

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G11B 5/58 (2006.01)

G11B 5/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610072108.7

[45] 授权公告日 2008 年 11 月 12 日

[11] 授权公告号 CN 100433131C

[22] 申请日 2006.4.12

[21] 申请号 200610072108.7

[30] 优先权

[32] 2005.4.27 [33] JP [31] 129580/2005

[73] 专利权人 株式会社东芝

地址 日本东京都

[72] 发明人 朝仓诚 谷津正英

[56] 参考文献

US2003/0002189A1 2003.1.2

JP2000-306348A 2000.11.2

US6556367B2 2003.4.29

US5717538A 1998.2.10

US6738205B1 2004.5.18

审查员 张明霞

[74] 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

代理人 杨晓光 于静

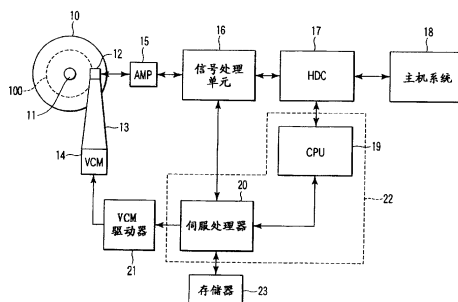
权利要求书 3 页 说明书 15 页 附图 8 页

[54] 发明名称

用于磁盘驱动器中的伺服控制的方法和装置

[57] 摘要

在基于记录在磁盘介质(10)中的伺服脉冲图案实施磁头的定位控制的磁盘驱动器中,伺服处理器(20)通过利用从该伺服脉冲图案得到的脉冲值产生正切换算值。此外,该伺服处理器(20)通过基于偏离磁道位置和该正切换算值之间的关系构造的反函数近似式执行反正切变换处理,从而探测该偏离磁道位置。



1. 一种磁盘驱动器，其特征在于，包括：

读出记录在磁盘介质上的数据的磁头；

沿该磁盘介质的径向移动该磁头的致动器；和

伺服处理器，其利用记录在该磁盘介质上的伺服信息驱动并且控制该致动器，并且实施该磁头相对于该磁盘介质上的目标磁道位置的定位控制，其中该伺服处理器

基于从该磁头输出的再现信号，从该伺服信息所包括的多个伺服脉冲图案中获得多个脉冲值作为振幅值，并且包括：

正切计算单元，其从该多个脉冲值计算正切换算值；

相位计算单元，其利用基于根据所述多个脉冲值转换的所述正切换算值和该磁头的偏离磁道位置的特性构造的反函数近似式从通过该正切计算单元计算的所述正切换算值来计算相位换算值；和

位置计算单元，其利用由该相位计算单元计算的该相位换算值来计算相对于该目标磁道位置的偏离磁道位置。

2. 如权利要求1所述的磁盘驱动器，特征在于，还包括：

信号处理单元，其基于从该磁头输出的再现信号、从包含于该伺服信息中的该伺服脉冲图案中提取脉冲值，其中

该伺服处理器从该信号处理单元获得该脉冲值。

3. 如权利要求1所述的磁盘驱动器，特征在于，还包括：

存储器，其存储表示该反函数近似式的信息，该反函数近似式是基于该正切换算值和该偏离磁道位置的特性构造的，该正切换算值是基于该脉冲值转换的，其中

该相位计算单元利用存储在该存储器中的反函数近似式来计算该相位换算值。

4. 如权利要求1所述的磁盘驱动器，特征在于

该相位计算单元基于该正切换算值计算相位角，并且

该位置计算单元包括相位校正单元，该相位校正单元校正依赖于相位事件值的该相位角，该相位事件值是通过划分磁道地址的相同的地址段以识别目标磁道位置得到的。

5. 如权利要求 1 所述的磁盘驱动器，特征在于，还包括：

存储器，其存储该反函数近似式和表示系数的信息，该反函数近似式是基于该正切换算值和该偏离磁道位置的特性构造的，该正切换算值是基于该脉冲值转换来的，该系数是基于针对各个相位事件值测得的偏离磁道位置特性而设置的，该相位事件值是为识别目标磁道位置划分磁道地址的相同的地址段得到的，其中

该相位计算单元利用存储在该存储器中的反函数近似式和该系数来计算该相位换算值。

6. 如权利要求 1 所述的磁盘驱动器，特征在于，

正切计算单元(220)利用四个值，即脉冲值 BstA、BstB、BstC 和 BstD 由下列等式 (1) 和 (2) 计算正切换算值 TAN

$$\text{TAN} = -\text{BstAB}/\text{BstCD} \quad \dots\dots (1)$$

$$\text{TAN} = \text{BstCD}/\text{BstAB} \quad \dots\dots (2)$$

其中，参考符号 BstAB 意思是“BstA 比 BstB”；参考符号 BstCD 意思是“BstC 比 BstD”。

7. 如权利要求 1 所述的磁盘驱动器，特征在于，
该反函数近似式是三次函数式。

8. 如权利要求 1 所述的磁盘驱动器，特征在于，
该反函数近似式是一种具有反正切函数的近似系数的近似式。

9. 如权利要求 1 所述的磁盘驱动器，特征在于，还包括：

信号处理单元，其处理从该磁头输出的再现信号，以从包含于该伺服信息中的伺服脉冲图案中输出脉冲值以及输出磁道地址，以识别该目标磁道位置，其中

该伺服处理器具有

偏离磁道位置计算单元，其包括该正切计算单元、该相位计算单元、

和该位置计算单元，并且计算该偏离磁道位置，和

伺服计算单元，其基于该磁道地址和该偏离磁道位置来控制该致动器，以将该磁头定位在该目标磁道位置。

10. 伺服控制的方法，用于

在具有读出在磁盘介质上记录的数据的磁头和沿该磁盘介质的径向移动该磁头的致动器的磁盘驱动器中，利用记录在该磁盘介质上的伺服信息来驱动和控制该致动器，并且实施将该磁头定位到该磁盘介质上的目标磁道位置的定位控制，该方法特征在于，其包括：

基于从该磁头输出的再现信号从包含于该伺服信息中的多个伺服脉冲图案获得多个脉冲值作为振幅值，

从该多个脉冲值计算正切换算值，

利用基于根据所述多个脉冲值转换的所述正切换算值和该磁头的偏离磁道位置的特性构造的反函数近似式从该正切换算值计算相位换算值，并且

利用该相位换算值计算相对于该目标磁道位置的偏离磁道位置。

11. 如权利要求 10 所述的方法，特征在于

该相位换算值是利用该反函数近似式和系数计算的，该反函数近似式是基于该正切换算值和该偏离磁道位置的特性构造的，该正切换算值是基于该脉冲值转换来的，该系数是基于针对各个相位事件值测得的偏离磁道位置特性设置的，该相位事件值是通过划分磁道地址的相同的地址段得到的用以识别该目标磁道位置。

用于磁盘驱动器中的伺服控制的方法和装置

技术领域

本发明一般性地涉及一种包括伺服控制系统的磁盘驱动器，尤其是涉及一种通过改进偏离磁道(off-track)位置探测方法而获得的伺服控制系统。

背景技术

在以硬盘驱动器为典型的常规磁盘驱动器中引入了伺服控制系统，该伺服控制系统利用记录在磁盘介质上的伺服信息控制磁头，以将该磁头定位在目标磁道（目标柱面）位置。

该伺服控制系统利用由读出头读出的伺服信息计算磁道地址，以识别目标磁道和偏离磁道位置（PES），该偏离磁道位置是离开该目标磁道的磁道中心的位置误差。该伺服控制系统利用伺服信息中所包含的伺服脉冲（burst）图案来计算偏离磁道位置。

