

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G11B 5/584 (2006.01)

G11B 21/04 (2006.01)



## [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410001398.7

[45] 授权公告日 2009 年 8 月 5 日

[11] 授权公告号 CN 100524472C

[22] 申请日 2004.1.7

[21] 申请号 200410001398.7

[30] 优先权

[32] 2003.1.8 [33] US [31] 10/337, 722

[73] 专利权人 国际商业机器公司

地址 美国纽约

[72] 发明人 亚历克斯·治利尼

克里斯托弗·R·潘多尔夫

戴维·L·斯旺森

史蒂文·C·威尔斯

[56] 参考文献

US6462899B 2002.10.8

WO0215174A 2002.2.21

审查员 王屹东

[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 付建军

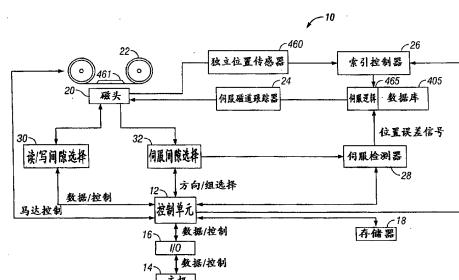
权利要求书 3 页 说明书 20 页 附图 10 页

[54] 发明名称

用于确定在磁带上纵向写入的前景磁道信号  
的宽度的方法

[57] 摘要

磁带磁头的写入磁道宽度通过在具有不同背景  
信号的磁带上写入前景磁道信号来测量。磁带读取  
磁头从前景磁道信号的一边沿离开，横向跨越前景  
磁道信号并且离开其相反边沿。逻辑部分检测读取  
磁头遇到前景磁道信号的一边沿和相反边沿；并且  
根据独立位置传感器采用读取磁头处于前景磁道信  
号的一边沿和相反边沿的横向位置之间的横向距  
离，确定前景磁道信号的宽度。



1. 一种用于确定在具有背景信号的磁带上纵向写入的前景磁道信号的宽度的方法，所述前景磁道信号由不同于所述背景信号的信号构成，所述方法包括如下步骤：

当所述磁带相对于磁带读取磁头纵向移动时，相对于所述纵向写入的前景磁道信号横向移动所述磁带读取磁头，所述磁带读取磁头读取所述前景磁道信号并且可以读取所述背景信号；所述横向移动是指所述磁带读取磁头至少一次完全横向移动到所述前景磁道信号的一侧并离开其一边沿，横向跨越所述前景磁道信号，并且完全横向移动到所述前景磁道信号的相反侧并离开其相反边沿；所述磁带读取磁头读取所述前景磁道信号和背景信号；

通过独立位置传感器检测所述移动磁带读取磁头的横向位置；

检测所述磁带读取磁头遇到所述前景磁道信号的所述一边沿；

根据所述独立位置传感器，确定所述移动磁带读取磁头在所述前景磁道信号的所述检测一边沿的所述横向位置；

检测所述磁带读取磁头遇到所述前景磁道信号的所述相反边沿；

根据所述独立位置传感器，确定所述移动磁带读取磁头在所述前景磁道信号的所述检测相反边沿的所述横向位置；以及

确定所述移动磁带读取磁头在所述前景磁道信号的所述检测一边沿的所述确定横向位置与所述移动磁带读取磁头在所述前景磁道信号的所述检测相反边沿的所述确定横向位置之间的横向距离。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其中，检测所述磁带读取磁头遇到所述前景磁道信号的所述一边沿和遇到所述前景磁道信号的所述相反边沿的所述步骤均包括测量所述前景磁道信号与所述背景信号之比，并且所述磁带读取磁头完全横向移至所述前景磁道信号的所述一侧并离开其所述一边沿以及完全横向移至所述前景磁道信号的所述相反侧并离开其所述相反边沿时的所述比率均表示所述前景磁道信号的最小值。

3. 如权利要求 2 所述的方法，其中，检测所述磁带读取磁头遇到所

述前景磁道信号的所述一边沿和遇到所述前景磁道信号的所述相反边沿的所述步骤均还包括检测所述测量的所述前景磁道信号与所述背景信号之比的拐点。

4. 如权利要求3所述的方法，其中，相对于所述纵向写入的前景磁道信号横向移动磁带读取磁头的所述步骤，还包括：

在以预定正弦单频率模式改变的设置点上操作伺服系统，所述模式使所述磁带读取磁头至少一次完全横向移动到所述前景磁道信号的一侧并离开其一边沿，横向跨越所述前景磁道信号，并且完全横向移动到所述前景磁道信号的相反侧并离开其相反边沿；并且

通过所述独立位置传感器检测所述移动磁带读取磁头的横向位置的所述步骤，还包括：

数字化确定所述横向位置；

将所述数字化确定的横向位置转换成频率分量；

从所述横向位置的所述频率分量中选择所述预定正弦单频率模式；

将所述横向位置频率分量转换成独立位置传感器横向位置；

从所述磁带读取磁头测量数字化确定的所述前景磁道信号与所述背景信号之比；

将所述数字化确定的比率转换成频率分量；

从所述比率的所述频率分量中选择所述预定正弦单频率模式；

将所述比率频率分量转换成所述前景磁道信号与所述背景信号之比；以及

消除所述预定正弦单频率模式，并且对所述转换的独立位置传感器横向位置和所述转换的所述前景磁道信号与所述背景信号之比拟合曲线。

5. 如权利要求1所述的方法，其中，所述磁带读取磁头包括伺服读取磁头，并且所述磁带还包括平行于所述前景磁道信号且与其具有横向偏移的至少一条伺服磁道，并且相对于所述纵向写入的前景磁道信号横向移动磁带读取磁头的所述步骤，还包括将所述伺服读取磁头从所述至少一条伺服磁道移动到由所述独立位置传感器测量的所述前景磁道信

号。

6. 如权利要求 1 所述的方法，其中，所述磁带读取磁头宽于所述前景磁道信号的宽度，从而在横向移动所述磁带读取磁头、完全横向移至所述前景磁道信号的所述一侧并离开其所述一边沿，横向跨越所述前景磁道信号以及完全横向移至所述前景磁道信号的所述相反侧并离开其所述相反边沿的所述步骤的各阶段期间，所述磁带读取磁头均可以读取所述背景信号。

7. 如权利要求 1 所述的方法，还包括如下步骤：

根据所述确定的横向距离，判定所述确定的横向距离是否大于磁道信号中心线之间的额定距离；并且

如果是，则提供以所述前景磁道信号的所述宽度控制将要以所述宽度写入磁道的磁带驱动器的中心线以适应所述磁道间交迭的伺服系统设置；

否则，提供以所述额定距离控制所述磁带驱动器的所述中心线的所述伺服系统设置。

## 用于确定在磁带上纵向写入的前景磁道信号的宽度的方法

### 参考文档

共同受让的美国专利 No. 5,946,159 示出用于跟踪不同伺服信号的伺服磁道边沿并且采用非伺服或独立位置传感器的磁道跟踪伺服系统，在此将其引作参考。2002 年 1 月 4 日提交的共同受让的美国专利申请 10/035,182 示出将规定信号注入(injection)到伺服系统以采用独立位置传感器校准伺服位置，在此将其引作参考。

