保持恒定水平, 而与该干扰分量的峰值强度无关。

另一方面, 如在第一模式中, 当该滤波器系数  $C$  被设置为小于 1 的值时, 即使在来自旋转振动检测器 30 的输出信号中包含多个干扰分量, 该跟踪峰值滤波器的估算频率  $f$  能够接近相对较大的干扰分量 (例如, 共振干扰分量) 的频率。这是因为该跟踪峰值滤波器的增益在估算频率  $f$  是有限的, 因此, 该跟踪峰值滤波器的输出取决于干扰分量的峰值强度而水平不同。但是, 由于该滤波器系数  $C$  不为 1, 因此该跟踪峰值滤波器的估算频率  $f$  能够接近该相关的较大的干扰分量, 但不是完全收敛。

因此, 在该实施例中, 在第一模式中, 该跟踪峰值滤波器的估算频率  $f$  能够接近在来自旋转振动检测器 30 的输出信号中包含的干扰分量中的相对较大的干扰分量的频率, 接着在第二模式中, 该跟踪峰值滤波器的估算频率  $f$  收敛于该相关的较大的干扰分量的频率。据此, 即使在来自旋转振动检测器 30 的输出信号中包含多个干扰分量, 该跟踪峰值滤波器的估算频率  $f$  也能够收敛于相对较大的干扰分量的频率。

在该第一模式中，随着计算次数  $n$  的增加，可以将该滤波器系数  $C$  设置为接近 1。据此，由于在该模式变为第二模式之前，该跟踪峰值滤波器的估算频率  $f$  能够进一步接近相对较大的干扰分量的频率，因此在该模式变为第二模式之后，该跟踪峰值滤波器的估算频率  $f$  能够更准确地收敛于该相关的较大的干扰分量的频率。

步骤 S3 基于收敛测试部分 66 的功能。在步骤 S3，该主控电路 10 根据用数字表达式 5 表示的 dB 来确定跟踪峰值滤波器的估算频率  $f$  是否收敛于在来自旋转振动检测器 30 的输出信号中包含的共振干扰分量的频率。具体而言，当跟踪峰值滤波器的计算次数  $n$  超过预定数量时，则该主控电路 10 将 dB 的绝对值与阈值进行比较，从而确定该估算频率  $f$  是否收敛。

这里，当跟踪峰值滤波器的估算频率  $f$  不收敛于在来自旋转振动检测器 30 的输出信号中包含的共振干扰分量的频率时（S3：否），则该主控电路 10 返回至步骤 S1，以再次进行磁头 4 的寻道操作，并再一次在步骤 S2 估算共振干扰分量的频率，假设先前估算频率  $f$  的值为初始值。通过这种方式，即使通过一次寻道操作不能估算共振干扰分量的频率，也可以通过重复步骤 S1 和 S2 来估算该共振干扰分量的频率。

步骤 S4 和 S5 分别为抑制器设置步骤。在步骤 S4，该主控电路 10 根据通过步骤 S1 至 S3 获得的估算频率来计算在陷波滤波器 53 的转移函数中包括的滤波器系数（参数）。并且，在步骤 S5 中，该主控电路 10 将计算得到的滤波器系数设置给陷波滤波器 53。

具体而言，通过下面的数字表达式 6 来表示该陷波滤波器 53 的转移函数。

#### 【数字表达式 6】

$$\frac{Y}{X} = K \cdot \frac{1 - B \cdot z^{-1} + C \cdot z^{-2}}{1 - E \cdot z^{-1} - F \cdot z^{-2}}$$

X 表示输入给陷波滤波器 53 的输入信号，即来自旋转振动检测器 30 的输出信号。Y 表示来自陷波滤波器 53 的输出信号。

C 表示与在数字表达式 1 中包括的滤波器系数 C 相同的滤波器系数。这里，该滤波器系数 C 被设置为 1。

B 表示与由数字表达式 2 表示的滤波器系数 B 相同的滤波器系数，其随该陷波滤波器 53 的特定频带（能够进行有效抑制的频带）的中心频率（峰值频率）而定。

K, E 和 F 分别为滤波器系数，它们都随该陷波滤波器 53 特定频带的特性例如宽度而定。

该主控电路 10 使用通过步骤 S1-S3 获得的滤波器系数 B（也就是说，该滤波器系数 B 包括跟踪峰值滤波器的估算频率 f，该估算频率收敛于在来自旋转振动检测器 30 的输出信号中包含的共振干扰分量）作为如数字表达式 6 表示的陷波滤波器 53 的滤波器系数 B。这样，由于可以允许该陷波滤波器 53 特定频带的中心频率与在来自旋转振动检测器 30 的输出信号中包含的共振干扰分量的频率相匹配，因此就能够抑制该共振干扰分量。