在这种情况下，作为探测读出头的偏离磁道位置的方案，除了利用伺服脉冲图案的脉冲探测方案之外，已知的还有相差探测方案（例如，参见日本专利申请 KOKAI 公开号 6-231552）。

在该相差探测方案中，示意性地，对由读出头读出并且通过信号处理电路（读出信道）再现的伺服再现信号实施离散傅立叶变换（DFT）处理，以产生正弦分量值和余弦分量值。此外，使正弦对余弦的比（正切）经过反正切（arctangent）变换，以探测与相差相对应的离开磁道中心的偏离磁道位置。

在常规的相差探测方案中，通常采用与脉冲探测方案的伺服脉冲图案不同的伺服图案。另一方面，在从伺服脉冲图案获得的脉冲值 A、B、C 和 D 中，将伺服运算“A-B”看作一个近似正弦分量值，并且将伺服运算“C-D”看作一个近似余弦分量值，这样可以通过反正切变换处理探测到

近似正确偏离磁道位置，该反正切变换处理是通过反函数近似式实施的。更具体地，可以实施采用伺服脉冲图案的相差探测方案。

然而，在实际的磁盘驱动器中，由于以脉冲图案为基础的偏离磁道特性曲线包括高阶失真（或者非对称失真）或者偶函数，因此在通过应用单值反函数（simple inverse function）近似式的反正切变换处理计算出的偏离磁道位置和真正的偏离磁道位置之间很可能出现超过容差的误差。在偏离磁道位置的探测精度（磁头相对于目标位置的位置误差）方面的这种劣化导致磁盘驱动器的伺服性能的劣化。

发明内容

本发明的一个目的是提供一种具有伺服控制功能的磁盘驱动器，其实施相差探测方案，该方案利用伺服脉冲图案，以使高精度地探测真正的偏离磁道位置成为可能。

本发明的一方面是一种包括伺服控制功能的磁盘驱动器，其利用从伺服脉冲图案得到的脉冲值产生正切换算值（tangent-equivalent value）（伪正切）并且通过伺服处理探测近似校正磁道位置，该伺服处理利用基于偏离磁道位置和正切换算值之间的关系构造的反函数近似式实施反正切变换处理。

根据本发明一方面的磁盘驱动器包括：读出记录在磁盘介质上的数据的磁头；沿该磁盘介质的径向移动该磁头的致动器；和伺服处理装置，其利用记录在该磁盘介质上的伺服信息驱动并且控制该致动器，并且实施该磁头相对于该磁盘介质上的目标磁道位置的定位控制，其中该伺服处理装置包括：基于从该磁头输出的再现信号从该伺服信息所包括的伺服脉冲图案中获得脉冲值的装置；用于从该脉冲值计算正切的正切计算单元；相位计算单元，其利用基于该磁头的偏离磁道位置的特性构造的反函数近似式从通过该正切计算单元计算的正切换算值来计算相位换算值；和位置计算单元，其利用由该相位计算单元计算的该相位换算值来计算相对于该目标磁道位置的偏离磁道位置。

附图说明

作为说明书的一部分的附图示出了本发明的实施例，并且连同上面给出的一般性的描述以及下面给出的实施例的详细描述一起用来解释本发明的原理。

图 1 是用于示出根据本发明实施例的磁盘驱动器的主要部分的框图；

图 2 是用于解释根据该实施例的伺服处理器的配置的框图；

图 3 是用于解释根据该实施例的偏离磁道位置计算单元的配置的框图；

图 4 是用于示出根据该实施例的伺服脉冲图案的设置视图；

图 5 是用于示出根据该实施例的该伺服脉冲图案的读出信号波形的曲线图；

图 6 是用于解释导出根据该实施例的反函数近似式的系数的方法的曲线图；

图 7 是用于示出根据该实施例的普通的脉冲偏离磁道特性的曲线图；

图 8 是用于示出根据该实施例的具有大的非对称差异的脉冲偏离磁道特性的曲线图；

图 9 是用于示出由根据该实施例的偏离磁道位置计算单元得到的探测特性的曲线图；

图 10 是用于示出根据该实施例的偏离磁道位置和正切换算值之间关系的曲线图；

图 11A 和 11B 是用于示出通过脉冲探测方案得到的定位精度特性和环路传递增益特性的曲线图；

图 12A 和 12B 是用于示出通过根据该实施例的位置探测方案得到的定位精度特性和环路传递增益特性的曲线图；

图 13A 和 13B 是用于示出在通过根据该实施例的位置探测方案设定系数之前得到的定位精度特性和环路传递增益特性的曲线图；

图 14A 和 14B 是用于示出在通过根据该实施例的位置探测方案设定系数之后得到的定位精度特性和环路传递增益特性的曲线图。

具体实施方式

下面参照附图描述本发明实施例。

图 1 是用于示出根据该实施例的硬盘驱动器（以下简单地称为磁盘驱动器）的主要部分的框图。图 2 是用于解释根据该实施例的伺服处理器的配置的框图。图 3 是用于解释根据该实施例的伺服处理器中所包括的偏离磁道位置计算单元的配置的框图。

磁盘驱动器的配置

如图 1 所示，该磁盘驱动器具有其上磁性地记录有数据的磁盘介质 10、使磁盘介质 10 旋转的主轴马达 11、和其上装有磁头 12 的致动器 13。

在磁盘介质 10 上形成大量的构成数据记录区域的磁道（柱面）100。如后面将要描述的，磁道 100 中的每一个都包括伺服扇区（servo sector），在伺服扇区上记录有包括伺服脉冲图案的伺服信息。

磁头 12 具有从磁盘介质 10 读出数据（包括伺服信息）的读出头（120）和将数据写入磁盘介质 10 的写入头。致动器 13 通过驱动音圈马达（VCM）14 沿磁盘介质 10 的径向移动装在其远端的磁头 12。

此外，该磁盘驱动器具有前置放大器 15、信号处理单元 16、硬盘控制器（HDC）17、微处理器（CPU）19、伺服处理器 20、和 VCM 驱动器 21。

前置放大器 15 放大从读出头读出的读信号，以便将该读信号传输到信号处理单元 16 中。此外，前置放大器 15 放大从信号处理单元 16 输出的写信号，以便将该写信号传输到写入头。信号处理单元 16 是一个处理读/写信号的读/写信道，并且具有从读信号中再现伺服信息的功能。此外，信号处理单元 16 从读信号再现用户数据，以将该用户数据传输到硬盘控制器 17。

硬盘控制器 17 构成驱动器和主机系统 18 之间的一个接口，以实施读/写数据（用户数据）的数据传递控制或类似操作。CPU 19 是该驱动器的主

控制设备，其实施读/写操作的控制或类似操作。

根据该实施例的磁盘驱动器除了 CPU 19 之外还具有实施伺服控制处理的伺服处理器 20。具体地，伺服处理器 20 由数字信号处理器 (DSP) 和逻辑电路构成。伺服处理器 20 基于由信号处理单元 16 再现的伺服信息通过 VCM 驱动器 21 驱动并且控制致动器 13，以实施磁头 12 的位置控制。

CPU 19 和伺服处理器 20 不必由独立的单元构成。CPU 19 和伺服处理器 20 可由微处理器 22 构成，该微处理器 22 运行用于实现 CPU 19 和伺服处理器 20 的功能的软件。更具体地，伺服处理器 20 可以是用于实现伺服控制处理的软件。