### 技术领域

本发明涉及用于在磁带上存储数据的磁带系统，并且特别涉及确定磁带磁头的写入磁道宽度，其中，将多个平行磁道写入磁带。

### 背景技术

磁带系统提供方便且低成本的数据存储方式。作为一个例子，便携式磁带盒可以从一个数据处理系统的数据存储驱动器运送到一个贮存设施，并且如果需要，它们可以被运送到同一或另一数据处理系统的数据存储驱动器。作为另一个例子，大量磁带盒可以贮存在自动数据存储库的贮存架中，并且根据需要从贮存架进行访问以存取数据。

增大磁带数据存储量是持续需求。一种增大数据存储容量的方式是增大平行数据磁道数。然而，随着平行磁道数增大，磁道宽度以及相邻磁道间误差容限相应减小。例如，磁带系统的磁道模式(相邻磁道中心线之间的间距)是较旧磁带系统宽度的 1/3，这意味着所写入的磁道更窄并且现在几乎没有或者已经没有相邻磁道之间的间距容限。在磁道间没有间距的情况下，磁道可能“交迭”，其中，其宽度大于相邻磁道中心线间距的较近写入磁道部分覆盖相邻写入磁道的一边沿。这样，相邻写入磁道的实际磁道宽度现在小于以前写入它时的宽度，并且该磁道的中心

线发生移动。或者，写入磁道宽度对于读取磁头可能太窄，并且读取磁头将从磁道交界处读取太多噪声。或者，写入磁道宽度可能太宽，从而写入磁道覆盖相邻磁道太多(不止是交迭)而使得不能读取覆盖磁道。

磁带磁头典型地以薄膜工艺来制造，并且具有多个写入间隙和多个读取间隙。写入间隙(以及读取间隙)的宽度往往随着磁带磁头不同而存在轻微差异，并且由于各种边沿或摩擦效应，写入间隙往往具有随着磁带磁头不同而不同的有效宽度。在很多情况下，即使在磁带磁头之间可能存在差异，但有效宽度在同一磁带磁头内大约相同。为确定磁带磁头写入间隙的宽度，操作磁带磁头以在测试磁带上写入磁道，将磁性流体涂在测试磁带上，并且由操作员采用显微镜读取测试磁带以估计磁道宽度。因为操作员必须根据磁性流体中的磁性粒子来估计实际磁边沿位于何处，所以可能产生潜在错误。

然后，向磁带磁头提供所得到的估计磁道宽度，并且在组装磁带驱动器之后，将估计磁道宽度输入到其中安装磁带磁头的磁带驱动器的伺服系统的数据库中。潜在错误的其他来源包括确保向各磁头提供正确数据，并且磁头可能具有大于或小于测试者的歪斜，从而使得有效磁道宽度不同。

测量具有未知宽度的磁头的宽度通过对照已知宽度的记录模式进行测量来尝试。在一个例子中，日本专利 JP200129127A 通过测量螺旋扫描装置跨越纵向测试磁道的时间来估计磁头宽度，并且在另一个例子中，日本专利 JP120817A 通过测量软盘磁头跨越螺旋测试磁道的时间来估计磁头宽度。该过程不能用来测量纵向记录系统下的纵向磁道。

## 发明内容

根据本发明各方面的系统、方法和计算机程序产品确定在具有背景信号的磁带上纵向写入的前景磁道信号的宽度，前景磁道信号由不同于背景信号的信号构成。前景磁道信号可以采用正被测试的写入间隙来写入。

根据本发明，提供了一种用于确定在具有背景信号的磁带上纵向写

入的前景磁道信号的宽度的系统，所述前景磁道信号由不同于所述背景信号的信号构成，所述系统包括：磁带读取磁头；伺服系统，包括使所述磁带相对于所述磁带读取磁头纵向移动的装置；以及用于当所述磁带相对于所述磁带读取磁头纵向移动时，相对于所述纵向写入的前景磁道信号横向移动所述磁带读取磁头的装置，所述横向移动是指所述磁带读取磁头至少一次完全横向移动到所述前景磁道信号的一侧并离开其一边沿，横向跨越所述前景磁道信号，并且完全横向移动到所述前景磁道信号的相反侧并离开其相反边沿；其中，所述伺服系统使得所述磁带读取磁头可以读取所述前景磁道信号并且可以读取所述背景信号；独立位置传感器，用于检测所述移动磁带读取磁头的横向位置；以及逻辑部分，用于从所述磁带读取磁头和所述独立位置传感器接收检测信号，所述逻辑部分：检测所述磁带读取磁头遇到所述前景磁道信号的所述一边沿；根据所述独立位置传感器，确定所述移动磁带读取磁头在所述前景磁道信号的所述检测一边沿的所述横向位置；检测所述磁带读取磁头遇到所述前景磁道信号的所述相反边沿；根据所述独立位置传感器，确定所述移动磁带读取磁头在所述前景磁道信号的所述检测相反边沿的所述横向位置；并且确定所述移动磁带读取磁头在所述前景磁道信号的所述检测一边沿的所述确定横向位置与所述移动磁带读取磁头在所述前景磁道信号的所述检测相反边沿的所述确定横向位置之间的横向距离。

根据本发明，提供了一种可与其中实施有计算机可读程序码的可编程计算机一起使用的计算机程序产品，用于确定在具有背景信号的磁带上纵向写入的前景磁道信号的宽度，所述前景磁道信号由不同于所述背景信号的信号构成；所述计算机程序产品包括：计算机可读程序码，使计算机处理器执行如下操作，当所述磁带相对于所述磁带读取磁头纵向移动时，相对于所述纵向写入的前景磁道信号横向移动所述磁带读取磁头，从而所述磁带读取磁头可以读取所述前景磁道信号并且可以读取所述背景信号；所述横向移动是指所述磁带读取磁头至少一次完全横向移动到所述前景磁道信号的一侧并离开其一边沿，横向跨越所述前景磁道信号，并且完全横向移动到所述前景磁道信号的相反侧并离开其相反边

沿；从而所述磁带读取磁头读取所述不同信号；并且其中，独立位置传感器检测所述移动磁带读取磁头的横向位置；计算机可读程序码，使计算机处理器执行如下操作，检测所述磁带读取磁头遇到所述前景磁道信号的所述一边沿；计算机可读程序码，使计算机处理器执行如下操作，根据所述独立位置传感器，确定所述移动磁带读取磁头在所述前景磁道信号的所述检测一边沿的所述横向位置；计算机可读程序码，使计算机处理器执行如下操作，检测所述磁带读取磁头遇到所述前景磁道信号的所述相反边沿；计算机可读程序码，使计算机处理器执行如下操作，根据所述独立位置传感器，确定所述移动磁带读取磁头在所述前景磁道信号的所述检测相反边沿的所述横向位置；以及计算机可读程序码，使计算机处理器执行如下操作，确定所述移动磁带读取磁头在所述前景磁道信号的所述检测一边沿的所述确定横向位置与所述移动磁带读取磁头在所述前景磁道信号的所述检测相反边沿的所述确定横向位置之间的横向距离。

上述的计算机程序产品，其中，使计算机处理器检测所述磁带读取磁头遇到所述前景磁道信号的所述一边沿的所述计算机可读程序码以及使计算机处理器检测所述磁带读取磁头遇到所述前景磁道信号的所述相反边沿的所述计算机可读程序码均包括使计算机处理器测量所述前景磁道信号与所述背景信号之比的计算机可读程序码，并且其中，所述磁带读取磁头完全横向移至所述前景磁道信号的所述一侧并离开其所述一边沿以及完全横向移至所述前景磁道信号的所述相反侧并离开其所述相反边沿时的所述比率均表示所述前景磁道信号的最小值。