并且，该主控电路 10 根据对应关系来确定其他滤波器系数 K, E 和 F, 其中该对应关系是之前根据经步骤 S1-S3 获得的滤波器系数 B 而确定的。

下文中，将描述各个滤波器系数之间的对应关系。之前通过使用外部计算机等计算该对应关系来确定滤波器系数 B 与各个滤波器系数 K、E 以及 F 之间的对应关系。

具体而言，通过利用外部计算机等，在该变中心频率的同时来生成多个陷波滤波器，其中每个陷波滤波器都具有所希望的特性，并且从该陷波滤波器导出滤波器系数  $B$  与每个滤波器系数  $K$ 、 $E$  和  $F$  之间的对应关系，所述滤波器系数  $B$  取决于该中心频率。

图 8 示出了用于导出各滤波器系数之间的对应关系的示意图。

图 8 (A) 示出了多个陷波滤波器的特性，其中这些滤波器具有互不相同的中心频率，所述陷波滤波器通过利用外部计算机等生成。上面的图表示增益-频率特性，下面的图表示输出信号相对于输入信号的相位-频率特性。

由于在用于补偿旋转振动的前馈控制系统中利用这些陷波滤波器，因此生成该滤波器以使得它们在低频范围内具有相同的相位-频率特性。这样，在低频范围内给出了具有相同特性的前馈控制系统，其中在该低频范围内对旋转振动进行补偿而与选择的陷波滤波器无关。

图 8 (B) 示出了在取决于中心频率的滤波器系数  $B$  与图 8 (A) 所示的多个陷波滤波器的其他滤波器系数  $K$ 、 $E$  和  $F$  之间的对应关系。

图 8 (B) 示出了绘制出的点，以示出在取决于中心频率的滤波器系数  $B$  与图 8 (A) 所示的多个陷波滤波器的其他滤波器系数  $K$ 、 $E$  和  $F$  之间的对应关系，并且示出了通过连接这些绘制的点而得到的函数曲线。

在该实施例中，示出按照这种方式获得的各个滤波器系数之间的对应关系的函数被预先存储在主控电路 10 中包括的存储器等中。需要注意的是，对该函数并非是限制性的，并且表格等也可以被存储，只要它示出了滤波器系数之间的对应关系就行。

该主控电路 10 基于存储的函数从通过步骤 S1 至 S3 得到的滤波器系数 B 中获得相应的滤波器系数 K、E 和 F，并将该滤波器系数设置给陷波滤波器 53。

这样，该主控电路 10 就能够设置陷波滤波器 53，以便于具有如下特性，即特定频带的宽度相对较窄，并接着降低该陷波滤波器 53 的相位延迟。

并且，基于预先确定的各个滤波器系数之间的对应关系来获得滤波器系数 K、E 和 F，因此图 8 中所示计算不需要由主控电路 10 进行，因此能够很容易地设置该陷波滤波器 53。

图 5 中的步骤 S6 为确定步骤。在该确定步骤中，该主控电路 10 确定设置有滤波器系数的陷波滤波器 53 是否能够抑制在来自旋转振动检测器 30 的输出信号中包含的共振干扰分量。

图 9 示出了该确定步骤的运行例子。在如下的说明中，与上述流程图中的步骤重叠的步骤分别被标记上了与图 9 中相同的数字，因此省略了对于这些步骤的详细说明。

首先，该主控电路 10 允许磁头移动步骤 (S1) 中的磁头 4 的寻道操作，使得共振干扰分量出现在来自该旋转振动检测器 30 的输出信号中。

接下来，该主控电路 10 基于从陷波滤波器 53 输出的输出信号或输入至该陷波滤波器 53 的输入信号来确定是否能够抑制在来自旋转振动检测器 30 的输出信号中包含的共振干扰分量。通过计算输入到陷波滤波器 53 中的输入信号的平方和以及从陷波滤波器输出的输出信号的平方和来进行该确定。

分别用如下的数字表达式 7 和 8 来表示输入给陷波滤波器 53 的输入信号的平方和  $P_{in}$ ，以及从陷波滤波器输出的输出信号的平方和  $P_{out}$ 。

【数字表达式 7】

$$P_{in} = \sum_{N=1}^p (NF_{input})^2$$

【数字表达式 8】

$$P_{out} = \sum_{N=1}^p (NF_{output})^2$$

该主控电路 10 计算输入信号的平方和  $P_{in}$  与输出信号的平方和  $P_{out}$ ，直到计算次数  $N$  达到预定数值，并将它们之间的比率与阈值进行比较，从而确定是否能够抑制该共振干扰分量。

当从该确认中确定平方和的比率低于该阈值，并且因此能够抑制该共振干扰分量时（S63：是），则处理结束。

另一方面，当平方和比率高于阈值，并且因此无法抑制该共振干扰分量时（S63：否），则处理切换至图 10 中所示的运行例子。在图 10 中所示的运行例子中，设置新的陷波滤波器（未示出），用于抑制在来自陷波滤波器 53 的输出信号中保留的共振干扰分量。

首先，在磁头移动步骤（S1）中，该主控电路 10 允许进行磁头 4 寻道工作，使得共振干扰分量出现在来自在步骤 S5 中设置的陷波滤波器 53（第一陷波滤波器）的输出信号中。

接着，按照与步骤 S2 相同的处理，该主控电路 10 在磁头 4 的寻道操作之后对包含在来自陷波滤波器 53 的输出信号中的共振干扰分量的频率进行估算（S22）。接着该主控电路 10 基于获得的估算频率  $f$