伺服处理器

如图 4 所示，在磁盘介质 10 上，包括四相位 (four-phase) (A 到 D) 伺服脉冲图案 410、420、430 和 440 在内的伺服信息和磁道地址 (柱面地址) 代码 450 记录在每个磁道的伺服扇区上。磁道地址代码 450 是用以识别磁道的信息。如后面将要描述的，伺服脉冲图案是用以探测读出头 120 的偏离磁道位置的信息。

这里，偏离磁道位置是当把磁头 12 定位在目标磁道位置时，由磁道地址代码 450 识别的目标磁道相对于所述磁道中心的位置误差。通过再现该伺服脉冲图案得到的脉冲信号可以分别用 BST (A 到 D) 或者 BST-A 到 BST-D 表示。脉冲值 (振幅值) 可以分别用 BstA 到 BstD 表示。

如图 2 所示，伺服处理器 20 包括偏离磁道位置计算单元 200 和伺服计算单元 210。如下面将要描述的，偏离磁道位置计算单元 200 利用从信号处理单元 16 中输出的脉冲信号 BST 来探测读出头 120 的偏离磁道位置并将偏离磁道位置数据 PES 输到伺服计算单元 210。

伺服计算单元 210 基于从信号处理单元 16 输出的磁道地址 CYL 和偏离磁道位置 PES 计算控制值，以将磁头 12 (读出头或者写入头) 定位在目标磁道位置。

VCM 驱动器 21 根据由伺服计算单元 210 计算的控制值将驱动电流提

供给致动器 13 的 VCM 14。致动器 13 经驱动和控制，将读出头 120 定位在目标磁道位置。

偏离磁道位置计算单元

如图 3 所示，偏离磁道位置计算单元 200 包括正切计算单元 220、反函数计算单元 230、和相差校正单元 240。

正切计算单元 220 接受与从包含于信号处理单元 16 中的 A/D 转换器 160 中输出的脉冲信号 BST (A 到 D) 的振幅值对应的脉冲值 BstA、BstB、BstC 和 BstD。如后面将要描述的，该正切计算单元 220 利用脉冲值 BstA、BstB、BstC 和 BstD 来计算正切换算值 (伪正切) TAN。

反函数计算单元 230 利用反函数近似等式 (包括系数) 计算相位换算值 (相位角) θ ，该反函数近似等式是基于偏离磁道位置和正切换算值之间的关系预先构造的。反函数近似式的系数是基于针对各个相位事件 (ph) 所测得的实际的偏离磁道位置特性曲线 (参见图 6) 而确定的。相位事件 (ph) 是通过将磁道地址的同一地址区一分为四得到的事件值。每个相位事件是用于代表每个脉冲正弦周期的 $\pi/4$ 的特定区的信息。

这里，如图 1 所示，反函数近似式和系数存储在驱动器的存储器 (闪存 EEPROM) 23 内。伺服处理器 20 从存储器 23 中提取反函数近似式和系数，以使反函数计算单元 230 执行反函数计算。

相差校正单元 240 从相位换算值 θ 和相位事件值 (ph) 计算偏离磁道位置 (PES)，以将偏离磁道位置输到伺服计算单元 210。相差校正单元 240 具有与常规相位探测方案中使用的相位校正单元一样的配置。

操作

下面参照图 4 到 14B 描述根据该实施例所述的操作。

在磁盘驱动器中，磁头 12 在致动器 13 作用下沿磁盘介质 10 的径向移动。这里，如图 4 所示，读出头 120 从直接在磁盘介质 10 下面通过的磁道 (柱面) 上读出伺服脉冲图案 410、420、430 和 440 以及磁道地址代码 450。

在图 4 中, 参考符号 400 指的是磁盘介质 10 的旋转方向。

信号处理单元 16 在读出头 120 经过磁盘介质 10 上伺服扇区的时间再现磁道地址信息和用于探测偏离磁道量的脉冲信号, 并且将该脉冲信号传输到伺服处理器 20。

在伺服处理器 20 中, 如图 2 所示, 偏离磁道位置计算单元 200 把来自于信号处理单元 16 的脉冲信号 BST 的脉冲值转换为偏离磁道位置 PES。如上所述, 偏离磁道位置 PES 是目标磁道相对于目标磁道的中心的位置误差。

伺服计算单元 210 确认偏离磁道位置 PES 和磁道地址 CYL 作为读出头 120 当前的位置信息。伺服计算单元 210 产生这样的控制值 (VCM 驱动命令), 即, 其使得读出头 120 的当前位置设定在目标磁道位置。

VCM 驱动器 21 根据由伺服计算单元 210 计算的控制值将驱动电流提供给致动器 13 的 VCM 14, 以通过驱动和控制该致动器 13 将读出头 120 定位在目标磁道位置。

在上述伺服控制处理中, 下面将描述偏离磁道位置计算单元 200 的操作。

图 5 是用于示出当读出头 120 行进在如图 4 所示的脉冲图案 A 和 B 的中心时从读出头 120 输出的读信号波形 500 的曲线图。

信号处理单元 16 再现与脉冲选通 (burst gate) 510 的四个区 (A 到 D) 的再现信号振幅值对应的脉冲值 BstA、BstB、BstC 和 BstD。图 7 是用于示出再现脉冲信号 BST-A 到 BST-D 的脉冲值 BstA、BstB、BstC 和 BstD 相对于在径向 (图 4 中的垂直方向) 的偏离磁道位置的变化的曲线图。更具体地, 图 7 是用于示出在偏离磁道位置和脉冲值之间的关系中具有 90° 相位差的四个 DC 偏移所具有的一般的脉冲偏离磁道特性曲线 (正弦形状的特性曲线) 的曲线图。与此相反, 图 8 是用于示出在偏离磁道位置和脉冲值之间的关系中具有大的非对称差异的脉冲磁道特性曲线的曲线图。

在图 7 和图 8 中, 横坐标表示实际的偏离磁道位置, 而纵坐标表示脉冲信号 BST 的振幅值。

在根据本实施例的偏离磁道位置计算单元 200 中，正切计算单元 220 将已经得到的脉冲值转换为伪正弦分量值和伪余弦分量值，以计算相当于正切的值的正切换算值（伪正切）TAN。

如从图 7 显而易见的是，脉冲值 BstA 和 BstB 之间的差信号表现出一个从中去掉了 DC 分量的基本的正弦波形。此外，脉冲值 BstC 和 BstD 之间的差信号表现出一个相位偏移 90° 的基本的余弦波形。因此，正切计算单元 220 基于伪正弦分量值对伪余弦分量的比来计算相当于正切的正切换算值（伪正切）TAN。

更具体地，正切计算单元 220 利用四个值，即脉冲值 BstA、BstB、BstC 和 BstD 从下列等式（1）和（2）中计算正切换算值 TAN。这里，参考符号 BstAB 意思是“BstA 比 BstB”。参考符号 BstCD 意思是“BstC 比 BstD”。

$$\text{TAN} = -\text{BstAB}/\text{BstCD} \quad \dots\dots (1)$$

$$\text{TAN} = \text{BstCD}/\text{BstAB} \quad \dots\dots (2)$$

其中等式（1）在相位事件值 ph 为 2 或者 3 时成立，而等式（2）在相位事件值 ph 为 1 或者 4 时成立。

这里，对于各相位事件值（ph=1 到 4），下列等式（3）到（6）分别成立。

$$\text{Ph}=1: |\text{BstAB}| \geq |\text{BstCD}|, \text{BstAB} * \text{BstCD} \geq 0 \quad \dots\dots (3)$$

$$\text{Ph}=2: |\text{BstAB}| < |\text{BstCD}|, \text{BstAB} * \text{BstCD} \geq 0 \quad \dots\dots (4)$$

$$\text{Ph}=3: |\text{BstAB}| < |\text{BstCD}|, \text{BstAB} * \text{BstCD} < 0 \quad \dots\dots (5)$$

$$\text{Ph}=4: |\text{BstAB}| \geq |\text{BstCD}|, \text{BstAB} * \text{BstCD} < 0 \quad \dots\dots (6)$$