上述的计算机程序产品，其中，使计算机处理器检测所述磁带读取磁头遇到所述前景磁道信号的所述一边沿的所述计算机可读程序码以及使计算机处理器检测所述磁带读取磁头遇到所述前景磁道信号的所述相反边沿的所述计算机可读程序码均还包括使计算机处理器检测所述测量的所述前景磁道信号与所述背景信号之比的拐点的计算机可读程序码。

上述的计算机程序产品，其中，使计算机处理器相对于所述纵向写入的前景磁道信号横向移动磁带读取磁头的所述计算机可读程序码，还

包括：计算机可读程序码，使计算机处理器在以预定正弦单频率模式改变的设置点上横向移动所述磁带读取磁头，所述模式使所述磁带读取磁头至少一次完全横向移动到所述前景磁道信号的一侧并离开其一边沿，横向跨越所述前景磁道信号，并且完全横向移动到所述前景磁道信号的相反侧并离开其相反边沿；并且使计算机处理器根据所述独立位置传感器确定所述移动磁带读取磁头在所述前景磁道信号的所述检测一边沿以及所述前景磁道信号的所述检测相反边沿的所述横向位置的所述计算机可读程序码，还包括：计算机可读程序码，使计算机处理器将数字化确定的所述横向位置转换成频率分量；计算机可读程序码，使计算机处理器从所述横向位置的所述频率分量中选择所述预定正弦单频率模式；计算机可读程序码，使计算机处理器将所述横向位置频率分量转换成独立位置传感器横向位置；计算机可读程序码，使计算机处理器从所述磁带读取磁头测量数字化确定的所述前景磁道信号与所述背景信号之比；计算机可读程序码，使计算机处理器将所述数字化确定的比率转换成频率分量；计算机可读程序码，使计算机处理器从所述比率的所述频率分量中选择所述预定正弦单频率模式；计算机可读程序码，使计算机处理器将所述比率频率分量转换成所述前景磁道信号与所述背景信号之比；以及计算机可读程序码，使计算机处理器消除所述预定正弦单频率模式，并且对所述转换的独立位置传感器横向位置和所述转换的所述前景磁道信号与所述背景信号之比拟合曲线。

上述的计算机程序产品，其中，所述磁带读取磁头包括伺服读取磁头，并且所述磁带还包括平行于所述前景磁道信号且与其具有横向偏移的至少一条伺服磁道，并且使计算机处理器相对于所述纵向写入的前景磁道信号横向移动磁带读取磁头的所述计算机可读程序码还包括将所述伺服读取磁头从所述至少一条伺服磁道移动到由所述独立位置传感器测量的所述前景磁道信号。

上述的计算机程序产品，还包括：计算机可读程序码，使计算机处理器执行如下操作，根据所述确定的横向距离，判定所述确定的横向距离是否大于磁道信号中心线之间的额定距离；计算机可读程序码，使计

算机处理器执行如下操作，如果是，则提供以所述前景磁道信号的所述宽度控制将要以所述宽度写入磁道的磁带驱动器的中心线以适应所述磁道间交迭的伺服系统设置；以及计算机可读程序码，使计算机处理器执行如下操作，否则，提供以所述额定距离控制所述磁带驱动器的所述中心线的所述伺服系统设置。

根据本发明，提供了一种用于确定在具有背景信号的磁带上纵向写入的前景磁道信号的宽度的方法，所述前景磁道信号由不同于所述背景信号的信号构成，所述方法包括如下步骤：当所述磁带相对于磁带读取磁头纵向移动时，相对于所述纵向写入的前景磁道信号横向移动所述磁带读取磁头，从而所述磁带读取磁头可以读取所述前景磁道信号并且可以读取所述背景信号；所述横向移动是指所述磁带读取磁头至少一次完全横向移动到所述前景磁道信号的一侧并离开其一边沿，横向跨越所述前景磁道信号，并且完全横向移动到所述前景磁道信号的相反侧并离开其相反边沿；从而所述磁带读取磁头读取所述前景磁道信号和背景信号；通过独立位置传感器检测所述移动磁带读取磁头的横向位置；检测所述磁带读取磁头遇到所述前景磁道信号的所述一边沿；根据所述独立位置传感器，确定所述移动磁带读取磁头在所述前景磁道信号的所述检测一边沿的所述横向位置；检测所述磁带读取磁头遇到所述前景磁道信号的所述相反边沿；根据所述独立位置传感器，确定所述移动磁带读取磁头在所述前景磁道信号的所述检测相反边沿的所述横向位置；以及确定横向位置与所述移动磁带读取磁头在所述前景磁道信号的所述检测一边沿的所述检测相反边沿的所述确定横向位置之间的横向距离。

在一个实施例中，该系统包括：磁带读取磁头；以及伺服系统，用于相对于纵向写入的前景磁道信号横向移动磁带读取磁头。因此，磁带读取磁头可以读取前景磁道信号并且可以读取背景信号。横向移动是指磁带读取磁头至少一次完全横向移动到前景磁道信号的一侧并离开其一边沿，横向跨越前景磁道信号，并且完全横向移动到前景磁道信号的相反侧并离开其相反边沿，从而磁带读取磁头读取不同信号。

一种独立位置传感器检测移动磁带读取磁头的横向位置；并且提供可以是计算机实现程序产品的逻辑部分，用于从磁带读取磁头和独立位置传感器接收检测信号。该逻辑部分检测磁带读取磁头遇到前景磁道信号的一边沿；根据独立位置传感器确定移动磁带读取磁头在所检测前景磁道信号一边沿的横向位置；检测磁带读取磁头遇到前景磁道信号的相反边沿；并且根据独立位置传感器确定移动磁带读取磁头在所检测前景磁道信号相反边沿的横向位置。

逻辑部分采用所确定的移动磁带读取磁头在所检测前景磁道信号一边沿的横向位置与所确定的移动磁带读取磁头在所检测前景磁道信号相反边沿的横向位置之间的横向距离，确定前景磁道信号的宽度。

在另一个实施例中，在检测磁带读取磁头遇到前景磁道信号的一边沿和遇到相反边沿中，逻辑部分均包括测量前景磁道信号与背景信号之比。磁带读取磁头完全横向移至前景磁道信号一侧并离开其一边沿以及完全横向移至前景磁道信号的相反侧并离开其相反边沿时的比率均表示前景磁道信号的最小值。

在另一个实施例中，在检测磁带读取磁头遇到前景磁道信号的一边沿和遇到相反边沿中，逻辑部分均还包括检测所测量前景磁道信号与背景信号之比的拐点。

在另一个实施例中，其中，磁带读取磁头包括伺服系统的伺服读取磁头，并且磁带还包括平行于前景磁道信号且与其具有横向偏移的至少一条伺服磁道，伺服系统还将磁带读取磁头从伺服磁道横向移动到由独立位置传感器测量的前景磁道信号。