来计算滤波器系数，并按照与步骤 S5 相同的处理（S52），将该计算得到的滤波器系数设置给新的陷波滤波器（第二陷波滤波器）。

按照这种方式设置的新陷波滤波器被提供在该陷波滤波器 53 的下游一侧（图 2 中的陷波滤波器 53 与旋转振动检测器 55 之间），并且抑制在来自陷波滤波器 53 的输出信号中保留的共振干扰分量。

接着，该主控电路 10 执行确认步骤（S6），以确定是否抑制了在来自被设置有滤波器系数的新的陷波滤波器的输出信号中包含的共振干扰分量，并且当该共振干扰分量被抑制时（S63，是），则该主控电路 10 结束处理。另一方面，当共振干扰分量保留在来自新陷波滤波器的输出信号中时（S63，否），该主控电路 10 重复与前面相同的处理，直到该共振干扰分量被完全抑制。

根据上述处理，即使在来自旋转振动检测器 30 的输出信号中包含有多个共振干扰分量，也能够完全抑制该共振干扰分量。

## 附图标记

- 1 磁盘驱动器
- 2 磁盘
- 3 心轴马达
- 4 磁头
- 5 悬挂臂
- 6 支架
- 7 音圈马达
- 9 外壳
- 10 主控电流
- 13 R/W 通道
- 14 前置放大器
- 17 马达驱动器
- 21 磁道
- 23 伺服数据区
- 25 用户数据区
- 30 旋转振动检测器
- 32 加速度传感器
- 34 电路部分
- 41 误差信号发生器
- 45 控制器
- 49 加法器
- 51 模数转换器
- 53 陷波滤波器
- 55 旋转振动补偿器
- 60 频率估算块
- 62 带通滤波器
- 64 频率估算部分
- 66 收敛测试部分