如上所述，相位事件值 ph 是通过将同一磁道地址区一分为四而得到的事件值。每个相位事件是用于代表每个脉冲正弦周期的 $\pi/4$ 的特定区的值。

由于值“-BstAB/BstCD”在该脉冲图案 C 和 D 的中心附近具有巨大

的值，因此，计算出在划分的每个事件中经过相位校正的正切换算值，作为正切换算值 TAN。作为偏离磁道位置和正切换算值之间的关系，获得了如图 10 所示的特性曲线 800（参见等式（1））和特性曲线 810（参见等式（2））。在图 10 中，横坐标表示实际的偏离磁道位置。

反函数计算单元 230 基于预先存储在存储器 23 内的反函数近似式和系数执行正切换算值 TAN 的反函数计算，以计算相位换算值（相位角） θ 。更具体地，反函数计算单元 230 计算如下面等式（7）所示的三次函数式。

$$\theta = a3 * \text{TAN}^3 + a2 * \text{TAN}^2 + a1 * \text{TAN} + a0 \quad \dots \dots (7)$$

反函数计算单元 230 实施依赖于正切换算值 TAN 的极性（ph=1 或者 3 以及 ph=2 或者 4）的系数的切换处理，使得反函数计算单元 230 能够处理如图 8 所示的具有大的非对称差别的脉冲偏离磁道特性。当对称性足够高时，反函数计算单元 230 通过单值反函数近似式计算相位换算值。

相差校正单元 240 根据事件划分相位换算值 θ ，从而计算偏离磁道位置 PES，该相位换算值 θ 是由反函数计算单元 230 的反函数计算得到。更具体地，相差校正单元 240 执行由下列等式（8）到（10）表示的计算：

$$\text{PES} = T_p / \pi * (\theta - \pi / 2), \quad \text{其中 ph}=1 \quad \dots \dots (8)$$

$$\text{PES} = T_p / \pi * \theta, \quad \text{其中 ph}=2 \text{ 或者 } 3 \quad \dots \dots (9)$$

$$\text{PES} = T_p / \pi * (\theta + \pi / 2), \quad \text{其中 ph}=4 \quad \dots \dots (10)$$

在这些等式中， T_p 是磁道间距，即一个等于磁道宽度的值。

这个处理的出现是由于正切换算值分为两类，以防止计算误差在正切计算单元 220 中扩大。如图 10 所示，由于有两个偏离磁道位置与同一相位换算值对应，因此偏离磁道位置构成必不可少的处理要素。

根据上述实施例，如图 9 所示，通过偏离磁道位置计算单元 220，位置误差受到抑制的偏离磁道位置 710（用 \times 表示的特性曲线）能够被探测（估

算)到在图9所示的理想位置(目标位置的真实值)700上。另一方面,特性曲线720(用O表示)是通过常规探测方案获得的偏离磁道位置特性曲线。

在图9中,横坐标表示实际的偏离磁道位置,纵坐标表示通过计算(估算)得到的偏离磁道位置。图9示出在具有如图8所示的大的非对称差异的脉冲偏离磁道特性曲线中的探测特性曲线。在常规的探测方案中,与探测的位置误差相关的探测倾角(增益)的变化导致伺服性能例如寻道时间或者偏离磁道位置精度的劣化。与此相反,在该实施例的探测方案中,能够实现极为出色的伺服性能。

图11A到14B是用于示出根据该实施例的伺服控制(偏离磁道位置探测)性能的改进因素的曲线图。在图11A到14B中,图11A,12A,13A和14A是用于示出在偏离磁道定位中的 3σ 定位精度特性曲线的曲线图。图11B,12B,13B和14B是用于示出在偏离磁道定位环路传递增益可变特性曲线(对应于探测倾角(detection inclination))的曲线图。在图11A到14B中,横坐标表示偏离磁道位置。

图11A和11B是用于示出通过普通的脉冲探测方案得到的特性曲线的曲线图。与此对照,图12A和12B是用于示出通过根据该实施例的位置探测方案得到的特性曲线的曲线图。从这些对比中显而易见的是,在根据该实施例的位置探测方案中,如图12B所示,环路传递增益(探测倾角)保持不变。如图12A所示,可以确认,在偏离磁道定位中可以保证相同的定位精度。

图13A和13B是用于示出在通过根据该实施例的位置探测方案确定系数之前所得到的特性曲线(相差探测特性曲线)的曲线图。图14A和14B是用于示出在通过根据该实施例的位置探测方案确定系数之后所得到的特性曲线的曲线图。

如上所述,简而言之,根据该实施例的位置探测方案是利用脉冲分布(profile)特性的反函数近似式的偏离磁道位置探测方案。此外,由于位置探测是通过反函数近似式进行的,该反函数近似式是基于偏离磁道位置

和正切换算值之间的关系预先构造的，因此即使脉冲偏离磁道特性曲线具有非对称失真，也能够估算出几乎真实的偏离磁道位置。因此，能够实施高精度的磁头定位控制，并且在磁盘驱动器中，伺服控制性能能够得到改善。

反函数近似式的系数导出方法

在该实施例中，如上所述，反函数计算单元 230 基于预先存储在存储器 23 内的反函数近似式执行正切换算值 TAN 的反函数计算。该反函数近似式的系数是基于偏离磁道位置和正切换算值之间的关系导出的。下面主要参照图 6 和 10 描述该导出方法。

在近似式系数推导中，实际的定位位置必须相对于偏离磁道目标值来估算。即使设置偏离磁道目标位置以进行定位，该位置也不是真正的偏移位置。更具体地，该定位的位置是通过偏离磁道位置探测计算单元所导出的位置，直到该单元的标定完成为止，实际值和真实值各不相同。

当将磁头 12 定位在某一目标位置附近的区域，致动器 13 和伺服计算单元 210 的特性增益彼此相等并且不会变化。然而，事实上，当对在偏离磁道定位中的某一特定频率的环路传递增益进行监视时，例如，如图 11B 所示，可以理解，该环路传递增益发生变化。从图 2 中的伺服环路配置可以估算，该变化仅仅是因偏离磁道位置计算单元 200 的增益方面的变化引起的。更具体地，当对在偏离磁道定位的环路传递变化中的变化进行监视时，该变化因而与探测倾角方面的变化相对应。测量环路传递增益的方法能够用已知的方法实现。

作为偏离磁道位置计算单元 200 的探测倾角的变化，在将由实际的变量 dP 得到的探测变量用 dR 表示时，测量在目标位置 R_0 处的“ dR/dP ”。更具体的，当探测倾角的倒数“ dP/dR ”用 dR 求积分时，可以相对于目标位置估算出真实的定位位置。由于环路传递增益包括要控制的目标的增益或者控制器而不是探测系统的增益，因此该增益必须要去掉，以计算探测倾角的倒数“ dP/dR ”。