在另一个实施例中，用来测量磁道宽度的磁带读取磁头宽于前景磁道信号的宽度，从而在横向移动磁带读取磁头、完全横向移至前景磁道信号一侧并离开其一边沿，横向跨越前景磁道信号以及完全横向移至前景磁道信号相反侧并离开其相反边沿的各阶段期间，磁带读取磁头均可以读取背景信号。这种情况下的读取磁头将不是用于从磁道读取信息的正常读取磁头，因为正常读取磁头必须决不宽于写入模式，这一点对于本领域的技术人员是公知的。

在另一方面，逻辑部分还根据所确定的横向距离判定所确定的横向距离是否大于磁道信号中心线之间的额定距离；并且如果是，则提供以前景磁道信号的宽度控制将要以该宽度写入磁道的磁带驱动器的中心线以适应磁道间交迭的伺服系统设置；否则，提供以额定距离控制磁带驱动器中心线的伺服系统设置。

在另一方面，伺服系统相对于纵向写入的前景磁道信号横向移动磁带读取磁头，还在以预定正弦单频率模式改变的设置点上操作，该模式使磁带读取磁头至少一次完全横向移动到前景磁道信号的一侧并离开其一边沿，横向跨越前景磁道信号，并且完全横向移动到前景磁道信号的相反侧并离开其相反边沿。逻辑部分还：

将由独立位置传感器检测的数字化确定的横向位置转换成频率分量；

从横向位置的频率分量中选择预定正弦单频率模式；

将横向位置频率分量转换成独立位置传感器横向位置；

从磁带读取磁头测量数字化确定的前景磁道信号与背景信号之比；

将数字化确定的比率转换成频率分量；

从比率频率分量中选择预定正弦单频率模式；

将比率频率分量转换成前景磁道信号与背景信号之比；以及

消除预定正弦单频率模式，并且对所转换的独立位置传感器横向位置和所转换的前景磁道信号与背景信号之比拟合曲线。

为更全面理解本发明，应参考下面结合附图的详细描述。

### 附图说明

图 1 是实现本发明的磁带系统的一个实施例的方框图；

图 2 是前景磁道信号纵向写入在具有背景信号的磁带上的一段磁带的图示，其中示出图 1 的磁带系统中读取磁头相对于磁道信号的横向移动、由读取磁头检测的前景信号或者前景信号与背景信号之比以及独立位置传感器的信号；

图 3 是示出本发明方法的一个实施例的流程图；

图 4 是图 1 的磁带系统的独立位置传感器的横向位置的图示，其中，磁带可选地经过横向移动，并且预定正弦单频率模式加到读取磁头的横向移动；

图 5 是由图 1 的磁带系统的读取磁头检测的前景信号与背景信号之比的图示，其中，磁带可选地经过横向移动，并且预定正弦单频率模式加到读取磁头的横向移动；

图 6 是图 4 的独立位置传感器的横向位置的频域的图示；

图 7 是图 5 的前景信号与背景信号之比的频域的图示；

图 8 是转换成从中选择了预定正弦单频率模式的频率分量的图 6 的独立位置传感器横向位置的图示；

图 9 是转换成从中选择了预定正弦单频率模式的频率分量的图 7 的前景信号与背景信号之比的图示；

图 10 是从图 8 的所选频率分量转换的独立位置传感器横向位置所拟合曲线的图示；

图 11 是从图 10 的所选频率分量转换的前景信号与背景信号之比所拟合曲线的图示；

图 12A 和 12B 是写入到磁带的具有不同宽度的磁道的图示；以及

图 13 是位于各个索引位置且用来如图 2 所示相对于磁道信号横向移动的图 1 的磁带系统的伺服磁头的一个实施例的图示。

### 具体实施方式

在下面参照附图的描述中，通过多个优选实施例对本发明进行描述，其中，类似标号表示相同或类似部件。虽然本发明是按照用于实现本发明目的的最佳方式来描述的，但是本领域的技术人员应该理解在不脱离本发明的精神或范围的情况下可以参照本发明内容进行变动。

参照图 1，示出磁带系统 10。可以采用本发明的磁带系统的一个例子是磁带测试系统。可以采用本发明的磁带系统的另一个例子是磁带数据存储子系统如 IBM 3590 磁带子系统。控制单元 12 被提供用于通过接口 16 从主机装置 14 接收数据和控制信号并且将数据和控制信号发送到

主机装置 14。控制单元 12 可以包括计算机处理器，并且耦合到用于存储信息和计算机程序的存储器装置 18 如随机存取存储器。主机装置 14 的一个例子包括 IBM RS/6000 处理器。

如在本领域内公知的多元件磁带磁头 20，包括：多个数据写入间隙和数据读取间隙，对磁带 22 进行数据记录和读取；以及伺服传感器或读取元件，在磁带 22 上读取包括预记录直线伺服边沿的伺服信号。记录磁带上的数据磁道典型地平行排列并且与直线伺服边沿平行。伺服磁道跟踪器 24 响应伺服检测器 28 由伺服逻辑装置 465 操作，以跟踪由磁带磁头 20 的伺服传感器检测的直线伺服边沿或者与伺服边沿具有横向偏移的伺服索引位置。因此，安装在同一磁带磁头上的数据写入间隙和数据读取间隙跟踪平行数据磁道组。逻辑装置 465 可以包括编程 PROM、ASIC 或微处理器。

如上所述，磁带磁头如磁带磁头 20 典型地以薄膜工艺来制造，并且具有多个写入间隙和多个读取间隙。写入间隙(以及读取间隙)的宽度对于不同磁带磁头往往存在轻微的不同，并且由于各种边沿或摩擦效应，写入间隙往往具有随着磁带磁头而不同的有效宽度。该宽度差异可能导致写入磁道的“交迭”从而使中心线发生改变，可能导致写入磁道太窄而不能无噪声读取，或者可能导致写入磁道覆盖相邻磁道太多。在很多情况下，即使在不同磁带磁头之间可能存在差异，但有效宽度在同一磁带磁头内大约相同。

根据本发明的多个实施例采用图 1 的磁带系统，用于通过确定在具有背景信号的磁带上纵向写入的前景磁道信号的宽度来测量一个或多个磁带写入间隙的有效宽度，前景磁道信号由不同于背景信号的信号构成。本发明可以采用磁带驱动器系统的硬件和逻辑来实现，可以包括一种方法，或者可以包括一种可与其中实施有计算机可读程序码的可编程计算机一起使用的计算机程序产品，该计算机程序产品包括操作计算机处理器的计算机可读程序码。该计算机程序产品可以在与控制单元 12 相关联的固定或可移动存储器如存储器装置 18 中提供，其中，固定或可移动存储器可以包括 ROM、PROM、盘驱动器或软盘；可以作为伺

服逻辑装置 465 的数据库 405 的一部分来存储；或者可以例如从主机装置 14 外部提供，这些对于本领域的技术人员而言都是公知的。

在图 1 的磁带系统中，磁带卷轴马达系统(未示出)在纵向上移动磁带 22，同时它被支持在磁带通路 461 上以进行读写。在一个可选方案中，磁带通路在横向上将磁带精确引导到适当的位置。在另一个可选方案中，磁带通路 461 不在横向上将磁带精确保持在适当的位置。相反，采用开放通道引导，其中，磁带可以横向移动充分大于磁道宽度的距离，从而将相当大的噪声引入到引导过程中。

