

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G11B 5/00 (2006.01)

G11B 20/12 (2006.01)

G11B 27/28 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410058826. X

[45] 授权公告日 2006 年 12 月 20 日

[11] 授权公告号 CN 1291376C

[22] 申请日 2004.7.30

[21] 申请号 200410058826. X

[30] 优先权

[32] 2003. 7. 31 [33] JP [31] 204387/2003

[73] 专利权人 株式会社东芝

地址 日本东京都

[72] 发明人 酒井裕儿 下村和人

审查员 石红艳

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利

商标事务所

代理人 马浩

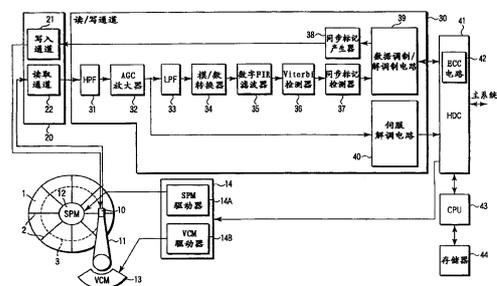
权利要求书 4 页 说明书 17 页 附图 6 页

[54] 发明名称

在磁盘中用来对同步标记进行解码的方法和装置

[57] 摘要

在一个进行垂直磁记录的磁盘驱动器中，读/写通道(30)具有一个同步标记产生器(38)。该同步标记产生器(38)会在读/写通道(30)开始向盘(1)写入数据之前产生一个第一同步标记。第二同步标记所具有的比特模式包括一系列代表正极性的比特以及一系列代表负极性的比特。稍长的那一系列比特的比特长度与第二同步标记的总比特长度的比值至少为 50%，但小于 85%。



1. 一种磁盘驱动器，包括盘状记录媒质以及一个磁头，所述盘状记录媒质所含有的每个数据扇区都具有一个第一同步标记区域、一个第二同步标记区域和一个数据区域，所述磁头在盘状记录媒质的每个数据扇区中写入数据并从所述盘状记录媒质读取数据，该磁盘驱动器特征在于包括：

用来产生第一同步标记以及第二同步标记的比特模式的同步标记产生装置，所述第一同步标记被用来检测每个数据扇区的头，所述第二同步标记与第一同步标记的比特模式不同，第二同步标记的比特模式包括代表作为磁极性的正极性的连续比特以及代表作为磁极性的负极性的连续比特，所述正极性的连续比特或所述负极性的连续比特的比特长度至少是第二同步标记总比特长度的 50%，但同时又不超过根据从数据区域再现数据过程中所能承受的误码率而设定的上限；

用来将数据信号加到磁头上的写入装置，所述数据信号包括由同步标记产生装置所产生的第一同步标记和第二同步标记；

用来通过所述磁头从所述盘状记录媒质读取所述数据信号的读取装置；以及

用来从所述读取装置读取的所述数据信号检测所述第一和第二同步标记的同步标记检测器。

2. 权利要求 1 中的磁盘驱动器，其特征在于所述正极性的连续比特或所述负极性的连续比特的比特长度与第二同步标记总比特长度的比值至少是 50%，但同时要小于 85%。

3. 权利要求 1 中的磁盘驱动器，其特征在于所述正极性的连续比特或所述负极性的连续比特的比特长度至少为 50%，且其比特长度的上限最多是根据可承受误码率的上限的 80%。

4. 权利要求 1 中的磁盘驱动器，其特征在于所述正极性的连续比特或所述负极性的连续比特的比特长度至少为 50%，且其比特长度的上限小于根据可承受误码率的上限的 100%。

5. 权利要求 1 中的磁盘驱动器, 其特征在于数据区域包括一个前序、所述第一同步标记、一个第一数据区域、所述第二同步标记和一个第二数据区域, 所述第二同步标记跟在第一数据区域之后且在第二数据区域之前, 第一数据区域在所述第一同步标记之前。

6. 权利要求 1 中的磁盘驱动器, 其特征在于第二同步标记的比特模式包括的至少一个模式由比特长度为 T_p 的第一系列比特以及比特长度为 T_m 的第二系列比特组成, 第一系列的比特表示正极性, 第二系列的比特表示负极性, 且第一系列与第二系列之间的比特数量之差最多为十 (10)。

7. 权利要求 1 中的磁盘驱动器, 其特征在于第二同步标记的比特模式不同于记录于数据区域里的用户数据比特模式。

8. 权利要求 1 中的磁盘驱动器, 其特征在于第二同步标记的比特模式包括除了“101”、“010”、“1010”、“0101”、“10101”和“01010”这六种以外的模式。

9. 权利要求 1 中的磁盘驱动器, 其特征在于数据区域包括一个第一数据区域和一个第二数据区域, 第一数据区域在第一同步标记区域之前, 第二同步标记区域跟在第一数据区域之后且在第二数据区域之前, 第二同步标记的比特模式包括第一数据区域所记录最后一个比特 (“0”或“1”), 并包括除了“101”、“010”、“1010”、“0101”、“10101”和“01010”这六种以外的模式。

10. 用于磁盘存储装置中的一个方法, 所述磁盘存储装置使用一个磁头在一个含有数据扇区的盘状记录媒质上进行垂直磁记录, 每个数据扇区都包括一个第一同步标记区域、一个第二同步标记区域和一个数据区域, 所述方法特征在于包括:

在向扇区的数据区域写入数据之前, 在第一同步标记区域中写入用来检测每个扇区头的第一同步标记; 以及

在第二同步标记区域中写入第二同步标记, 该第二同步标记在比特模式上与第一同步标记不同, 第二同步标记的比特模式包括代表作为磁极性的正极性的连续比特以及代表作为磁极性的负极性的连续比

特，所述正极性的连续比特或所述负极性的连续比特的比特长度至少是第二同步标记总比特长度的 50%，但同时又不超过根据从数据区域再现数据过程中所能承受的误码率而设定的最大上限；

通过所述磁头从所述盘状记录媒质读取一个包含所述第一同步标记和第二同步标记的数据信号；以及

从所述数据信号检测所述第一和第二同步标记。

11. 权利要求 10 中的方法，其特征在于所述正极性的连续比特或所述负极性的连续比特的比特长度与第二同步标记总比特长度的比值至少是 50%，但同时要小于 85%。

12. 权利要求 10 中的方法，其特征在于所述正极性的连续比特或所述负极性的连续比特的比特长度至少为 50%，且其比特长度的上限最多是根据可承受误码率的上限的 80%。

13. 权利要求 10 中的方法，其特征在于所述正极性的连续比特或所述负极性的连续比特的比特长度至少为 50%，且其比特长度的上限小于根据可承受误码率的上限的 100%。

14. 权利要求 10 中的方法，其特征在于第二同步标记的比特模式所包括的至少一个模式由比特长度为 T_p 的第一系列比特以及比特长度为 T_m 的第二系列比特组成，第一系列的比特表示正极性，第二系列的比特表示负极性，且第一系列与第二系列之间的比特数量之差最多为十（10）。

15. 权利要求 10 中的方法，其特征在于第二同步标记的比特模式不同于记录于数据区域里的用户数据比特模式。

16. 权利要求 10 中的方法，其特征在于第二同步标记的比特模式包括除了“101”、“010”、“1010”、“0101”、“10101”和“01010”这六种以外的模式。

17. 权利要求 10 中的方法，其特征在于数据区域包括一个前序、所述第一同步标记、一个第一数据区域、所述第二同步标记和一个第二数据区域，第一数据区域在第一同步标记区域之前，第二同步标记区域跟在第一数据区域之后且在第二数据区域之前，第二同步标记的

比特模式包括第一数据区域所记录最后一个比特（“0”或“1”），并包括除了“101”、“010”、“1010”、“0101”、“10101”和“01010”这六种以外的模式。

在磁盘中用来对同步标记 进行解码的方法和装置

技术领域

本发明涉及进行垂直磁记录的一个磁盘驱动器。更确切的，本发明涉及在磁盘的数据扇区中写入同步标记的技术。

背景技术

在以硬盘驱动器为代表的大多数磁盘驱动器中，主系统（例如个人电脑）所提供的用户数据被分成 4096 比特（512 字节）的数据块。这些数据块被记录在一个盘状记录媒质（此后称为“盘”）的记录区域中。盘的记录区域是以所谓的数据扇区为单位来管理的。每个数据块（也就是用户数据的一部分）与其它数据一起记录在一个数据扇区中。