在相对于目标位置的实际位置变换中，理论上可以采用任何偏离磁道位置探测单元。然而，实际上，当偏离磁道位置探测单元的位置探测倾角的变化减小时，真实位置估算的误差趋于变小。因此，直到执行了高级标定 (advance calibration) 为止，作为在偏离磁道位置探测单元中的反函数计算单元的系数，采用为满足反正切函数的近似式而选择的系数。图 13A 和 13B 示出该实施例中在反正切函数的近似函数的环路传递增益方面的变化。然而，当将这个方案与图 11A 和 11B 所示的普通脉冲探测方案相比时，可以理解，探测倾角的变化是小的。利用反正切函数的近似系数的处理是通过实现接近于相差探测处理的处理而得到的，并且能够相对稳定地实现探测特性曲线。从这一点看，该处理是需要的。

上面描述了估算相对于目标位置的真实定位位置（真正的偏离磁道位置）的方法。当计算该位置时，能够容易地将获得的对于目标位置的信息转换为获得的对于真正的偏离磁道位置的信息。图 7 到图 10 中的横坐标是通过转换将该目标位置转换为估算的实际位置而得到的。

图 10 所示的特性曲线 800, 810 和 820 可以基于图 7 和 8 所示的脉冲值在正切计算单元 220 中通过伪正切计算绘出。然而，在反函数近似中，除一对一关系之外的关系是不方便的。为此，通过实施将特性曲线 810 和 820 相移以叠加在与特性曲线 800 相同的事件的特性曲线 810 和 820 上的处理，来建立一对一的关系。图 10 中用曲线标出的正切函数不总是等于实际的特性曲线 800。特别是，如图 8 所示，在其中脉冲特性曲线包含有强非对称失真的图案中，这些位置被定位在正切函数的正值/负值两侧的正向一侧。可以理解，正值和负值应该用不同的函数来近似。

在图 6 中，曲线是通过重写该地图同时将横坐标和纵坐标逆置以按照反函数关系画出这些值得到的。特性曲线 610 是三次方最小二乘法近似函数。在特性曲线 610 上，正值和负值是用不同的函数近似的。关于在最小二乘法近似的意义上的一致性，误差随阶的增加而减小。然而，由于在三次方近似中误差量足够小，因此在考虑计算量时优选实施三次方近似。在图 6 所示的三次方近似式中，PES 指的是相位换算值 θ ，而 x 指的是正切

换算值 TAN。

采用上面的方法，就能够导出反函数近似式的系数。这里，事实上，偏离磁道位置计算单元 200 的探测特性曲线随着磁盘介质 10 的径向位置而变化。这是由于磁头的偏离角导致的，该磁头的偏离角是在记录伺服信息时产生的。然而，同样在考虑到内圆周和外圆周的位置的特性变化的影响，就必须确定近似反函数的系数。

在该实施例中，例如，反函数近似式的系数是在磁盘介质 10 的内圆周和外圆周上九个点上导出的。这些系数的平均值设置在存储器 23 作为偏离磁道位置计算单元 200 的反函数近似式的系数。

即使通过对磁盘介质 10 的内圆周和外圆周求平均值而求出相同的系数，在偏离磁道定位中的探测倾角的变化在中间/内圆周上很少观察到。然而，在磁盘介质 10 的外圆周上，如图 14 所示，会出现环路传递增益的变化。

在该实施例中，假定对磁盘介质 10 的整个圆周采用相同的系数。本发明不限于该配置。即，可以根据磁盘介质 10 上的径向位置切换系数，或者各个系数可以表示为径向位置的函数并且使之序列化。

这里，在常规的偏离磁道位置探测系统中，假设脉冲探测特性曲线具有对称的形状。为此，在表现出例如如图 8 所示的脉冲探测特性曲线的驱动器中，不能容易地保证伺服性能，因此降低了产率。这里，在伺服磁道写入（伺服信息的记录）中的脉冲图案的偏离程度、磁头的设置角度误差等都是已知的构成非对称系统的因素。当应用根据该实施例的位置探测方案时，对于具有这种非对称系统的磁盘驱动器，能够保证出色的伺服性能。

即使脉冲探测特性曲线具有较小的非对称差异，但是在常规的方案中，也仅仅是校正了对于脉冲差信号的系数增益。为此，在偏离磁道定位中会产生伺服增益方面的偏差。当偏差程度大时，偏离磁道定位精度会劣化。由于近来磁道间距的减小，偏离磁道定位精度的劣化成为一个问题。与此相反，在根据该实施例的方案中，由于伺服特性曲线依赖于偏离磁道位置的变化能够被抑制，因此该方案成为对付偏离磁道定位中伺服增益的偏差

的一个有效的对策。

在磁盘驱动器中，要实施寻道操作，其将磁头 12 移到目标磁道附近的位置。根据该实施例的位置探测方案也对改善寻道操作性能有贡献。通常，在寻道操作的最后阶段，磁头 12 的移动速度的变化必须要平滑。然而，当探测系统的探测倾角改变时，即使实际的速度偏差小，但是探测速度的视偏差（apparent variation）也是大的。在将磁头定位在目标磁道位置时，这引起磁道稳定性的劣化。当应用根据该实施例的位置探测方案时，不仅能够实现伺服特性保持不变，还能够实现探测速度的视偏差受到抑制。因此，磁道稳定性得到改善。因此，结果能够缩短寻道操作时间。

第一变例

作为一种根据该实施例的偏离磁道位置探测方法，应用一种利用脉冲值的方法，该脉冲值是从用于探测位置误差（偏差）的伺服脉冲图案得到的振幅值。与此相反，在根据该变例的方案中，伺服脉冲图案是用于探测相位差的倾斜图案，采用两类位置信息即正弦分量值和余弦分量值代替由信号处理单元 16 获得的振幅信息。

在根据该变例的方案中，偏离磁道位置计算单元 200 中的正切计算单元 220 其配置可以简化。这里，是在假设求出与伺服计算结果 BstAB 和 BstCD 对应的值的情况下实施处理的，该伺服计算结果是通过利用四个值即脉冲值 BstA 到 BstD 得到的。其它处理与该实施例中的相同。

下面将简要描述根据该变例的探测方法和常规相差探测方法之间的差别。

在常规的相差探测方法中，实施一个处理，该处理通过反正切变换（atan）处理将 ± 90 度（图 10 中的横坐标的两端）转换为相位换算值。与此相反，在根据该变例的方法中，将相位事件按 45 度准确划分，并且执行一个利用反函数近似式的处理，而不利用反正切变换（atan）处理本身来探测位置。在根据该变例的方法中，尽管由正弦分量值和余弦分量值构成的理想的特性曲线包括相对于偏离磁道位置的失真，但是仍然能够探测精

确的位置，并且能够改善伺服性能。

第二变例

这个变例是通过将根据该实施例的偏离磁道位置探测方案应用到在利用伪正弦波输出方案的增量式编码器的精密位置探测方案而得到的。

例如，在光盘驱动器的运载操作中，应用了使用 DC 马达的速度探测，在该 DC 马达中设置有霍尔元件。这时，在称为追踪的低速操作中，不实施速度反馈控制，因此不利地产生透镜偏移（透镜精密聚焦系统的 DC 偏移）。