伺服磁道跟踪器 24 在相对于磁带运动纵向的横向上引导磁带磁头 20 的运动。控制单元 12 耦合到磁带卷轴马达，并且在纵向上控制磁带 22 的方向、速度和加速度。如果希望跟踪另一平行数据磁道组，则磁带磁头 20 横向定位到另一伺服边沿或者另一伺服索引位置，或者不同伺服传感器与相同或不同伺服边沿或伺服索引位置对齐。磁带系统 10 可以是双向的，其中，对于纵向磁带移动的一个方向选择读/写间隙之一，并且对于相反移动方向选择其他读/写间隙。控制单元 12 还通过将信号发送到读/写间隙选择单元 30 来选择一个适当读/写间隙。当磁带磁头 20 要移到所选索引位置时，索引控制器 26 由控制单元 12 激活，并且从独立位置传感器 460 接收机械横向位置信号，并且将适当信号发送到伺服逻辑装置 465 以选择适当的伺服磁道，同时控制单元 12 将适当信号发送到伺服间隙选择器 32，以选择适当伺服传感器。独立位置传感器 460 在引作参考的美国专利 No. 5,946,159 中有讨论，其中，它被称作非伺服位置传感器，并且指示磁带磁头 20 相对于磁带通路 461 的横向机械位置。根据本发明，独立位置传感器 460 准确跟踪磁带磁头 20 相对于磁带 22 的横向机械位置。一旦选择一个或多个伺服边沿，则伺服间隙选择器 32 将伺服信号提供给伺服检测器 28，其信息由伺服逻辑装置 465 用来定位磁带磁头 20，从而跟踪所检测的边沿。

参照图 2，本发明采用一种磁带系统如图 1 的磁带系统 10，以通过确定在具有背景信号 101 的磁带 22 上由正被测量的写入间隙纵向写入的图 2 的前景磁道信号 100 的宽度来测量一个或多个磁带写入磁头间隙

的有效宽度，前景磁道信号由不同于背景信号的信号构成。

在一个实施例中，当磁带相对于磁带读取磁头在箭头 105 的方向上纵向移动时，图 1 的伺服系统 28、465、24 相对于图 2 的纵向写入前景磁道信号 100 横向移动磁带读取磁头如磁带磁头 20 的读取间隙或伺服读取元件。因此，根据磁带读取磁头的横向位置，磁带读取磁头 107 可以读取前景磁道信号 100 并且可以读取背景信号 101。

横向移动是指将磁带读取磁头 107 至少一次完全横向移动到前景磁道信号 100 的一侧并离开其一边沿，如位置 107 所示，横向跨越前景磁道信号，如位置 110、111、112、113 所示，并且完全横向移动到前景磁道信号 100 的相反侧并离开其相反边沿，如位置 117 所示，并且磁带读取磁头从背景信号 101 和前景信号 100 中读取不同信号。该模式可以重复若干次，如代表磁带读取磁头中心位置的虚线 120 所示。

在图 2 的示例中，横向移动的形式是单正弦。然而，根据本发明可以采用任何横向移动模式。

当磁带读取磁头横向移动时，图 1 的独立位置传感器 460 检测移动磁带读取磁头的横向位置，例如图 2 的点 124、125 所示，该两个点分别代表磁带读取磁头沿着路径 120 移至前景磁道信号 100 的一侧和相反侧时的横向位置。

如在图 1 的控制单元 12 或伺服逻辑装置 465 中实现的逻辑部分被提供用于从图 2 的磁带读取磁头 107 以及独立位置传感器 124 接收检测信号，其中，该逻辑部分可以是计算机实现程序产品。

根据本发明的一方面，逻辑部分检测磁带读取磁头遇到前景磁道信号的一边沿，如磁头处于位置 110 所示，其中，磁头的一边沿到达前景磁道信号 100。在一个实施例中，首先检测前景磁道信号 100，并且在一个可选实施例中，背景磁道信号 101 与前景信号 100 之比偏离该比率的最大值，这可以由信号 131 的拐点 130 示出。逻辑部分还根据图 1 的独立位置传感器 460 的信号 135，确定移动磁带读取磁头在所检测的前景磁道信号一边沿 110 的图 2 的横向位置 136。在图 2 的所示实施例中，示出宽于前景磁道信号宽度的磁带读取磁头。在可选实施例中，

磁带读取磁头可以窄于或大致等于前景磁道信号的宽度。在磁带读取磁头宽于前景磁道信号宽度的本例中，读取磁头不是用于从磁道读取信息的正常读取磁头。对于本领域的技术人员而言是公知的，正常读取磁头必须决不宽于写入模式。因此，在本例中，如上所述，图 1 的磁带磁头 20 的伺服读取元件相对于图 2 的前景磁道信号 100 横向移动。

前景磁道信号与背景信号之比可以采用众多方法来确定，这对于本领域的技术人员而言是可以理解的。在图 2 的示例中，比率表示背景信号除以前景磁道信号之比。可选比率可以包括比率倒数、涉及信号差的比率{例如， $(S_1-S_2)/S_1$ }等。

当磁带读取磁头跨越前景磁道信号横向移动时，所检测磁道信号增大，从而减小所检测比率。如图 2 所示，当磁带读取磁头从位置 111 移到位置 112 时，所检测磁道信号增至最大值，从而将所检测比率减至最小值 132，最小比率与磁道宽度相对于磁头宽度的所占比例相关。在较小磁带读取磁头的可选实施例中，最小比率变得大致为零或负最大值。

在一个实施例中，逻辑部分检测移动磁带读取磁头遇到前景磁道信号的相反边沿 111，如拐点 138 所示，并且根据独立位置传感器确定移动磁带读取磁头在所检测的前景磁道信号相反边沿的横向位置 139。

逻辑部分采用所确定的移动磁带读取磁头在所检测的前景磁道信号一边沿的横向位置 136 与所确定的移动磁带读取磁头在所检测的前景磁道信号相反边沿的横向位置 139 之间的横向距离，确定前景磁道信号的宽度。

在本发明的一个实施例中，逻辑部分然后检测磁带读取磁头的相反边沿遇到前景磁道信号 100 的一边沿，如磁头处于位置 112 所示。在一个实施例中，前景磁道信号 100 位于所检测磁道信号 131 的平稳段 132 的拐点 140，并且在一个可选实施例中，背景磁道信号 101 与前景信号 100 之比向最大值返回。逻辑部分还根据图 1 的独立位置传感器 460 的信号 135，确定移动磁带读取磁头在所检测的前景磁道信号的一边沿 112 的图 2 所示横向位置 142。

当磁带读取磁头跨越前景磁道信号横向移动时，所检测的磁道信号

减小。如图 2 所示，当磁带读取磁头从位置 112 移至位置 113 时，所检测的磁道信号比率增至最大值 144，当磁头完全离开前景磁道信号 100 时，达到最小前景信号和最大比率。

在一个实施例中，逻辑部分检测移动磁带读取磁头遇到前景磁道信号的相反边沿 113，如拐点 146 所示，并且根据独立位置传感器确定移动磁带读取磁头在所检测的前景磁道信号相反边沿的横向位置 147。

逻辑部分采用所确定的移动磁带读取磁头在所检测的前景磁道信号一边沿的横向位置 142 与所确定的移动磁带读取磁头在所检测的前景磁道信号相反边沿的横向位置 147 之间的距离，确定前景磁道信号的宽度。