每个数据块都以一定的形式存储在一个数据扇区中。也就是说，数据块包括一个前序、一个同步标记、用户数据以及 ECC（纠错码）数据。前序是具有一定频率的信号。该前序是为了在调整磁头从数据扇区再现的信号幅度时进行 AGC（自增益控制），或者是为了在解码时实现时钟同步。同步标记是一个用来检测用户数据头的比特模式。

现行技术的一个趋势是把同步标记分成两个同步标记。这样，用户数据也被分成两个用户数据项。第一用户数据项（比特长度：X 比特）记录在第一与第二同步标记之间，第二用户数据项（比特长度：4096-X 比特）记录在第二同步标记之后。（例如参见美国专利 5844920,1996 和日本专利申请 KOKAI Publication 2001-143406.）

第一同步标记被用来检测跟在它后面的第一用户数据项的头。它可以是一个随机模式，且其比特长度可以是大约 10 到 50 比特。在磁盘驱动器中，一个解码器会将再现的信号进行解码，从而产生一系列比特。这些比特会与第一同步标记的参考比特模式进行对比。也就是

说进行模式匹配，从而检测第一同步标记。

更确切的，当发现比特模式与参考比特模式相一致时，那么就说明检测到了第一同步标记。一旦检测到第一同步标记，跟在第一同步标记的最后一个比特之后的比特就被认为是跟在第一同步标记之后的用户数据的第一比特。接着就会开始对用户数据的解码。在实际中，如果即使除了两个比特以外的其它比特都与参考比特模式一致，那么就会认为已经检测到了第一同步标记。

热不平度(TA, thermal asperity)会导致检测不到第一同步标记，这种 TA 主要是由于作为磁头的 GMR 元件的特性所导致的。（更多关于 TA 细节参见日本专利申请 KOKAI Publication 10-49806。）如果没有检测到第一同步标记，那么系统就会尝试着去检测第二同步标记。

如果没有检测到第一同步标记而检测到了第二同步标记，那么第一用户数据项（比特长度：X 比特）就会被认为是错误数据或者已删除数据。只要需要，第一用户数据项可以通过使用了 ECC 数据的纠错过程来进行正确的解码。

如上所述，当由于热不平度(TA)而不能检测第一同步标记时就会使用第二同步标记。根据这一点，第二同步标记的比特模式就必须能够在存在热不平度的情况下也可以可靠的被检测到。

传统的进行纵向磁记录的磁盘驱动器中所使用的第二同步标记一般具有的比特模式是一系列根据 NRZ（非归零）规则安排的“0”和“1”。在纵向磁记录中，对应于这一比特模式的任何要被复制的信号都具有恒定的幅度，它们很难被“直流-消去”。

正如现有技术中所证实的，当发生了热不平度(TA)时，再现信号的基线就会偏移。结果，任何再现信号的幅度变化都可能会导致数据检测中的错误。第二同步标记比第一同步标记更容易发生由于基线偏移而造成的检测错误。

进行垂直磁记录的磁盘驱动器所再现的任何信号都具有包含直流分量的低频分量。所以，当读取通道具有对低频分量截止的传输特

性时，所有再现信号都会发生一个称为“低频带截止紧缩（low-band cutoff strain）”的基线偏移。

对于具有低频带截止特性的读取通道，第二同步标记是有问题的，这是因为它的比特模式是根据了 NRZ（非归零）规则的一系列“0”和“1”。读取通道对具有固定幅度的第二同步标记所产生的基线偏移在第二同步标记的最末端部分几乎达到最大。这样，基线偏移就会不可避免的在紧跟第二同步标记之后且具有随机比特模式的用户数据中延续一段时间。

总之，在进行垂直磁记录的任何磁盘驱动器中，第二同步标记所导致的基线偏移都会持续一段时间。所以，磁盘驱动器就有可能无法检测到紧跟在第二同步标记之后的用户数据的前几个比特。

发明内容

本发明的一个目标就在于提供一个包括了用来记录同步标记的装置的磁盘驱动器，该同步标记能够以很高的几率被检测到，且不会给跟在同步标记之后的用户数据的检测增加误码率。

该磁盘驱动器包括：一个盘状记录媒质，所述盘状记录媒质所含有的每个数据扇区都具有一个第一同步标记区域、一个第二同步标记区域和一个数据区域；一个在盘状记录媒质的每个数据扇区中写入数据的磁头；用来产生第一同步标记以及第二同步标记的比特模式的同步标记产生装置，所述第一同步标记被用来检测每个数据扇区的头，所述第二同步标记与第一同步标记的比特模式不同，第二同步标记的比特模式包括一系列代表正极性的比特以及一系列代表负极性的比特，比另一系列比特长的那一系列比特的比特长度至少是第二同步标记总比特长度的 50%，但同时又不超过对应了从数据区域再现数据过程中所能承受的误码率而设定的最大上限；以及用来将数据信号加到磁头上的写入装置，所述数据信号包括由同步标记产生装置所产生的第一同步标记和第二同步标记。

附图说明

作为说明书一部分的附图解释了本发明的实施例，它们和上面的一般性描述以及下面对实施例的具体描述一起解释了本发明的原理。

图 1 中的框图表示了根据本发明第一实施例的磁盘驱动器的主要部件；

图 2A 和 2B 表示了第一实施例中所采用的数据扇区的数据格式；

图 3A 到 3F 表示了第一实施例中所采用的第二同步标记的比特模式；

图 4 解释了第一实施例中使用的第二同步标记所希望的比特模式；

图 5A 和 5B 表示了第二同步标记的比特模式的第一变形；

图 6A 和 6B 表示了第二同步标记的比特模式的第二变形；

图 7A 和 7B 表示了第二同步标记的比特模式的第三变形；

图 8 中的框图表示了根据本发明的另一实施例的磁盘驱动器的主要部件；

图 9A 到 9C 表示了用在另一实施例中的第二同步标记的比特模式；

图 10A 到 10C 表示了用在另一实施例中第二同步标记的其它比特模式；

图 11 中的框图表示了本发明另一实施例所使用的前编码器；以及

图 12 中的框图表示了本发明另一实施例所使用的前编码器。

具体实施方式

下面将会通过参考附图来描述本发明的实施例。

图 1 中的框图表示了根据本发明第一实施例的盘磁盘驱动器的主要部件。

(磁盘驱动器的配置)

根据该实施例的磁盘驱动器是一个垂直磁性记录装置。如图 1 所

示，它包括一个盘 1、一个主轴电动机 (SPM) 12、一个探头 10、一个驱动装置、以及一个控制/信号处理电路系统。盘 1 会在垂直于它表面的方向上表现出磁各向异性。SPM12 会旋转盘 1。探头 10 包括一个写入头和一个读取头。写入头可以进行垂直磁性记录。读取头包括一个巨磁阻(GMR)元件。促动器控制着探头 10，并使得探头 10 能够在盘 1 上方的径向方向上移动。

促动器包括一个臂 11 和一个音圈电机(VCM)13。臂 11 控制着探头 10，且包括一个悬架。VCM13 会产生驱动力。微处理器 (CPU) 43 会对促动器进行伺服控制，从而使得促动器能够将探头 10 移动到盘 1 上的一个目标位置 (也就是盘 1 的一个目标磁道)。

控制/信号处理电路系统具有一个探头放大电路 20、一个读取/写入 (R/W) 通道 30、一个硬盘控制器 (HDC) 41、CPU43、存储器 44 以及一个电机驱动器 14。电机驱动器 14 将驱动电流提供给 VCM13 和 SPM12。

HDC41 被作为磁盘驱动器和主系统 (例如一台个人电脑或者一个数字设备) 之间的接口。它能够传送从盘 1 读取的数据 (此后将被称为“读取数据”) 以及将要写入盘 1 的数据 (此后将被称为“写入数据”)。HDC41 含有一个纠错电路 (ECC) 42，从而就可以确定从读/写通道 30 得到的读取数据是不是有错。如果读取数据出错，那么 HDC41 就会纠正读取数据。