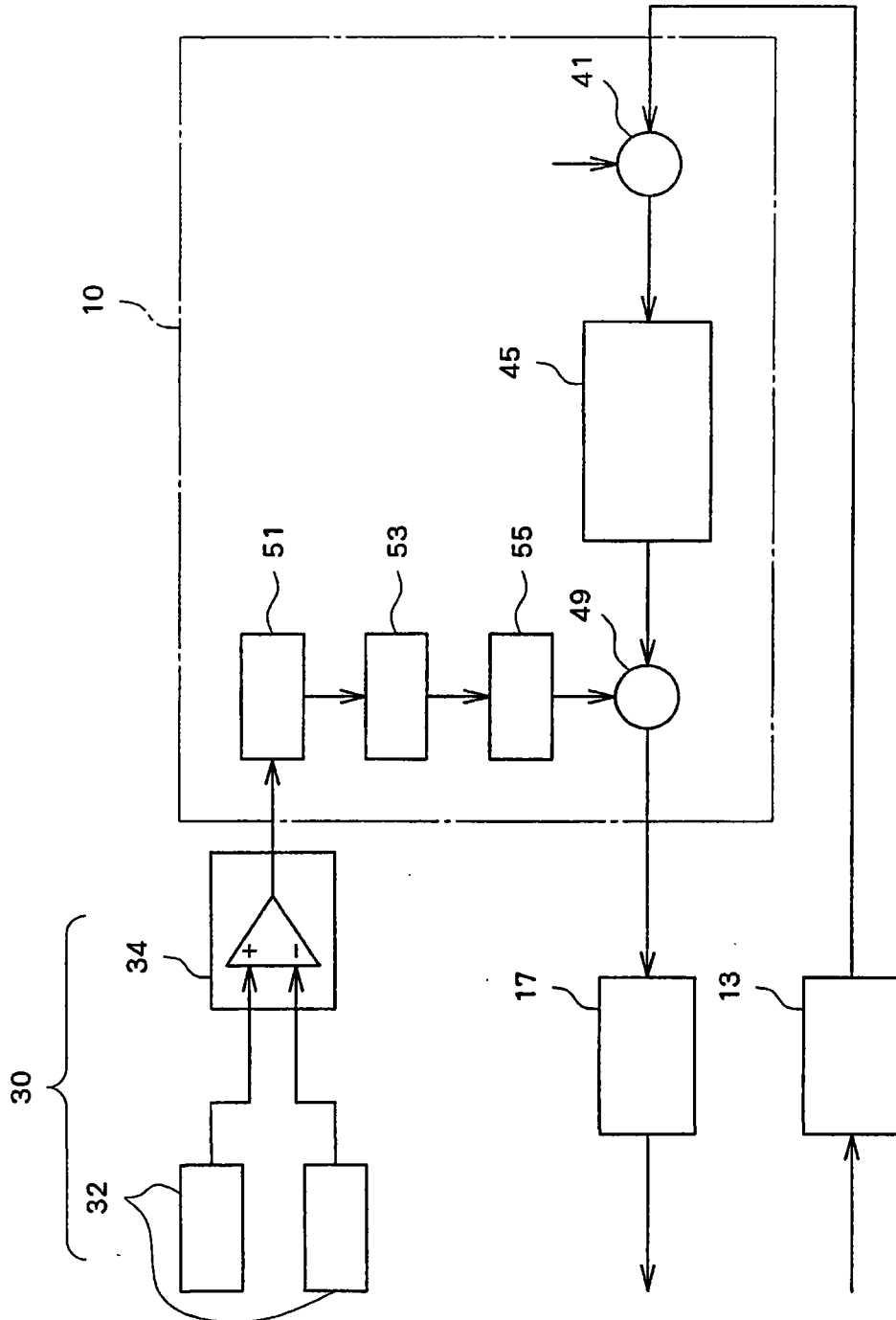


图2



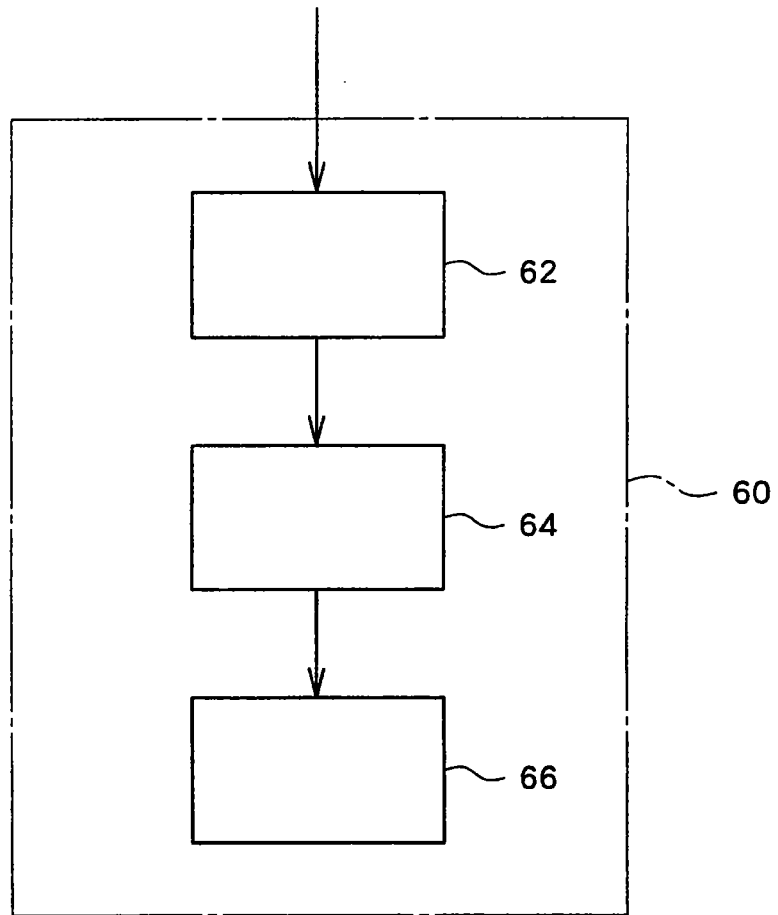