在一个可选实施例中，逻辑部分检测磁带读取磁头首先遇到前景磁道信号 100 的一边沿，如磁头位于位置 110 所示，并且前景磁道信号 100 位于所检测磁道信号 131 的拐点 130，并且在另一个可选实施例中，背景磁道信号 101 与前景信号 100 之比变小。逻辑部分还根据图 1 的独立位置传感器 460 的信号 135，确定移动磁带读取磁头在所检测的前景磁道信号一边沿 110 的图 2 所示横向位置 136。

当磁带读取磁头跨越前景磁道信号横向移动时，所检测的磁道信号比率减小，到达平稳段 132，然后增大。如图 2 所示，当磁带读取磁头移至位置 113 时，所检测的磁道信号增至最大值 144，当磁头完全离开前景磁道信号 100 时，达到最小前景信号和最大比率，在该可选实施例中，逻辑部分检测磁带读取磁头遇到前景磁道信号的相反边沿 113，如拐点 146 所示。逻辑部分根据独立位置传感器确定移动磁带读取磁头在所检测的前景磁道信号相反边沿的横向位置 147。

逻辑部分通过将所确定的移动磁带读取磁头在所检测的前景磁道信号一边沿的横向位置 136 与所确定的移动磁带读取磁头在所检测的前景磁道信号相反边沿的横向位置 147 之间的距离减去磁带读取磁头 107 的有效宽度，确定前景磁道信号的宽度。

如磁带读取磁头 107 的路径 120、磁道信号或比率 131 和独立位置传感器的信号 135 所示，磁带读取磁头可以来回完全横向移动到前景磁

道信号 100 的一侧并离开其一边沿，横向跨越前景磁道信号，并且完全横向移动到前景磁道信号 100 的相反侧并离开其相反边沿，并且磁带读取磁头从背景信号 101 和前景信号 100 中读取不同信号，同时独立位置传感器检测磁带读取磁头的横向位置。然后，可以对前景磁道信号宽度的测量进行平均，以提供图 1 的磁头 20 的写入间隙有效宽度的精确测量。

图 3 示出以步骤 200 开始的本发明方法的多个实施例。

在步骤 202，在图 2 的箭头 105 的方向上纵向移动磁带，并且将磁带读取磁头 107 移到前景磁道信号 100 的磁道附近。例如，如果伺服读取元件是磁带读取磁头，则前景磁道信号 100 写入在紧邻于伺服磁道的横向位置。因此，伺服读取元件从伺服磁道向前景磁道信号 100 移动。图 3 的步骤 203 表示是否找到磁道，并且如果否，过程循环回到步骤 202 以继续向前景磁道信号移动。如下所述，磁带可能没有被精确引导，并且可以提供步骤 205 来确定是否处于这种情况。如果磁带被精确引导，则过程在步骤 207 继续，其中，图 2 的磁带读取磁头 107 如上所述至少一次完全横向移动到前景磁道信号 100 的一侧并离开其一边沿，如位置 107 所示，横向跨越前景磁道信号，如位置 110、111、112、113 所示，并且完全横向移动到前景磁道信号 100 的相反侧并离开其相反边沿，如位置 117 所示。该模式可以重复若干次，如虚线 120 所示。

当磁带读取磁头在图 3 的步骤 207 横向移动时，在步骤 208，磁带读取磁头从图 2 的背景信号 101 和前景信号 100 中读取不同信号，如信号 131 所示，并且独立位置传感器检测移动磁带读取磁头的横向位置，如信号 135 所示。在图 3 的步骤 210，逻辑部分识别前景磁道信号或前景磁道信号与背景信号之比的拐点，如图 2 的拐点 130、133、140、146。在图 3 的步骤 213，逻辑部分如上所述采用步骤 210 的拐点来检测磁带读取磁头遇到前景磁道信号的一边沿和相反边沿。在步骤 215，逻辑部分匹配步骤 213 的所检测相遇与独立位置传感器的信号，以确定所检测的前景磁道信号一边沿与所检测的相反边沿之间的横向距离。这些步骤可以重复多次以确定前景磁道信号宽度的平均值。此外，还可以根

据关于磁带读取磁头、独立位置传感器等的灵敏性的公知校正进行调整。

所述过程是针对精确引导的磁带。根据本发明另一方面，可以对未引导或未被精确引导的磁带执行附加过程，详细信息参见引作参考的美国专利申请 10/035,182。在图 3 的步骤 225，图 2 的磁带读取磁头 107 如上所述至少一次完全横向移动到前景磁道信号 100 的一侧并离开其一边沿，如位置 107 所示，横向跨越前景磁道信号，如位置 110、111、112、113 所示，并且完全横向移动到前景磁道信号 100 的相反侧并离开其相反边沿，如位置 117 所示，另外，磁带读取磁头根据预定正弦模式的注入设置点移动。如引作参考的美国专利申请 10/035,182 所述，根据本发明，将预定正弦规定信号注入到伺服系统提供一个基础来采用频率滤波以分离出实际独立位置传感器横向位置和实际磁带读取磁头信号。

当磁带读取磁头根据图 3 的步骤 225 的组合模式横向移动时，在步骤 228，磁带读取磁头从图 2 的背景信号 101 和前景信号 100 中读取不同信号，并且独立位置传感器检测移动磁带读取磁头的横向位置。图 4 示出未滤波独立位置传感器横向位置数据的一小部分的例子。图 5 示出未滤波磁带读取磁头比率数据的一小部分的例子。

信号现在是由正弦模式而不是磁带移动支配的。正弦模式的频率是准确知道的，并且不处于正弦模式频率的任何分量或其谐波均是测量噪声。

在引作参考的美国专利申请 10/035,182 的一种实现中，可以包括图 1 的伺服检测器 28 的磁带读取磁头检测器以预定采样率提供磁带读取磁头的数字化检测比率(PES)。此外，逻辑部分还根据图 1 的独立位置传感器 460 以磁道跟踪伺服系统的采样率，数字化确定磁带读取磁头相对于磁带的横向位置。

在图 3 的步骤 320，逻辑部分将数字化确定的独立位置传感器横向位置转换成频率分量；并且将数字化确定的所检测磁道信号比率转换成频率分量。在一个例子中，伺服逻辑装置通过对数字化确定的独立位置传感器横向位置执行快速傅立叶变换(FFT)来将数字化确定的独立位置

传感器横向位置转换成频率分量；并且通过对数字化确定的比率执行快速傅立叶变换(FFT)来将数字化确定的伺服信号比率转换成频率分量。

对这些信号各自执行 FFT 以将这些信号转换到可以在其中消除噪声的频域。

图 6 示出表示来自图 4 的数字化确定独立位置传感器横向位置的频域的波形 326；并且图 7 示出表示来自图 5 的由磁带读取磁头检测的数字化确定磁道信号比率的频域的波形 327。

在图 3 的步骤 335，逻辑部分从独立位置传感器横向位置的频率分量和伺服信号比率的频率分量中选择预定正弦模式单频率及其至少一个谐波，从而清除噪声。在一个实施例中，第四谐波以外不存在实质有用信息。因此，在步骤 335，除了注入正弦模式的单频率以及直到第四最低频率谐波之外，将其他所有频率点设为零。

因此，过程从磁带引导噪声占主导地位的情形转至感兴趣信号是已知单频率的正弦模式的情形。在频域中，把噪声滤出。

作为例子，图 8 示出表示转换成从中选择了预定正弦模式单频率 340 及谐波 341、342 和 343 的频率分量的图 6 的数字化确定独立位置传感器横向位置的波形。图 9 示出表示转换成从中选择了预定正弦模式单频率 345 及谐波 346、347 和 348 的频率分量的图 7 的数字化确定磁道信号比率的波形。