CPU43 是磁盘驱动器的主要控制部件。换句话说，伺服系统的主要元件伺服控制了促动器，能够最终将探头 10 移动到目标磁道。CPU43 会根据读/写通道 30 中所提供的伺服解调电路 40 所产生的伺服数据，来控制探头 10 的查找操作和跟踪。更具体的，CPU43 控制了加在电机驱动器 14 中 VCM 驱动器 14B 上的控制电压。通过对其输入电压控制，VCM 驱动器 14A 就驱动和控制了促动器的 VCM13。

存储器 44 包括一个 RAM、一个 ROM 以及一个闪存 EEPROM。它记录了用来控制 CPU43 的程序以及多个控制数据项。除了 VCM 驱动器 14B 之外，电机驱动器 14 还包括一个 SPM 驱动器 14A。SPM 驱

动器 14A 驱动了 SPM12。

探头放大电路 20 具有一个写入放大器 21 和一个读取放大器 22。写入放大器 21 将写入数据转换成将被送到写入头上的记录电流。读取放大器 22 将读取头从盘 1 所读取的任何信号进行放大。被放大的信号被送到读/写通道 30。读取头所读取的信号对应了由写入头通过垂直磁记录二写到盘 1 中的数据（也就是同步信号和用户数据）。

读/写通道 30 具有两个子通道，也就是读取通道和写入通道。写入通道具有一个同步标记产生器 38 和一个数据调制器。该数据调制器与一个数据解调器（将在下面描述）一起组成了数据调制/解调制电路 39。该数据调制/解调制电路 39 会以一个预设的编码率 M/N 来进行运行宽度限制（RLL）编码/解码。（也就是说，电路 39 会将 M 比特用户数据编码成要记录的 N 比特数据。）

正如下文中所要提到的，同步标记产生器 38 会产生与盘 1 中每个扇区数据格式相一致的两个比特模式（比特列）。这两个比特模式对应了第一同步标记和第二同步标记。这些比特模式会被加到在被数据调制/解调制电路 39 调制后将而写入的用户数据中（见图 2）。

读取通道包括一个高通滤波器（HPF）31、一个自增益控制（AGC）放大器 32、一个低通滤波器（LPF）33、一个模数（A/D）转换器 34、一个数字有限冲击响应（FIR）滤波器 35、一个 viterbi 探测器 36、一个同步标记检测器 37 以及伺服解调电路 40。

HPF31 可以将直流偏置屏蔽在 AGC 放大器 32 以及读取放大器 22（提供在探头放大电路 20 中）之外，从而实现交流耦合。AGC 放大器 32 能够对自身进行控制，从而将复制自盘 1 的任何信号放大到一个理想的恒定幅度。LPF33 能够将高于预设频带的任何频率的噪声清除出去。

A/D 转换器 34 能够将来自盘 1 的模拟信号转换成数字信号。数字 FIR 滤波器 35 会对数字信号进行均衡，对该信号加入一个 perpartial response(PR)类型的波形，从而使得信号变得适合于诸如 PR3 方案的垂直磁记录。

所述 viterbi 检测器 36 通过使用 viterbi 算法来检测记录的比特，所述 viterbi 算法指的是将具有所希望的 PR 波形的数字信号解码成具有最大相似度的信号。

同步标记检测器 37 会进行比特模式匹配，从而就可以从 viterbi 检测器 36 所检测到的比特中发现第一同步标记。在长于应该检测到第一同步标记的时间且短于应该监测到第二同步标记的时间的这样一个时间段内，同步标记检测器 37 有可能检测不到第一同步信号。在这样的情况下，同步标记检测器 37 会通过比特匹配来检测第二同步标记。

伺服解调电路 40 会将来自盘 1 伺服扇区 2 的再现信号进行解调，从而产生伺服信号。伺服信号就是已经记录在伺服扇区区域 2 中的伺服数据。（伺服数据包括一个圆柱码和一个伺服-突发信号。）

（数据格式）

如图 2A 所示，盘 1 在两个表面上都有多个数据道 3。数据道 3 是彼此共心的。如图 2A 所示，每个数据道 3 包括多个数据扇区 4。在磁盘驱动器中，从主系统中传送过来的数据会被分成数据块，这些数据块被记录在盘 1 的数据扇区 4 中。

数据调制/解调制电路 39 会以一定的编码比 M/N 对用户数据进行调制，从而产生 Y 比特数据。该 Y 比特数据被记录在数据扇区 3 中。如图 2B 所示，该 Y 比特数据按照其再现顺序包括一个前序 100、第一同步标记 110、第一用户数据项 120、第二同步标记 130、第二用户数据项 140、ECC 数据 150 以及后序 160。第一用户数据项 120 是一个包含 X 比特的调制数据。第二用户数据项 140 是包含 $(X-Y)$ 比特的调制数据。ECC 数据也是被调制的。

前序 100 是一个能够将探头 10 从数据扇区中所读取的任何信号幅度调整到预定值的 ACT，或者是一个能够在对数据进行解码的过程中进行时钟同步的一定频率的信号。第一用户数据项 120 是具有 X 比特长度的调制数据，它是编码字的比特长度 N 的 N 倍。

（同步标记的检测与数据写入）

下面将通过参考图 3A 到 3F 以及图 4，还有图 1 和图 2A、2B 来解释本实施例中同步标记的写入。首先将描述同步标记是怎样被检测的。

在磁盘驱动器中，CPU43 通过将探头移动到作为盘 1 的目标磁道的数据道 3 上来进行伺服控制（也就是对探头进行定位）。探头 10 会向或从数据道 3 中的数据扇区 4 读取或者写入数据。从数据扇区 4 读取的数据或者即将写入数据扇区 4 的数据包括第一同步标记 110 以及第二同步标记 130，还包括用户数据项 120 和 140。

在数据读取操作中，当同步标记检测器 37 检测到第一同步标记 110 时，数据调制/解调制电路 39 就会对第一用户数据项 120 进行解调（或解码）。当同步标记检测器 37 检测到第二同步标记 130 时，数据调制/解调制电路 39 就会对第二用户数据项 140 进行解调（或解码）。然后，同步标记检测器 37 就会对 viterbi 检测器 36 所输出的一系列比特与一个同步标记的参考比特模式进行模式匹配，这里所述的 viterbi 检测器 36 已经对数字再现信号进行了解码。当发现这一些列比特与参考比特模式是一样的时候，同步标记检测器 37 就会向数据调制/解调制电路 39 输出表示模式匹配的结果的数据。

从模式匹配的结果中，数据调制/解调制电路 39 就可以确认紧跟在同步标记最后一个比特之后的比特组成了被调制的用户数据。然后，电路 39 就会将被调制的 N 比特再现数据解调成 M 比特用户数据，也就是原始数据。

即使 S 比特同步标记中所有比特所组成的模式不完全与参考比特模式相同，同步标记检测器 37 也会认为同步标记已经被检测到。例如，如果 S 比特同步标记中的(S-1)比特或者(S-2)比特与参考比特模式中对应比特相同，那么检测器 37 就会认为已经检测到同步标记。

同步标记检测器 37 首先会检测第一同步标记 110。如果成功检测到第一同步标记 110，从对应第二同步标记 130 的比特中所提取的比特就形成了从 viterbi 检测器 36 中输出的一系列比特。这些比特被提供到数据调制/解调制电路 39。

如果同步标记检测器 37 没有检测到第一同步标记 110, 它检测第二同步标记。可以预测从数据扇区开始再现数据到可以检测到第一同步标记的时间。同样也可以预测能够检测到第二同步标记的时间。这样, 如果经过的时间长于检测第一同步标记所需的预测时间而又短于检测第二同步标记所需的预测时间, 同时又没有检测到第一同步标记 110, 那么就可以确保不可能检测到第一同步标记 110。

同步标记检测器 37 有可能会检测不出第一同步标记 110, 而成功检测到第二同步标记 130。如果是这样, 数据调制/解调制电路 39 就会对跟在第二同步标记 130 后面的第二用户数据项 140 进行解调。所得到的解调数据是比特长度为 $(Y-X) \times N/M$ 的用户数据。数据调制/解调制电路 39 会在解调数据的头部加上一些数据项, 例如对应第一用户数据项 (X 比特) 的 $(X \times N)/M$ 个“0”。该数据项与解调数据的组合被输出到 HDC41。