图4

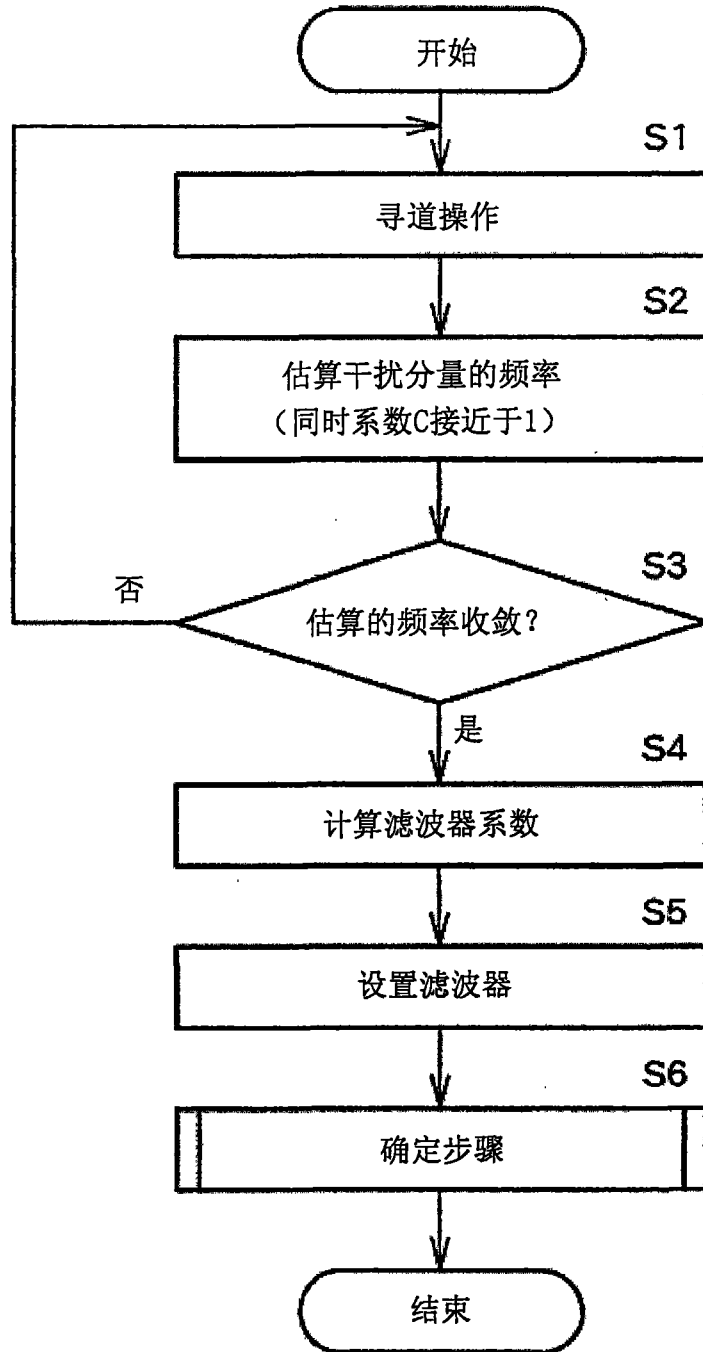


图5