在图 3 的步骤 350，逻辑部分将所选频率分量转换成独立位置传感器横向位置，并且将所选频率分量转换成磁道信号比率。在一个例子中，逻辑部分通过对所选频率分量执行快速反傅立叶变换(IFFT)，将所选频率分量转换成独立位置传感器横向位置，并且将所选频率分量转换成磁道信号比率。

转换过程提供信号以发送到曲线拟合例程，从而生成用于根据比率产生磁道信号并且根据独立位置传感器产生位置信号的系数。

步骤 350 通过连接符 351、352 移到图 3 的步骤 360。在步骤 360，逻辑部分消除步骤 350 的转换独立位置传感器波形和转换磁道信号比率的注入正弦模式，并且伺服逻辑装置对所选频率分量的转换独立位置传

感器横向位置和转换磁道信号比率拟合曲线，以提供独立位置传感器的“净化数据(cleaned up data)”，如图 10 的曲线 370 所示，并且提供磁道信号的“净化数据”，如图 11 的曲线 371 所示。

曲线拟合可以包括用于各自对独立位置传感器信号和磁道信号拟合曲线的二次曲线拟合算法。

简短地，逻辑曲线例如采用标准曲线拟合例程如二次方程对比率和独立位置传感器横向位置拟合二维二次曲线。另外，磁带读取磁头或独立位置传感器的特性可能导致与所拟合曲线的偏离。因此，还可以采用标准算法对二次方程二次曲线执行最小二乘调整以平滑曲线。也可以采用其他曲线拟合方法来分别拟合各曲线。

然后，在步骤 210、213 和 215 的过程中采用所得到的独立位置传感器横向位置数据和所检测的磁道信号数据，以确定图 2 的前景磁道信号 100 的所检测一边沿与所检测相反边沿之间的横向位置。

要由磁头的写入间隙写入的磁道具有带额定中心线的额定宽度，并且上述过程通过测量前景磁道信号的宽度来确定写入间隙的实际有效宽度。

在本发明的另一方面，该过程还确定写入间隙是否太小而无效，是否太大而无效，以及是否将必须调整结果磁道的中心线以读取写入磁道。

在步骤 380，在该过程的一个实施例中，逻辑部分判定步骤 215 对正被测量的写入间隙所确定的横向距离是否大于磁道额定宽度。如果不，步骤 383 确定步骤 215 的所确定横向距离是否低于某下限。例如，写入间隙可能太窄，因为写入磁道太窄而不能无噪声读取。因此，如果横向距离低于步骤 383 的下限，则在步骤 384 通知错误。这样，图 1 的磁头 20 可能必须被置换。

如果图 3 的步骤 215 对正被测量的写入间隙所确定的横向距离大于磁道额定宽度，则步骤 387 判定步骤 215 的所确定横向距离是否超过某上限。例如，写入间隙可能太宽，并且可能导致所写入磁道覆盖相邻磁道太多。因此，如果横向距离超过步骤 387 的上限，则在步骤 384 通知

错误。这样，图 1 的磁头 20 可能必须被置换。

如果横向距离大于额定宽度而不超出图 3 的步骤 387 的上限，则写入间隙可能仍然宽得足以导致与相邻磁道的“交迭”。这参照图 12A 和 12B 来说明。

在图 12A 中，示出磁道间间隙为额定大小的相邻磁道 700、701、702。这样，读取中心线 705、706、707 位于所写入磁道的实际中心线。在图 12B 中，磁道大于额定宽度，并且宽得发生“交迭”。图 12B 的示例为说明起见而有些夸大。

“交迭”处于与磁道的写入次序相反的方向。例如，相邻磁道 710、711、712 以从下到上的次序写入，其中，磁道 712 最后被写入。因此，磁道 711 轻微覆盖磁道 710，并且磁道 712 轻微覆盖磁道 711。中心线 713 和 714 分别表示磁道的原始或写入中心线。由于磁道 711 覆写磁道 710 的一部分，因此磁道 710 的读取中心线变成中心线 715。类似地，由于磁道 712 覆写磁道 711 的一部分，因此磁道 711 的读取中心线变成中心线 716。磁道 712 的中心线 717 未变，因为它是相邻磁道中最后写入的磁道。作为另一个例子，如果在中心线 714 上重写磁道 711，则磁道 712 的读取中心线将从中心线 717 移到远离磁道 711 的一个位置。在所有例子中，中心线平均起来具有由伺服系统确定的额定间隔，这对于本领域的技术人员而言是公知的。

如果图 3 的步骤 380 和步骤 387 判定步骤 215 的横向距离大于额定距离但没有出错，则逻辑部分在步骤 390 判定是否将发生交迭。如果是，则步骤 391 根据所确定的横向距离来确定所施加以调整中心线的因素，并且过程进入步骤 395，从而提供用于控制将要以前景磁道信号宽度写入磁道的磁带驱动器的中心线以适应磁道间交迭的伺服系统设置。如果步骤 390 判定不需要中心线调整或者如果步骤 383 判定步骤 215 的所确定横向距离是额定的或者更小但高于下限，则过程进入步骤 395，从而提供用于以额定距离控制磁带驱动器中心线的伺服系统设置。

如上所述，写入间隙(以及读取间隙)的宽度对于不同磁带磁头往往存在轻微的不同，并且由于各种边沿或摩擦效应，写入间隙往往具有随

着磁带磁头而不同的有效宽度。然而，在很多情况下，即使在不同磁带磁头之间可能存在差异，但有效宽度在同一磁带磁头内大约相同。因此，可以对一个写入间隙或者为保险起见对多个写入间隙进行测量，并且将步骤 395 的设置应用于图 1 的磁头 20 的所有写入间隙。

图 13 示出伺服系统以及可以用于前景磁道信号和背景信号的信号的例子。在该示例性伺服系统中，伺服检测器跟踪包括两个不同记录伺服信号之间的分界面的直线伺服边沿 47 和 48。一组伺服边沿包括分别位于内带 44 两侧的外带 40 和 42，其中，外带 40 和 42 均具有第一单频率的等幅信号的记录模式，并且内带 44 包含另一伺服信号，其中具有在第二单频率的等幅突发信号 45 与零幅空信号 46 之间交替的记录模式。

为增大数据磁道密度，提供相对于所检测的直线伺服边沿组的伺服边沿具有横向偏移的伺服索引位置 912、913、914、915，从而提供六个可能索引位置。例如，伺服读取元件可以处于以伺服边沿 47 为中央的位置 900 或者以伺服边沿 48 为中央的位置 901。另外的索引位置被对齐为使伺服读取元件从边沿 47 或 48 偏移而位于沿着直线 912-915 从伺服边沿 47 或 48 在两侧方向上偏离中间磁道 44 的约 1/3 宽度的位置。

在本发明的一个实施例中，可以采用相同伺服系统来确定前景磁道信号 930 的宽度。背景信号 940、942 作为第一单频率的等幅信号来写入。前景磁道信号 930 作为在第二单频率的等幅突发信号 945 与零幅空信号 946 之间交替的模式来写入。背景信号 940、942 和前景磁道信号 930 的第一频率和第二频率可以分别等于伺服系统的第一和第二频率。伺服读取元件也可以用作磁带读取磁头，如伺服读取元件 960 所示。