在 HDC41 中, ECC42 所使用的 ECC 数据 150 包含在数据调制/解调制电路 39 所输出的解调数据 150 中。这样, ECC42 就会对比特长度为 $(X \times N)/M$ 且对应了第一用户数据项的数据进行纠错, 从而对第一用户数据项 (比特长度: X) 进行了解码。

要加到用户数据中的 ECC 数据 150 可以是诸如 RS (Reed-Solomon) 码这样的纠错码。ECC 数据 150 可以是含有 GF(210) 比特且包含 40 个符号 (400 比特) 的 RS 码。在这种情况下, 最多可以对 20 个符号 (200 比特) 进行纠错。这样, 只要 $(X \times N)/M$ 等于或小于 400 ($(X \times N)/M \leq 400$), 那么即使数据项 110, 也就是比特长度为 $(X \times N)/M$ 的解调数据, 彻底错了, ECC42 也能够可靠的对第一用户数据项 110 进行解调。

(第二同步标记的写入)

正如前文所指出的, 由于热不平度(TA)所导致的再现信号中的基线偏移, 在从盘 1 中读取数据时有可能检测不到第一同步标记 110。通常, TA 会在探头接触到盘 1 上的微小突起 (缺陷) 时发生, 从而不可避免的对再现信号产生基线偏移。

基线偏移是基线发生的阶梯式的改变。它会沿着一条指数函数所表示的曲线逐渐减小，直到再现信号的基线变成一个正常的值。当信号的基线发生变化时，信号的幅度就会变化。数据检测的错误就不可避免的会发生。数据检测错误尤其会在读/写通道 30 中发生。这是因为第一同步标记 110 的模式是用户数据所不具有的随机比特模式。

根据这一点，第二同步标记 130 所具有的比特模式就最好能够在再现信号的基线发生改变的情况下，也能使得第二同步标记 130 以较高的几率被检测到（也就是在所有的检测错误的风险时）。

更确切的，第二同步标记 130 所具有的模式必须具有长的直流-消去区域，其中逐个排列的只有多个“0”或者多个“1”，从而使得再现信号能够在同样的幅度上保持较长的时间。换句话说，第二同步标记 130 所希望具有的比特模式中的比特对应了盘 1 的被正磁化或者负磁化的那些部分。

然而，根据本实施例的磁盘驱动器是进行垂直磁记录的。所以，如果 TA 造成了基线偏移，那么该偏移会在具有恒定幅度的第二同步标记 130 最末端达到最大值。所以，在紧跟着第二同步标记 130 的第二用户数据项的开始部分也会存在基线偏移。

第二用户数据项 140 具有的比特模式几乎是随机的。所以，如果第二同步标记 130 具有的比特模式给第二同步标记 130 加入了一个长的直流-消去区域，那么第二用户数据项就不能被可靠的检测。从而就会在检测比特时产生错误。

这是因为垂直磁记录的读/写通道 50 具有一个低频带频率截止的特性。所以，在具有连续多个“0”或“1”序列的第二同步标记 130 种就会发生基线偏移。该基线偏移是一种低频带频率截止紧缩，因此是一个问题。

根据本实施例的磁盘驱动器会在写入数据的过程中在盘 1 的一个数据扇区中写入第二同步模式 130。该第二同步模式 130 在发生基线偏移的情况下也能够被可靠的检测到，同时它不会降低对跟在第二同步标记 130 之后的第二用户数据项 140 进行检测的能力。适合作为第

二同步标记 130 的比特模式将在下文中描述。

图 4 中的实验表明了第二同步标记 130 会怎样影响对第二用户数据项 140 的检测能力，这里的第二用户数据项被记录在存有第二同步标记的区域之后的部分。在图 4 中，x 轴表示了同样极性（也就是，全“0”或全“1”）的连续比特对组成第二同步标记 130 的所有比特的比值（%）。而 y 轴表示了再现第二用户数据项 140 时所观察到的误码率（对数坐标）。

该实验的假设在于可忍受的最高误码率为-6。正如图 4 所明示的，在第二同步标记 130 所应该具有的理想比特模式中，相同极性的连续比特（也就是多个“0”或“1”）占有所有比特的比值至少为 50%但要小于 85%。换句话说，在第二同步标记 130 的比特模式中，相同极性的连续比特（也就是 k 个“0”或“1”）占有所有比特的比值不应为 80%或更多。

假设第二同步标记 130 的比特模式具有定义了比特长度 T_m 的连续比特“0”（每个都代表了负的极性），以及定义了比特长度 T_p 的连续比特“1”（每个都代表了正的极性）。

记录在盘 1 中组成第二同步标记 130 的两种比特模式可以具有相同的比特长度，也就是 $T_p = T_m$ 。换句话说，组成第二同步标记 130 的一半（50%）数量的比特代表正的极性，而剩下的一半（50%）数量的比特代表负的极性。这种类型的比特模式被称为“直流平衡模式”。

可替换的，第二同步标记 130 可以至少具有两种比特模式，其中比特长度 T_p 和 T_m 满足 $|T_p - T_m| \leq 10$ 比特。

通常，第二同步标记 130 的比特长度为 20 比特或者更大。假设第二同步标记 130 的总比特长度为 20 比特，两个比特模式的比特长度 T_p 和 T_m 满足 $|T_p - T_m| \leq 10$ 比特。那么，让 $T_p = 15$ 、 $T_m = 5$ 。这样，相同极性比特所定义的最长比特长度占组成第二同步标记 130 的所有比特的比值就是 $0.75 (= 15/20)$ 。该比值满足了上述要求，也就是相同极性的连续比特占有所有比特的比值至少为 50%但要小于 85%。

第二同步标记 130 最好不包含 NRZ-记录规则的比特模式，这是因为它们很可能在 PRML 系统中导致标记 130 的检测失误。（在

NRZ-记录规则中，比特“0”和“1”是交替记录在盘 1 中的，其中每个比特“0”代表负极性，而每个“1”代表正极性。) 更具体的，第二同步标记 130 不能包含“101”、“010”、“1010”、“0101”、“10101”或“01010”这样的比特模式。第二同步标记 130 所包含的比特模式最好也不要含有表示用 RLL 调制的用户数据或者 ECC 数据的记录比特。

下面将通过参考图 3A 到 3F 来描述一个满足了上述要求的第二同步标记 130 的比特模式。

图 3A 和 3D 代表了同步标记 130 中所包含的比特模式。该比特模式由 S1 和 S2 这两个区域组成。区域 S1 都为比特“0”(表示负极性)，且比特长度为 T_m 。区域 S2 都为比特“1”(表示正极性)，且比特长度为 T_p 。注意这里的比特长度 T_m 和 T_p 是相等的 ($T_m=T_p$)。

如图 3A 所示，比特长度 L 为 1 的第二同步标记 130 的第一区域 A 不会组成像“101”或“010”这样的比特模式。如果第一用户数据项 120 的最后一个比特 K 是“1”，那么比特“1”就会被记录在第一区域 A 中。这是因为如果在第一区域 A 中记录“0”的话，那么就会形成“101”这样的模式。

如图 3D 所示，如果用户数据项 120 的最后一个比特 K 是“0”，那么记录到第一区域 A 的比特就会是“0”。这是因为如果在第一区域 A 中记录“1”的话，那么就会形成“010”这样的模式。

所以，第二同步标记 130 的比特模式会根据第一用户数据项 120 的最后一个比特 K 的值而发生图 3A 和图 3D 所示的改变。但是，第二同步标记 130 的第一区域 A 中的比特不用于同步标记检测器 37 所进行的比特模式匹配操作。

用户数据和 ECC 数据是用 RLL 码进行调制的。NRZI-记录规则中最大的运行宽度为 10 比特。也就是说，代表相同极性的连续比特的数量应该为 10 或者更少。