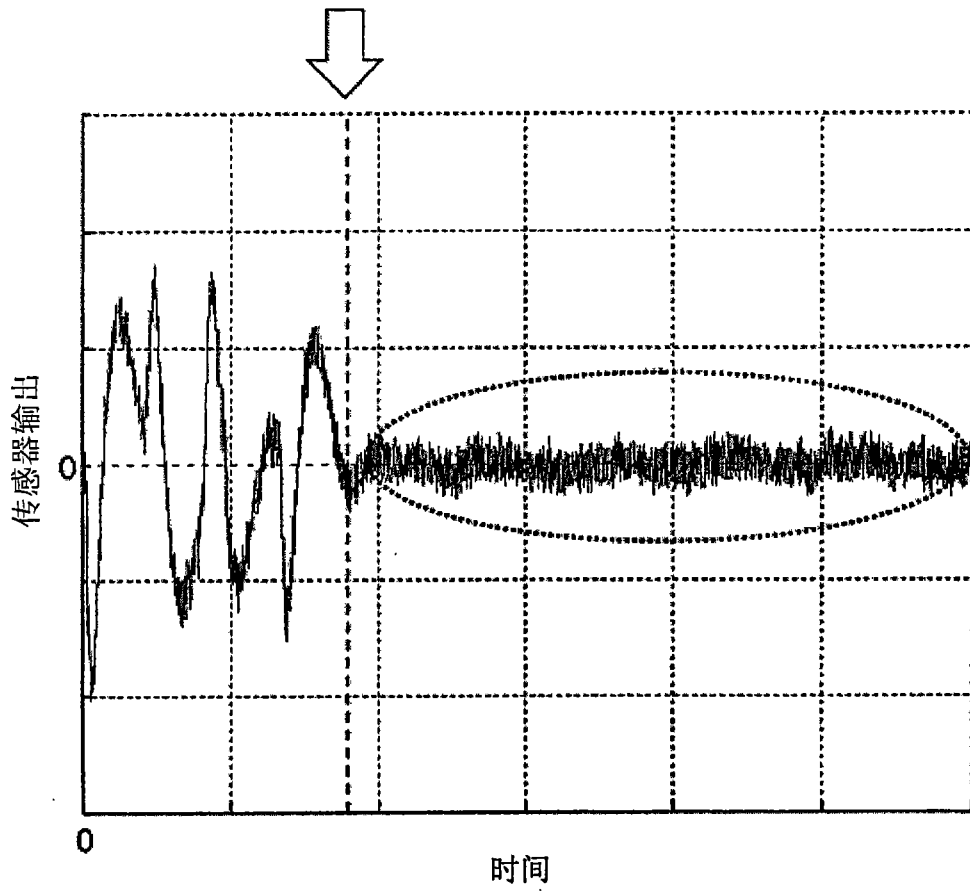
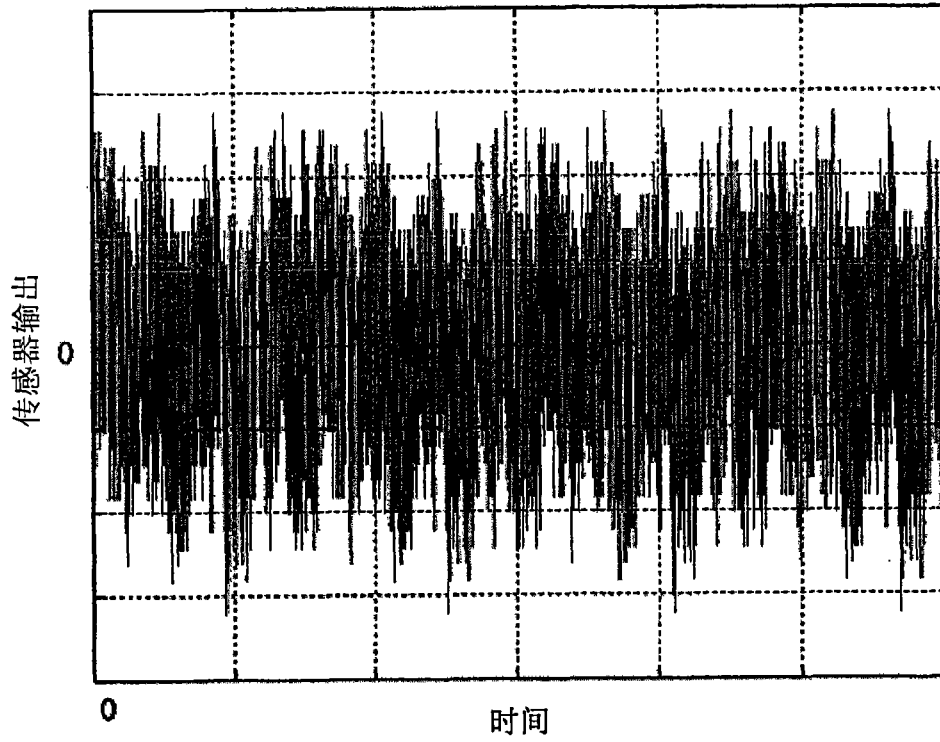