作为一种改善这个缺点的方案，一种方案是在低速情况下探测在分辨率区内的霍尔元件的位置以控制透镜的位置到目标轨道位置。然而，必须要通过探测 A 相位信号和 B 相位信号之间的相位差来探测中间位置。因此，反正切处理的实现和因该 A 相位信号和 B 相位信号的正弦波引起的失真成为问题。在根据该变例的方案中，一旦完成标定处理，那么反正切换算值就能够通过三次函数计算出来，从而使得解决因 A 相位和 B 相位信号的正弦波造成的失真成为可能。

根据该实施例，能够提供一种具有伺服控制功能的磁盘驱动器，其实施利用了伺服脉冲图案的相差探测方案，从而使得高精度地探测真正的偏离磁道位置成为可能。

对本领域普通技术人员来说，另外的优点和变例是容易产生的。因此，从广义上看，本发明不限于这里所示和描述的特定的细节和代表性的实施例。因而，在不脱离所附权利要求及其等效物所限定的一般性的、创造性的思想的前提下，可以产生各种变例。

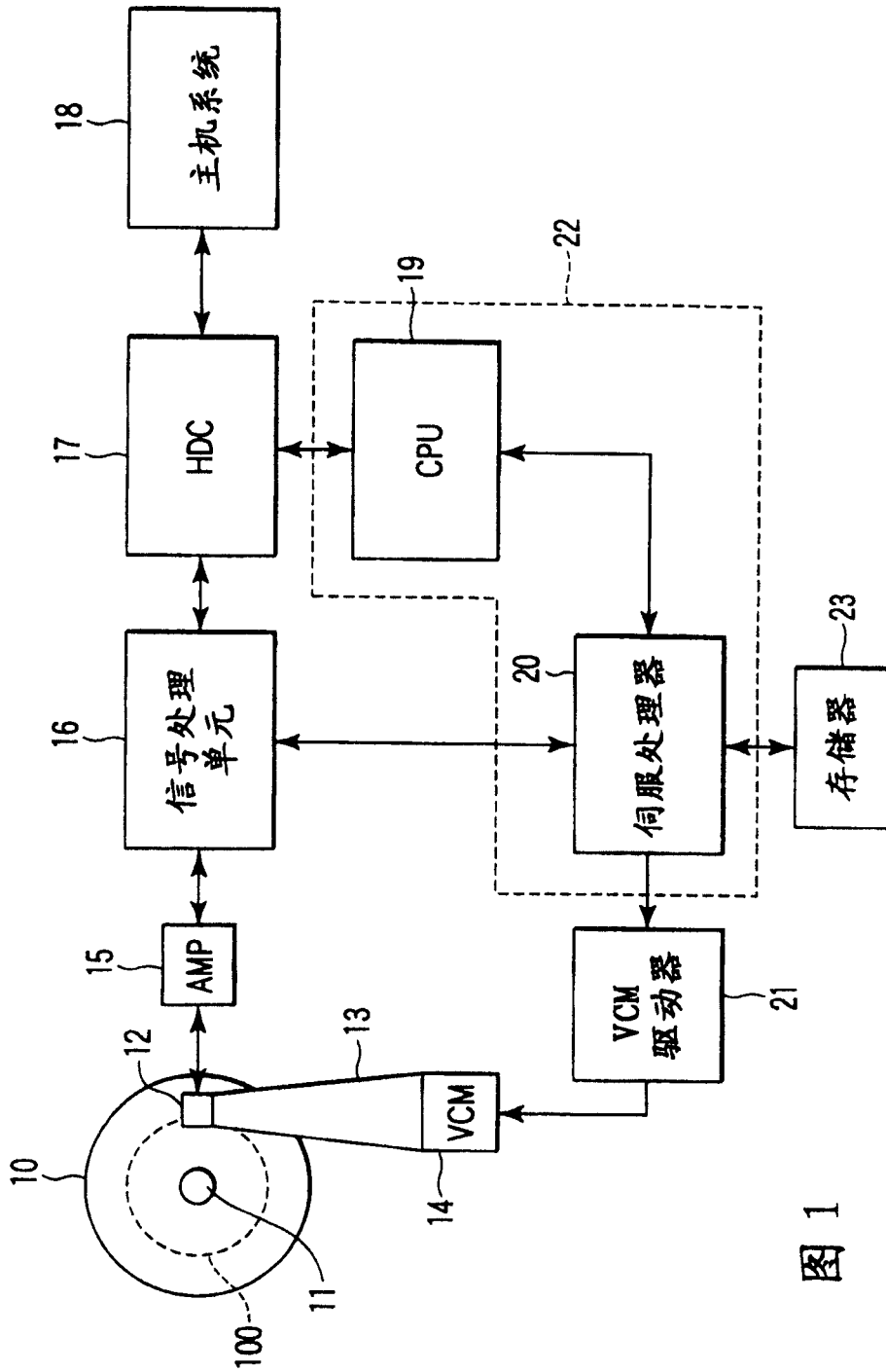


图 1

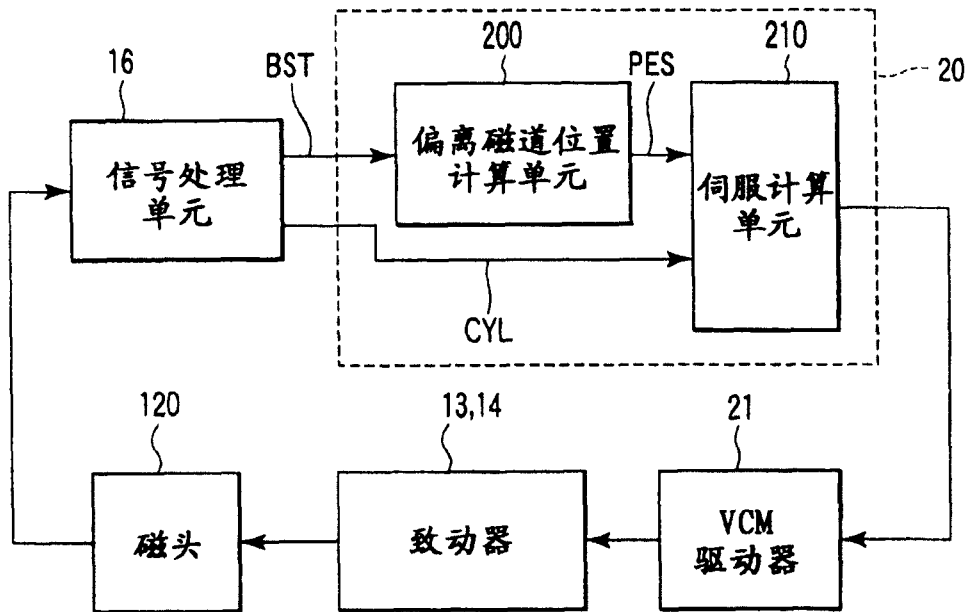


图 2

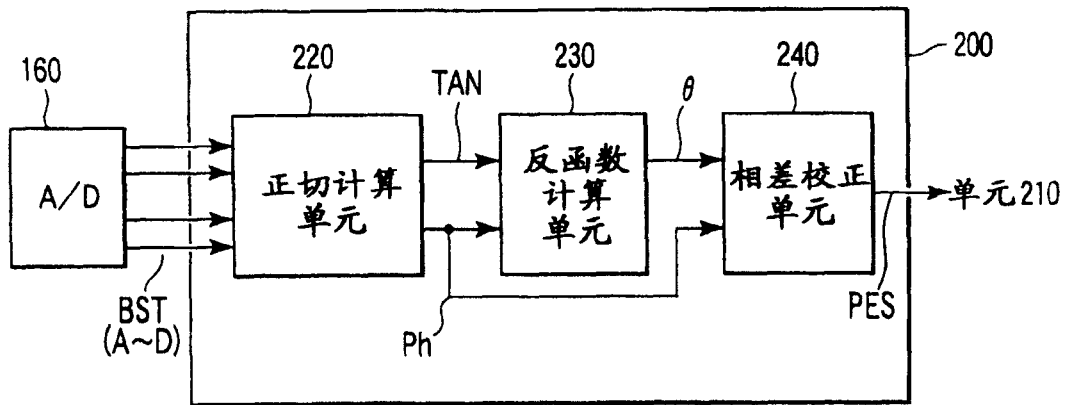


图 3

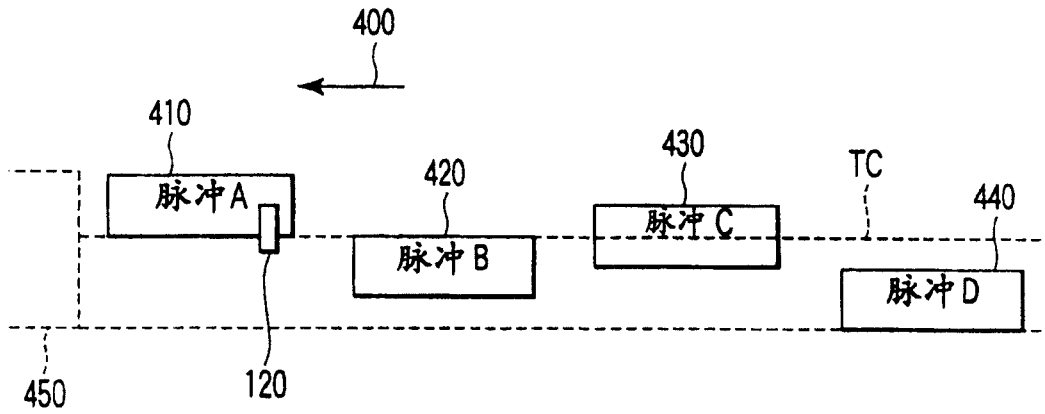