在第二同步标记 130 的比特模式中，区域 S1 和区域 S2 各自具有 11 比特。第二同步标记 130 的比特模式既不会包含用户数据的比特模式也不会包含 ECC 数据的比特模式。注意，用户数据和 ECC 数据都

是用 RLL 码进行调制的。

图 5A 和 5B 表示了第二同步标记的比特模式的第一变形。图 6A 和 6B 表示了该比特模式的第二变形。图 7A 和 7B 表示了该比特模式的第三变形。

图 5A 和 5B 的两个比特模式与图 3A 和 3D 的不同之处在于，区域 S1 是由比特“1”所定义的，区域 S2 是由比特“0”所定义的。但区域 S1 的比特长度 T_p 与区域 S2 的比特长度 T_m 是相等的。

也就是说，比特“1”都被记录在区域 S1，它们中的每个都表示了正极性，而比特“0”都被记录在区域 S2，它们中的每个都表示了负极性，也就是，第二同步标记 130 包含的比特模式是由区域 S1 和区域 S2 所组成的。

图 5A 的比特模式中的第一区域 A 是比特“1”，这是因为第一用户数据项 120 的最后一个比特 K 是“1”。相反的，图 5B 的比特模式中的第一区域 A 是比特“0”，这是因为第一用户数据项 120 的最后一个比特 K 是“0”。

图 6A 和 6B 中的比特模式的特征在于，区域 S1 和 S2 的比特长度不同。更确切的，由比特“0”所定义的区域 S1 的比特长度 T_m 小于区域 R2 的比特长度 T_p 。也就是， $T_m < T_p$ 。注意 $|T_p - T_m| = 1 \leq 10$ 比特。

这样，比特“0”（代表负极性）就被记录在区域 S1 中，其比特长度相应的就是 T_m 。而比特“1”（代表正极性）就被记录在区域 S2 中，其比特长度相应的就是 T_p 。从而，第二同步标记 130 具有的比特模式就包含区域 S1 和 S2。

图 6A 的比特模式中的第一区域 A 是比特“1”，这是因为第一用户数据项 120 的最后一个比特 K 是“1”。相反的，图 6B 的比特模式中的第一区域 A 是比特“0”，这是因为第一用户数据项 120 的最后一个比特 K 是“0”。

图 7A 和 7B 中的比特模式都包含有区域 A、S1、S2、S3 和 S4。区域 A 的比特长度为 L。区域 S1 和 S3 是由比特“0”定义的，且比特长度分别为 T_{m1} 和 T_{m2} 。区域 S2 和 S4 是由比特“1”定义的，且比特

长度分别为 T_{p1} 和 T_{p2} 。注意, $|T_p - T_m| = 1$ 。区域 A、S1、S2、S3 和 S5 组成了第二同步标记 130 的比特模式。

图 7A 的比特模式中的第一区域 A 是比特“1”, 这是因为第一用户数据项 120 的最后一个比特 K 是“1”。另一方面, 图 7B 的比特模式中的第一区域 A 是比特“0”, 这是因为第一用户数据项 120 的最后一个比特 K 是“0”。

综上, 当在图 2B 所示的扇区格式中写入数据时, 作为第一同步标记 110 写入的是一个普通随机模式, 而作为第二同步标记 130 写入的是满足图 4 所示要求的比特模式。

第二同步标记 130 所包含的比特模式中, 一半 (50%) 是由代表负极性的连续比特“0”所定义的, 而剩下的一半 (50%) 是由代表正极性的连续比特“1”所定义的。

区域 A (也就是第二同步标记 130 的第一区域) 中的比特会根据第一用户数据的最后一个比特的值而取“0”或者“1”。这样, 第二同步标记 130 就不会包含有可能导致标记 130 检测错误的比特模式, 例如“101”、“010”、“1010”、“0101”、“10101”或“01010”。

在根据本实施例进行垂直磁记录的磁盘驱动器中, 即使在从盘 1 读取数据时第二同步标记 130 发生了 TA 所导致的基线偏移, 第二同步标记 130 也能以很高的几率被检测到。这就降低了再现第二用户数据项 140 时的误码率。

(另一实施例)

图 8、图 9A 到 9C、图 10A 到 10C、图 11 以及图 12 表示了本发明的另一个实施例。

图 8 中的框图表示了根据本发明另一实施例的磁盘驱动器的主要部件。如图 8 所示, 该磁盘驱动器包括一个前编码器 71 和一个后编码器 72。前编码器 71 和后编码器 72 分别包含在写入通道和读取通道中。该磁盘驱动器在其它方面与图 1 中的磁盘驱动器相同。与图 1 所示磁盘驱动器相同的部件在这里采用相同的附图标记, 并且这里对它们将不再描述。

如图 11 所示, 前编码器 71 具有一个异或门 710 和两个 1 比特延时元件 711 和 712。前编码器 71 电路的传输特性由传输多项式 $1/1-D^2$ 来表示。

如图 12 所示, 后编码器 72 具有两个 1 比特延时元件 720 和 721 以及一个异或门 722。后编码器 72 电路的传输特性由传输多项式 $1-D^2$ 来表示。

在图 8 所示的读/写通道 70 中, 用户数据将按照下面所述的方式写入到盘 1 上的。首先, 数据调制/解调制电路 39 会使用具有一定编码比 (M/N) 的 RLL 码将加入到数据中的用户数据和 ECC 数据进行调制。接着, 前编码器 71 对用户数据和 ECC 数据进行调制。然后, 探头 10 将输出的数据记录到盘 1 上。

为了从盘 1 读取数据, viterbi 检测器 36 会检测一系列数据比特。后编码器 72 对这些将被送到数据调制/解调制电路 39 的一系列比特进行解调。电路 39 将这一系列比特进行解调。

在另一个实施例中, 第二同步标记 130 的比特模式被设计成被前编码器 71 所调制的模式。也就是说, 第二同步标记 130 的比特模式与后编码器 72 所解调的比特模式一致。

同样在另一个实施例中, 第二同步标记 130 的比特模式使得即使第二同步标记 130 由于 TA 而发生了基线偏移, 第二同步标记 130 也可以被可靠的检测到。该比特模式不会降低对于跟在第二同步标记 130 后面的第二用户数据项 140 的检测能力。更确切的, 在该比特模式中, 相同极性 (正或负) 的连续比特占有所有比特的比值是从 50% 到 85%。此外, 第二同步标记 130 至少包括的一个比特模式含有比特长度为 T_p 的区域, 该区域由代表正极性的连续比特“1”组成, 还含有比特长度为 T_m 的区域, 该区域由代表负极性的连续比特“0”组成, 其中 $|T_p - T_m| = 1 \leq 10$ 比特。

此外, 第二同步标记 130 不包含 NRZ-记录规则的比特模式, 这是因为它们很可能在 PRML 系统中导致标记 130 的检测失误。(在 NRZ-记录规则中, 比特“0”和“1”是交替记录在盘 1 中的, 其中每个比

特“0”代表负极性，而每个“1”代表正极性。)换句话说，第二同步标记 130 不能包含“101”、“010”、“1010”、“0101”、“10101”或“01010”这样的比特模式。第二同步标记 130 所包含的比特模式也不含有表示用 RLL 调制的用户数据或者 ECC 数据的记录比特。

图 9A 到 9C 表示了用在另一个实施例中的第二同步标记 130 的比特模式。

图 9A 表示了在第一同步标记 110 与第二同步标记 130 之间的第一用户数据 120 的最后一个比特为“1”时第二同步标记 130 所具有的比特模式。该比特模式包括两个区域 S1 和 S2。区域 S1 由连续的比特“0”（代表负极性）所定义。区域 S2 由连续的比特“1”（代表正极性）所定义。区域 S1 和 S2 所具有的比特长度分别为 T_p 和 T_m 。比特长度 T_p 和 T_m 是相等的。

图 9B 表示了在第一同步标记 110 与第二同步标记 130 之间的第一用户数据 120 的最后一个比特为“0”时第二同步标记 130 所具有的比特模式。该比特模式与图 9A 中所示的比特模式相反。也就是说，该比特模式包括两个区域 S1 和 S2。区域 S1 由连续的比特“1”（代表正极性）所定义。区域 S2 由连续的比特“0”（代表负极性）所定义。