图6

(A)



(B)

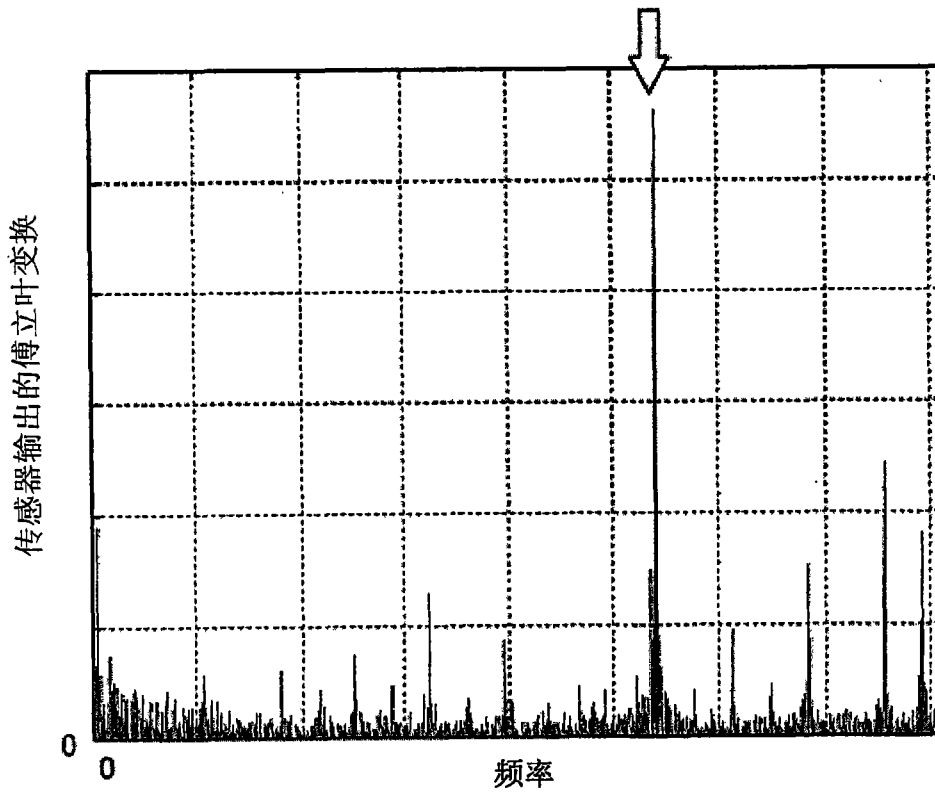


图7

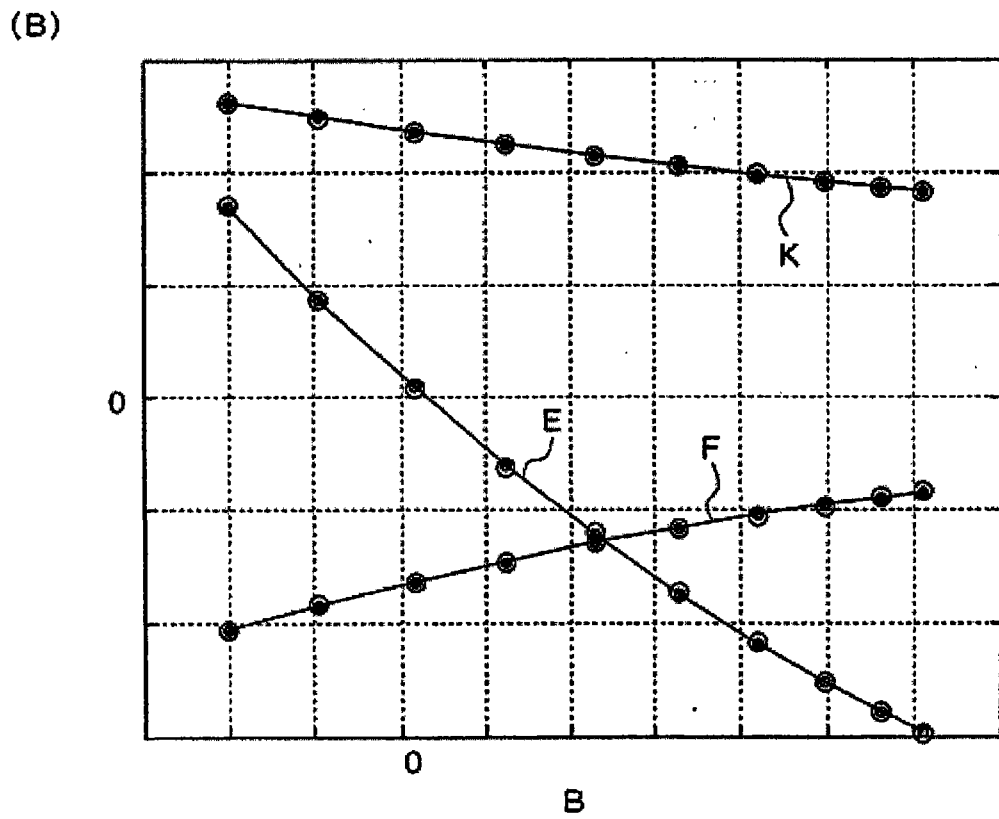
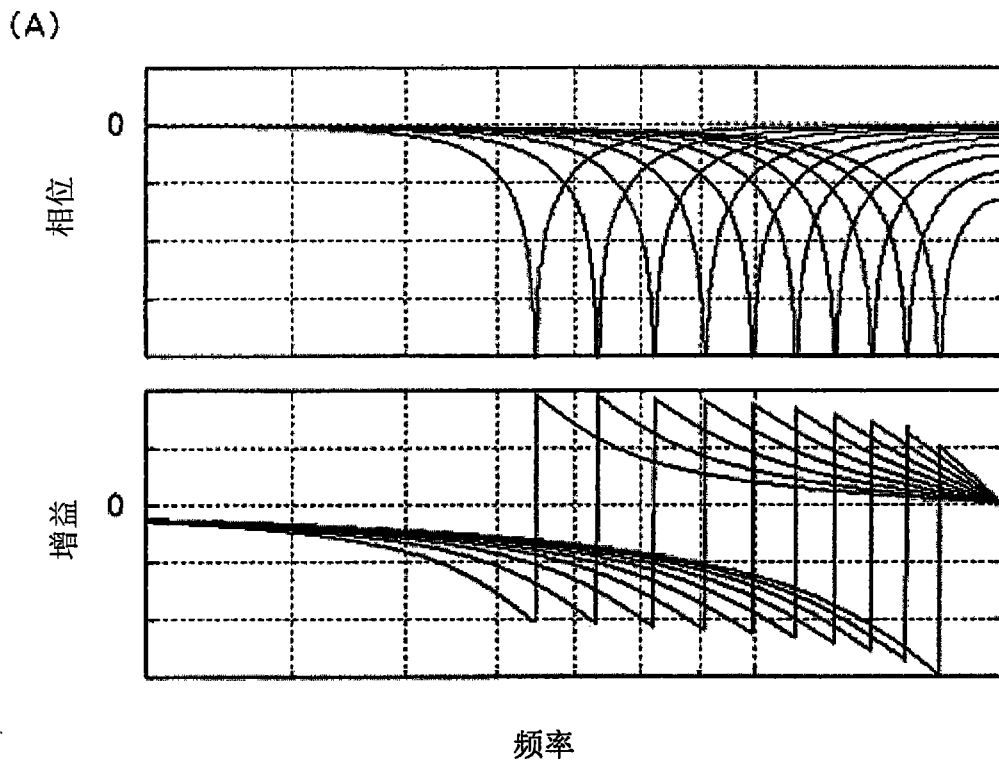