图 4

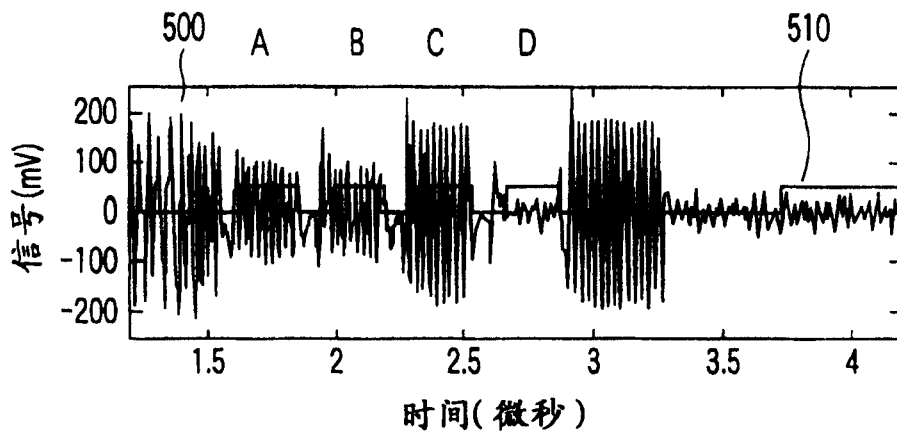


图 5

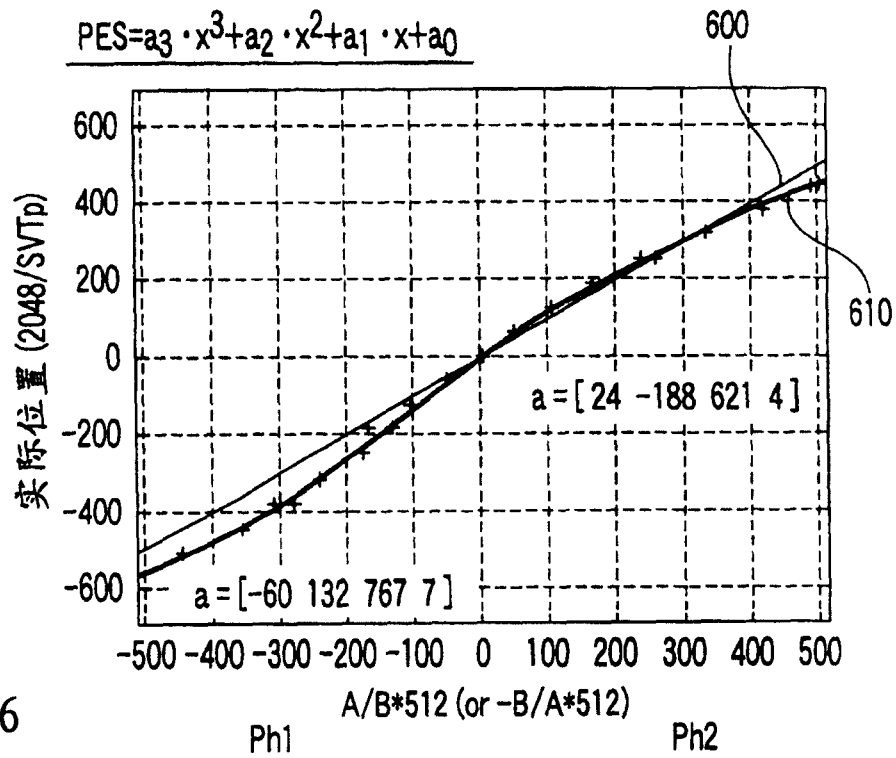


图 6

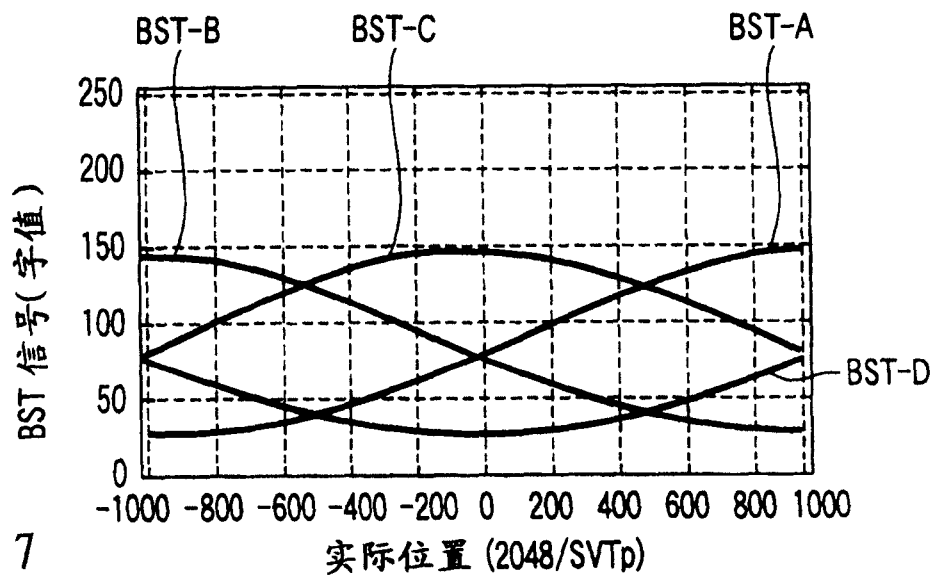


图 7

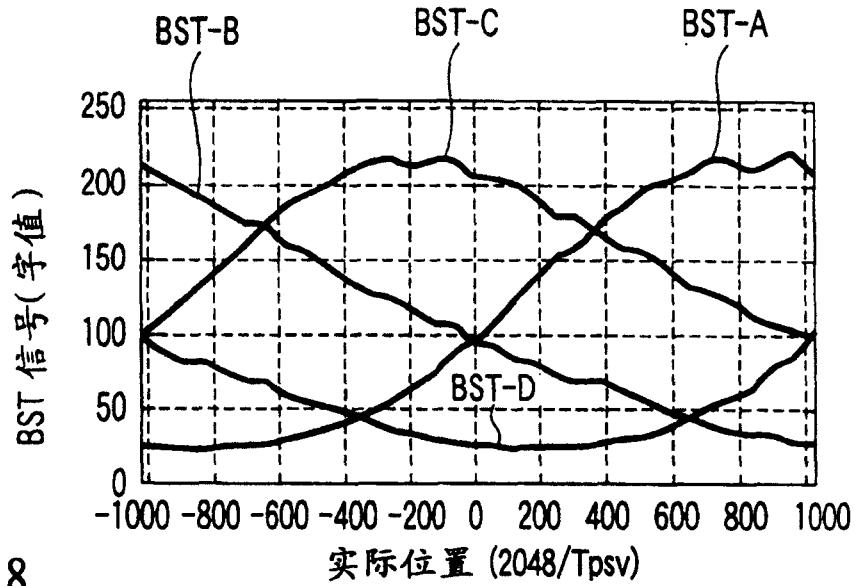


图 8

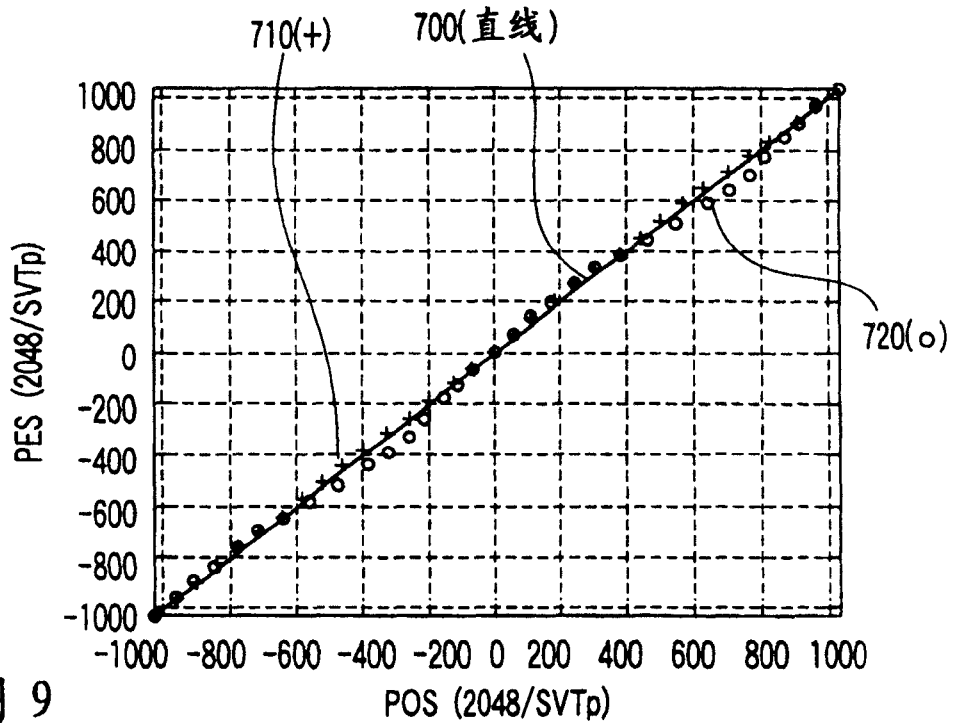


图 9

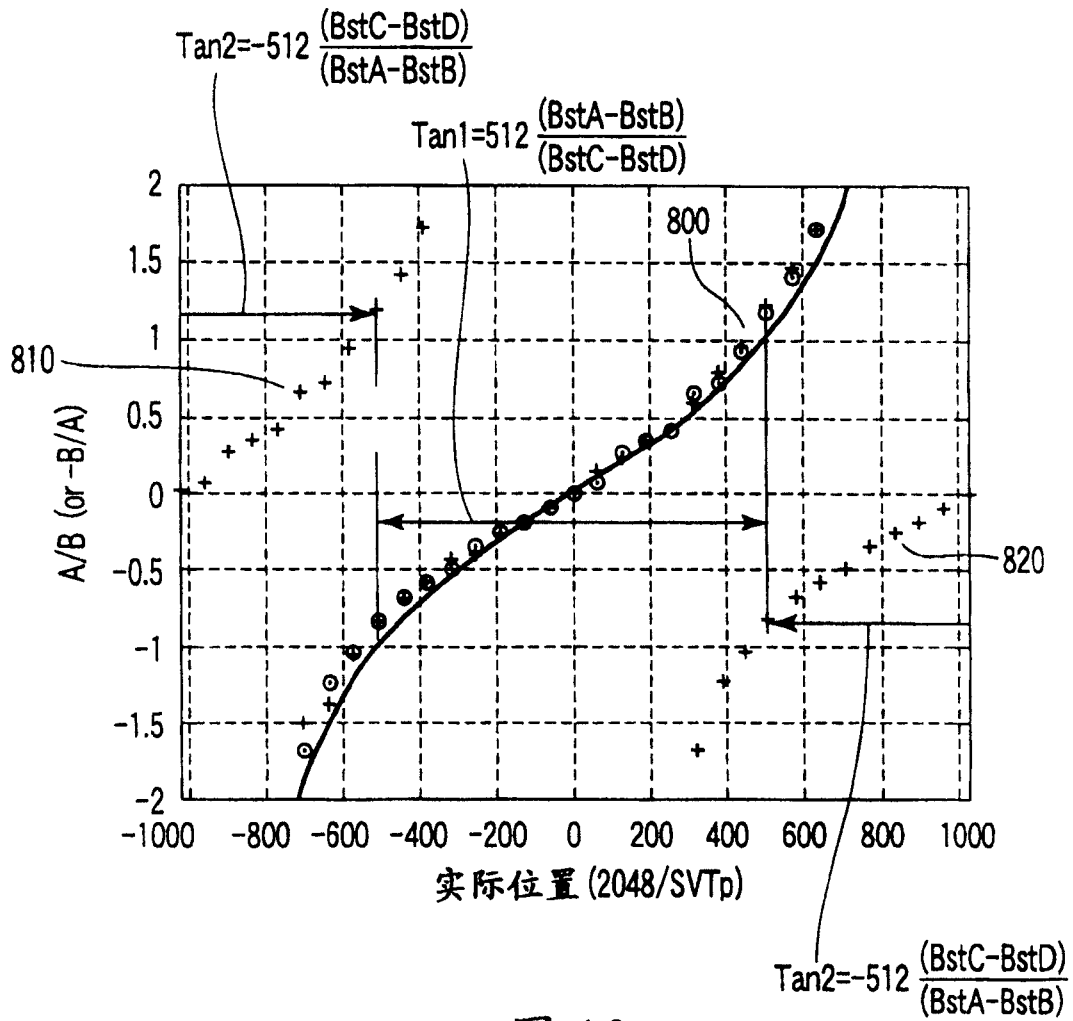


图 10