正如上文中结合第一实施例所述的，第二同步标记 130 的比特长度为 1 的第一区域 A 使得“101”或“010”这样的比特模式不会出现。如果第一用户数据项 120 的最后一个比特 K 是“1”，那么比特“1”就会被记录在第一区域 A 中。这是因为如果在第一区域 A 中记录“0”的话，那么就会形成“101”这样的模式。

如果用户数据项 120 的最后一个比特 K 是“0”，那么记录到第一区域 A 的比特就会是“0”。这是因为如果在第一区域 A 中记录“1”的话，那么就会形成“010”这样的模式。这就是为什么记录在第一区域 A 中的是一个比特“0”。

在该实施例中，同步标记检测器 37 会通过使用从后编码器 72 输出的一系列比特来进行比特匹配。根据 viterbi 检测器 36 从第一用户数据项 120 所检测到的比特，第二同步标记 130 的第一区域 A 中的比

特会在从后编码器 72 输出时发生改变。换句话说，区域 A 的第一比特是可变的。所以，在用来检测第二同步标记 130 的比特模式匹配中是不使用区域 A 中的第一比特的。

图 10A 到 10C 表示了用在本发明另一个实施例中的第二同步标记 130 其它比特模式。在这些比特模式中，区域 S1 和 S2 的比特长度为 L1 和 L2，其中 $|L1-L2|=1$ 。

上述两个实施例都是进行垂直磁记录的磁盘驱动器。它们可以减小对紧跟在第二同步标记后的数据进行解码的负面影响，从而获得数据解码的低误码率。

此外，在两个实施例中，第二同步标记都可以可靠且正确的被检测。这就减少了数据解码重试的次数，从而提高了数据吞吐量。

综上，本发明提供的磁盘驱动器能够以很高的几率检测同步标记，并且在跟着同步标记的用户数据进行复制时不会增加误码率。

熟悉技术的人很容易发现其它的优点以及改动。所以，在广义上，本发明不限于这里所展示和说明的具体细节以及实施例。相应的，可以在不偏离所附权利要求及其等效内容所定义的一般发明概念的精神或范围的情况下作多种改动。

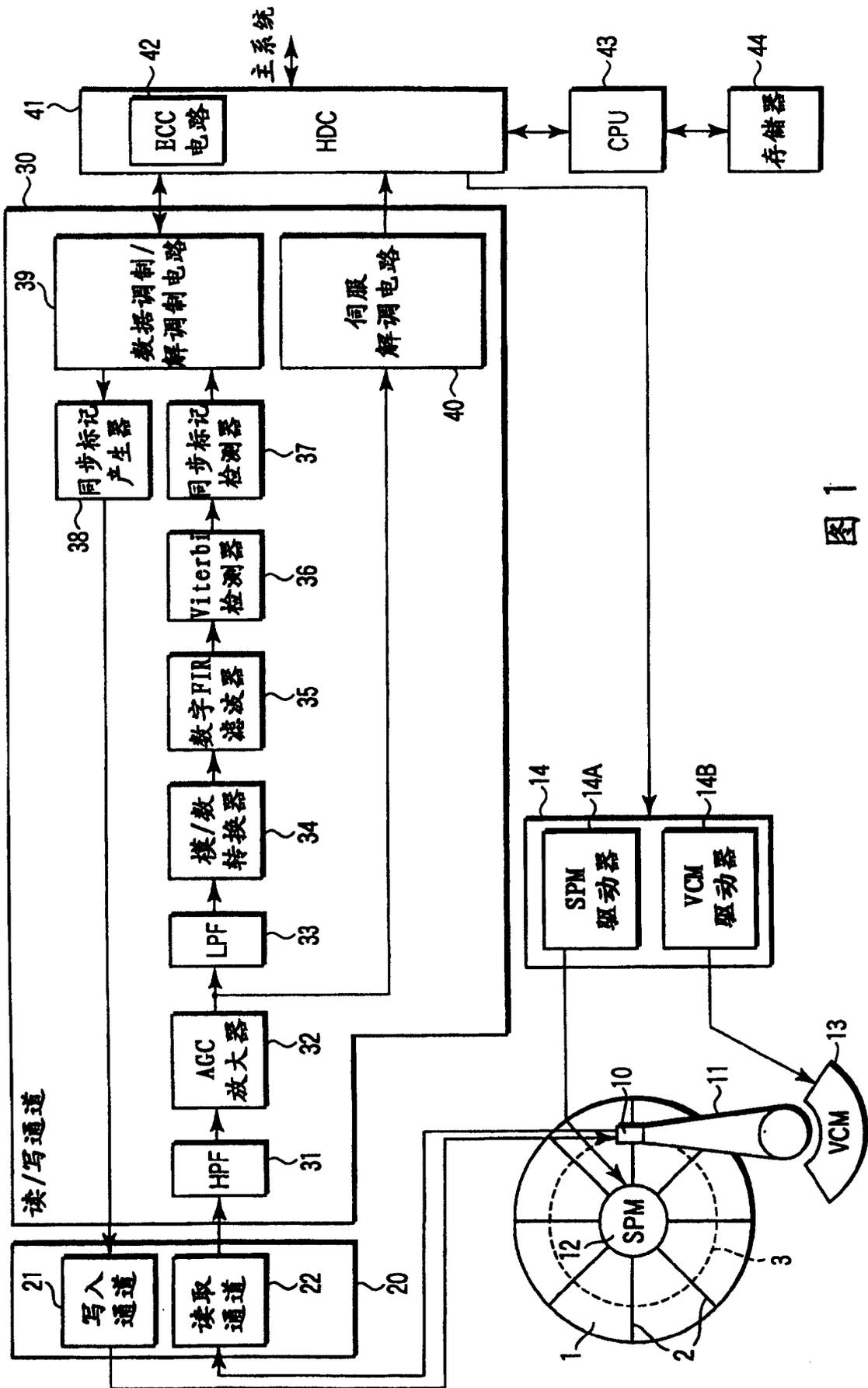
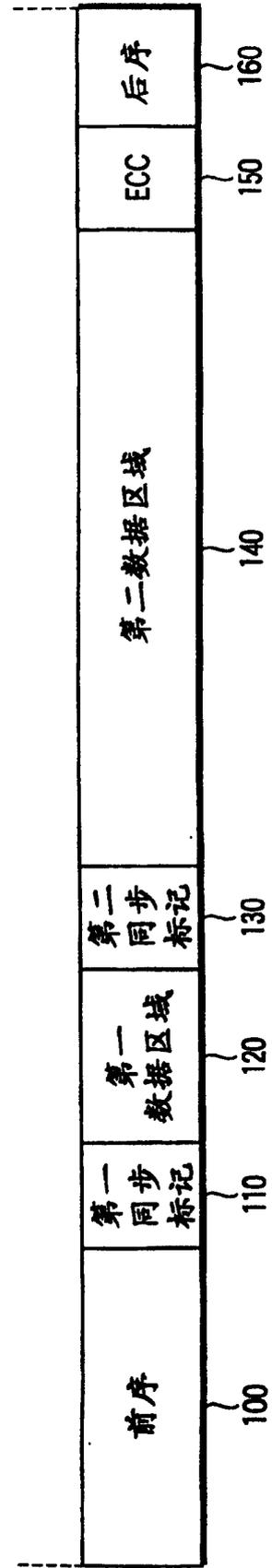
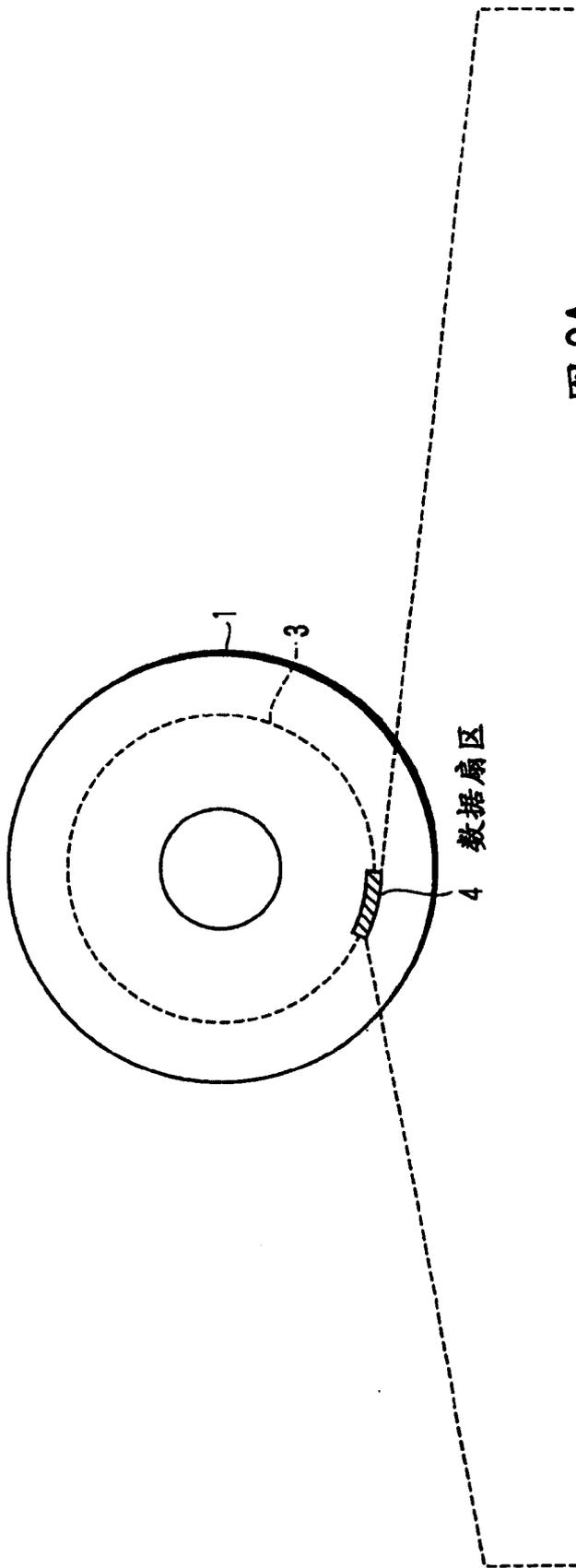