图8

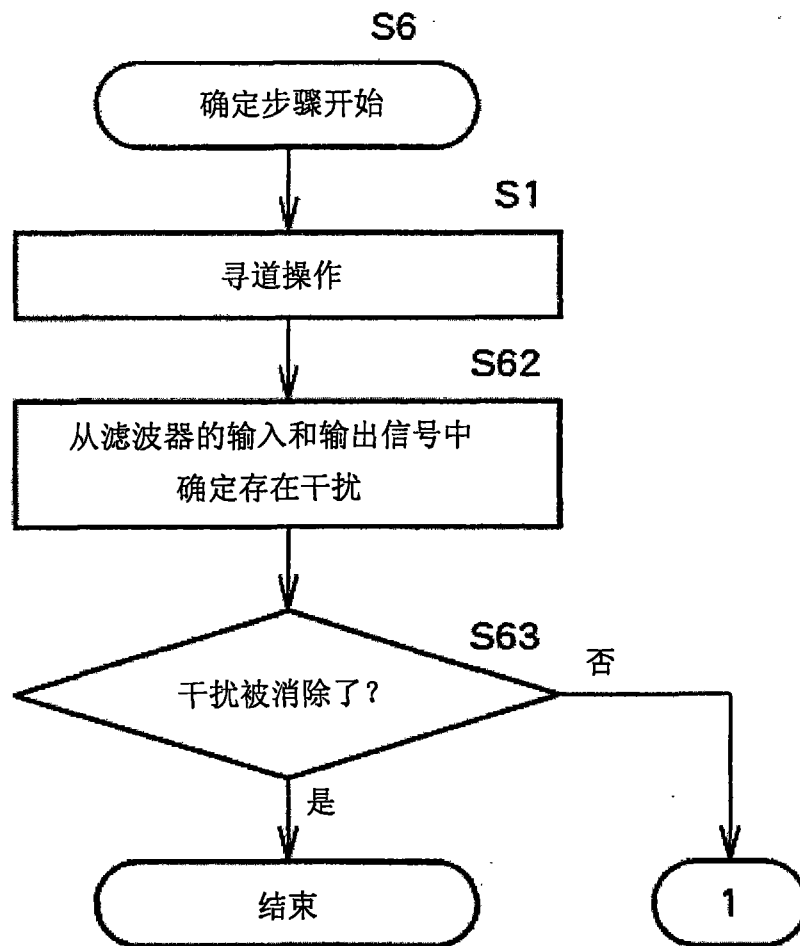


图9

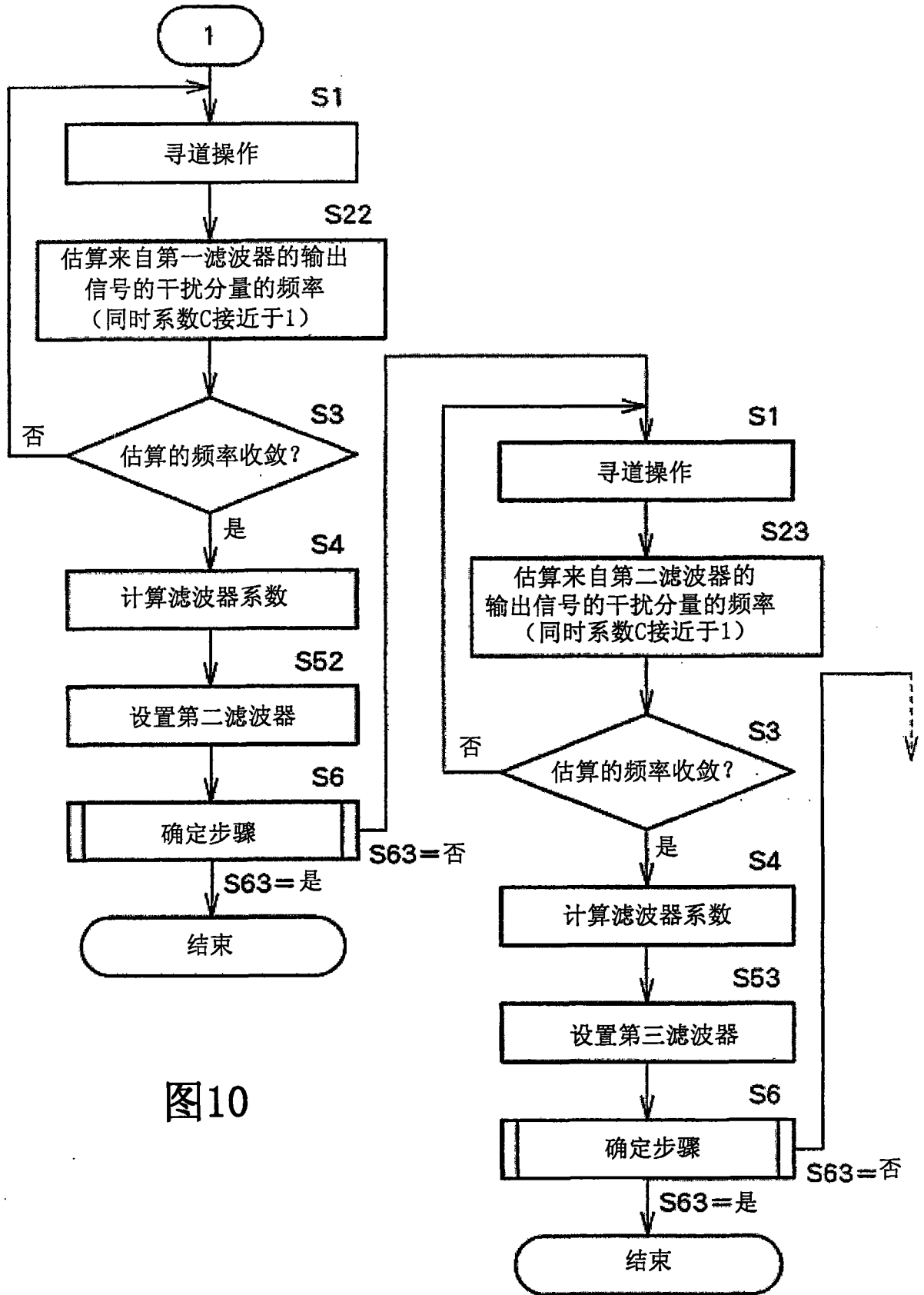


图10