图 1



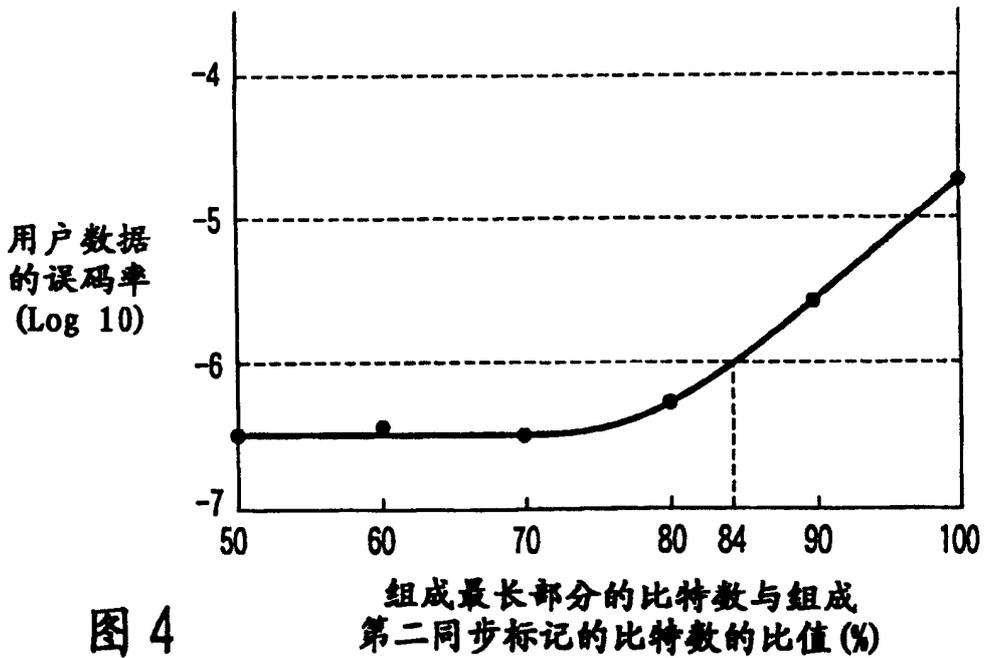
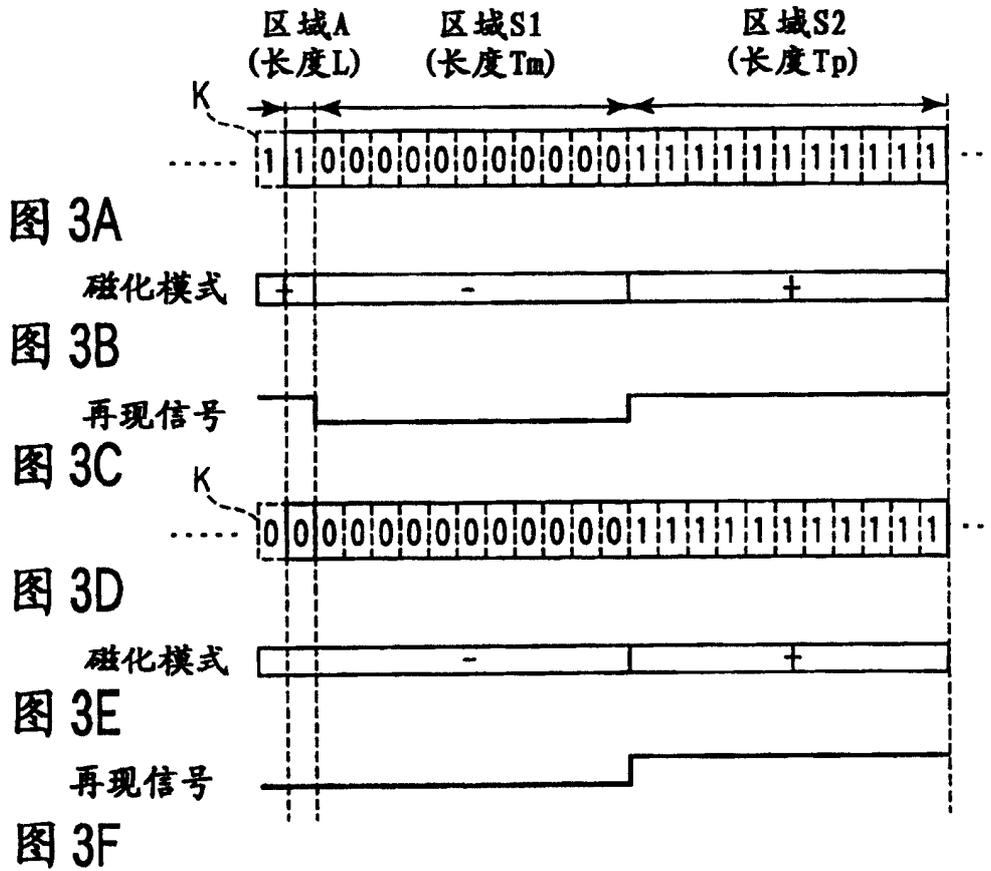
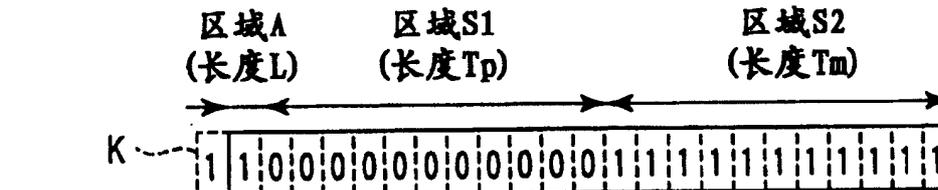
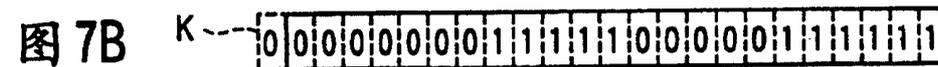
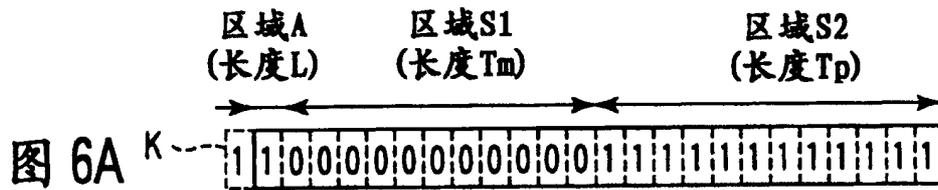


图 4



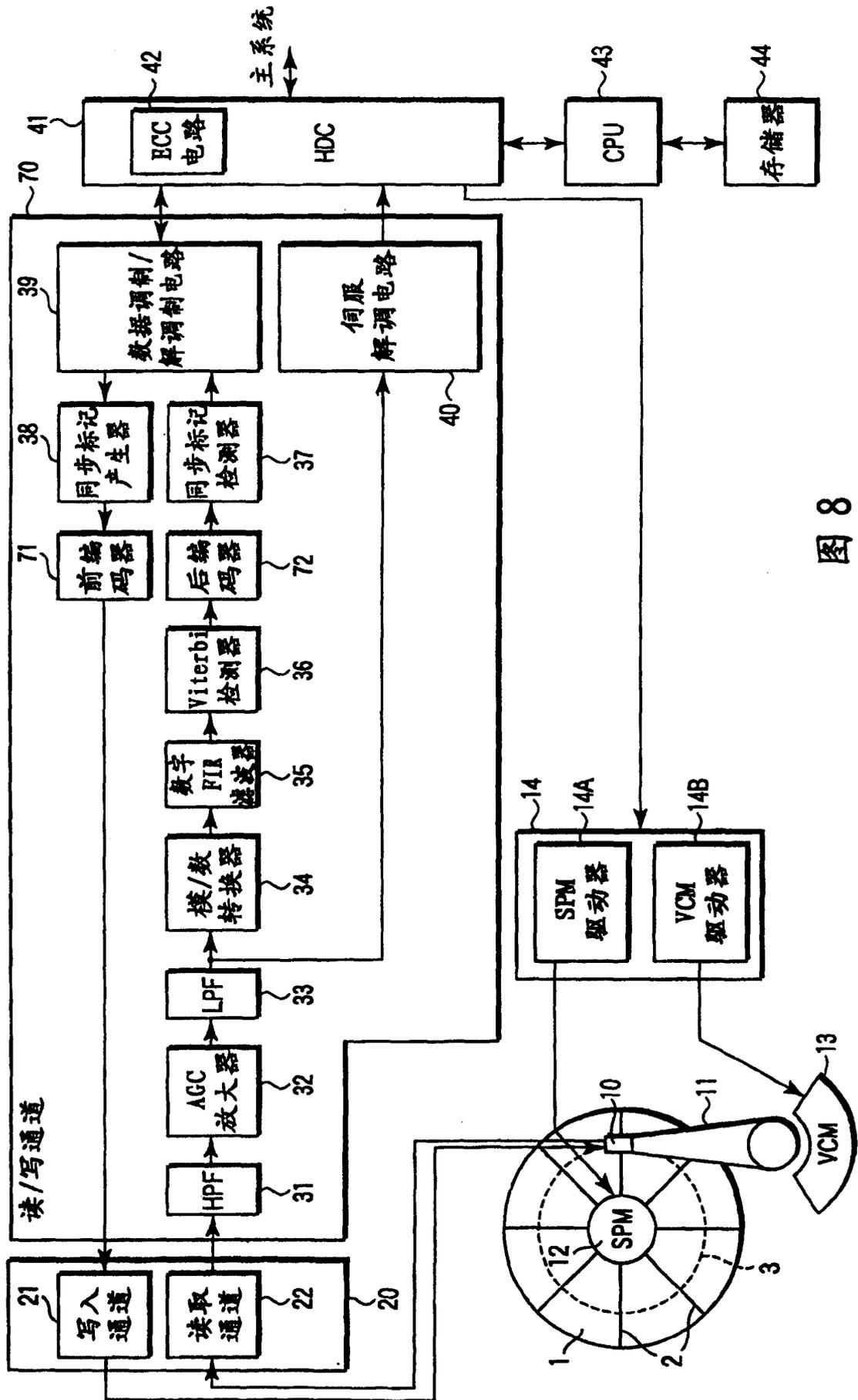


图 8

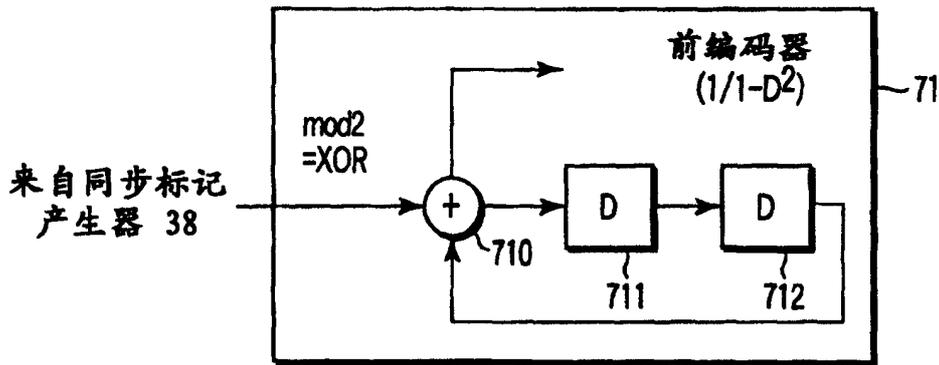
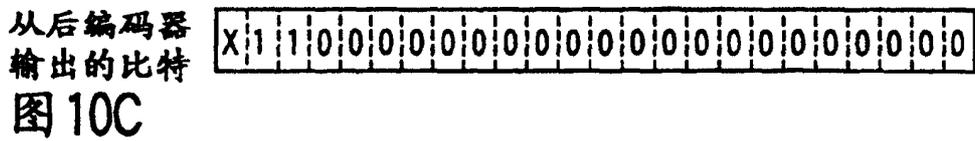
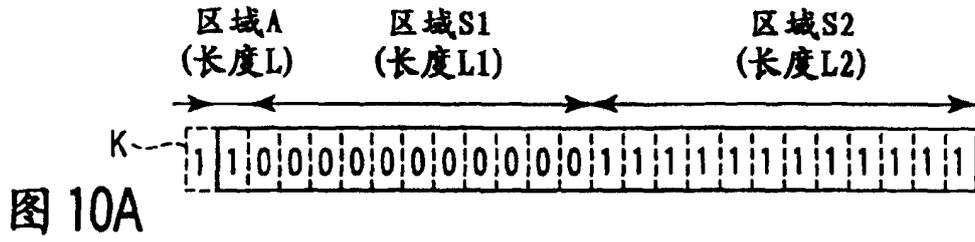


图 11

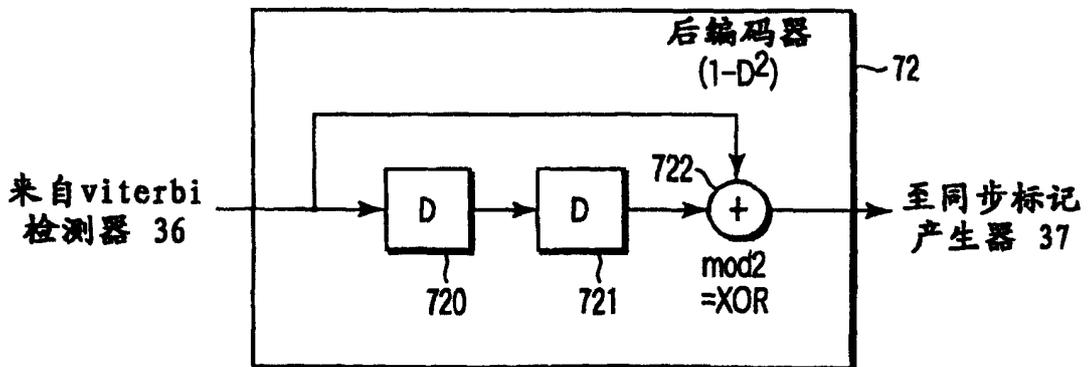


图 12