可选地，背景信号 940、942 和前景磁道信号 930 可以包括不同可辨别频率、速率或数字组合的信号。

可选地，磁带读取磁头可以包括图 1 的磁带磁头 20 的标准读取磁头。

尽管上面对本发明的优选实施例进行了详细描述，但显而易见，在不脱离如所附权利要求所述的本发明范围的情况下，本领域的技术人员可以对这些实施例进行各种修改和调整。

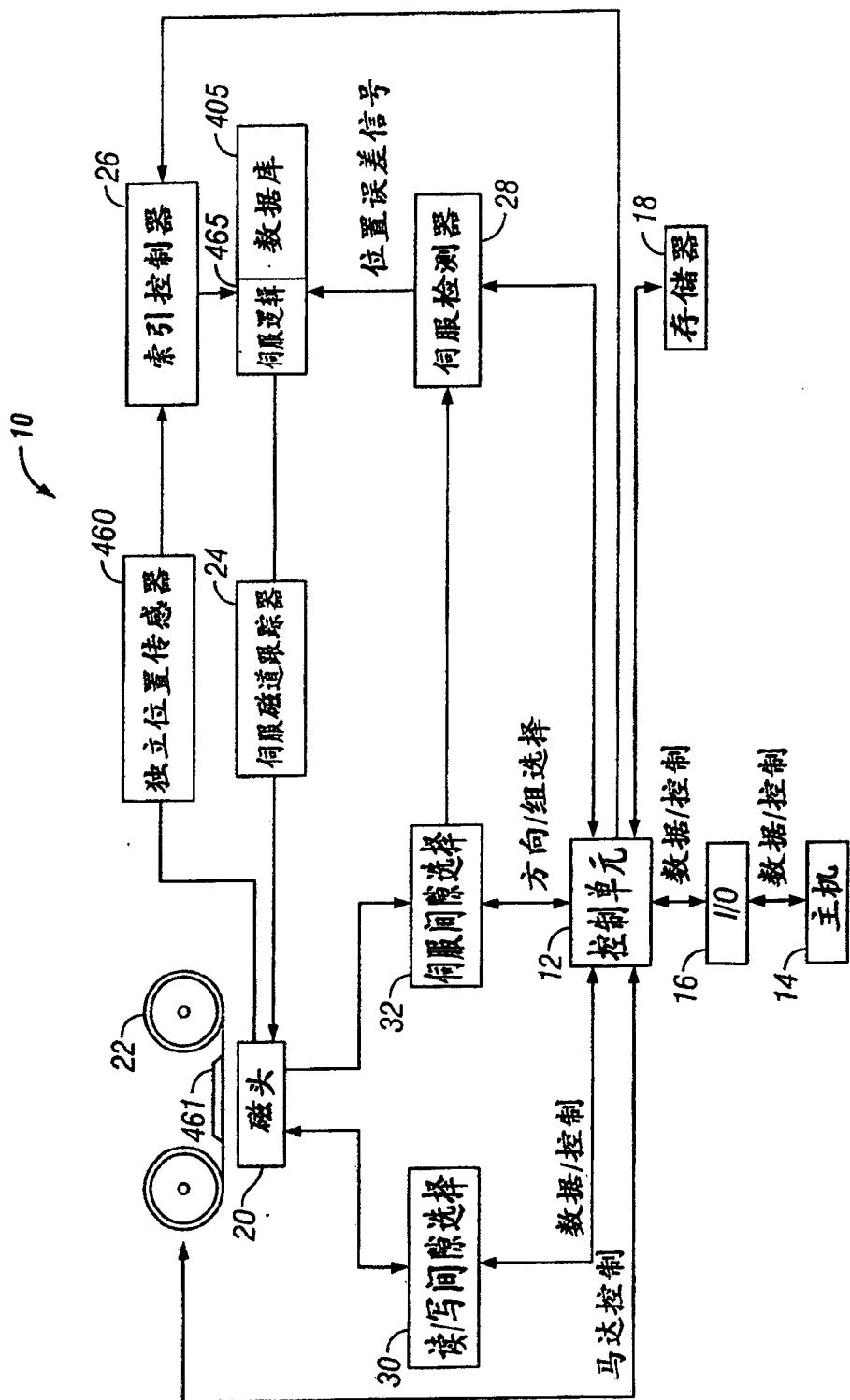


图 1

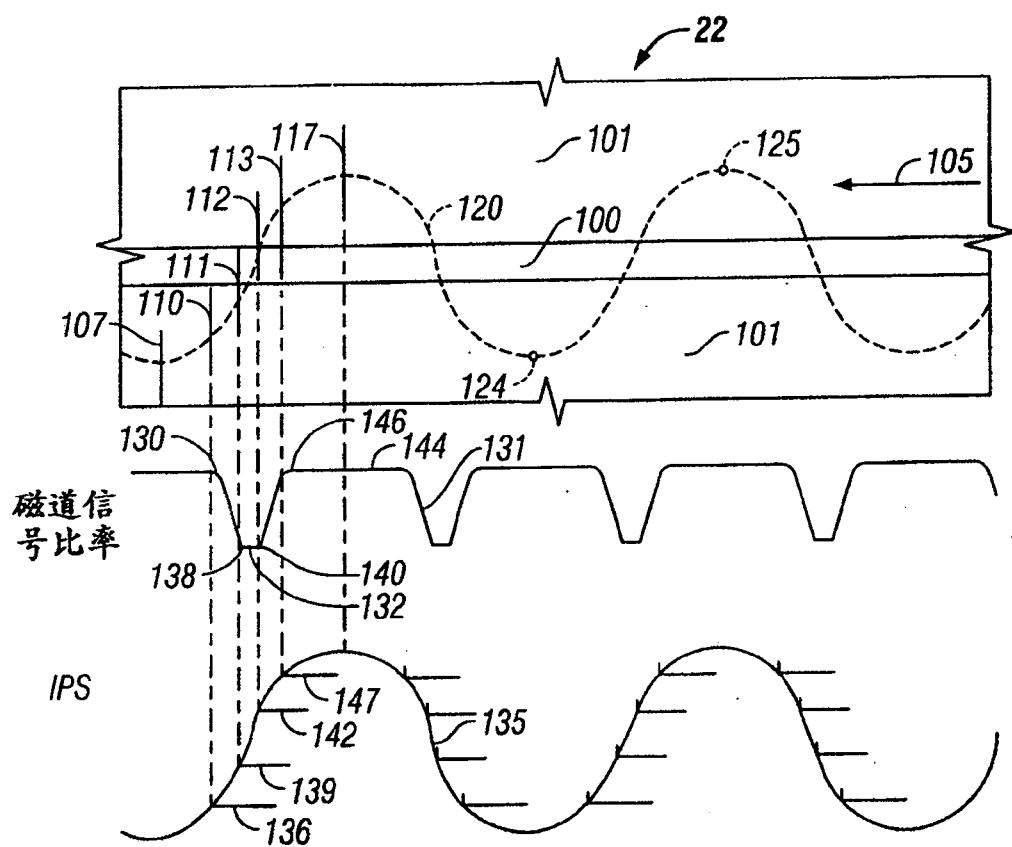


图 2

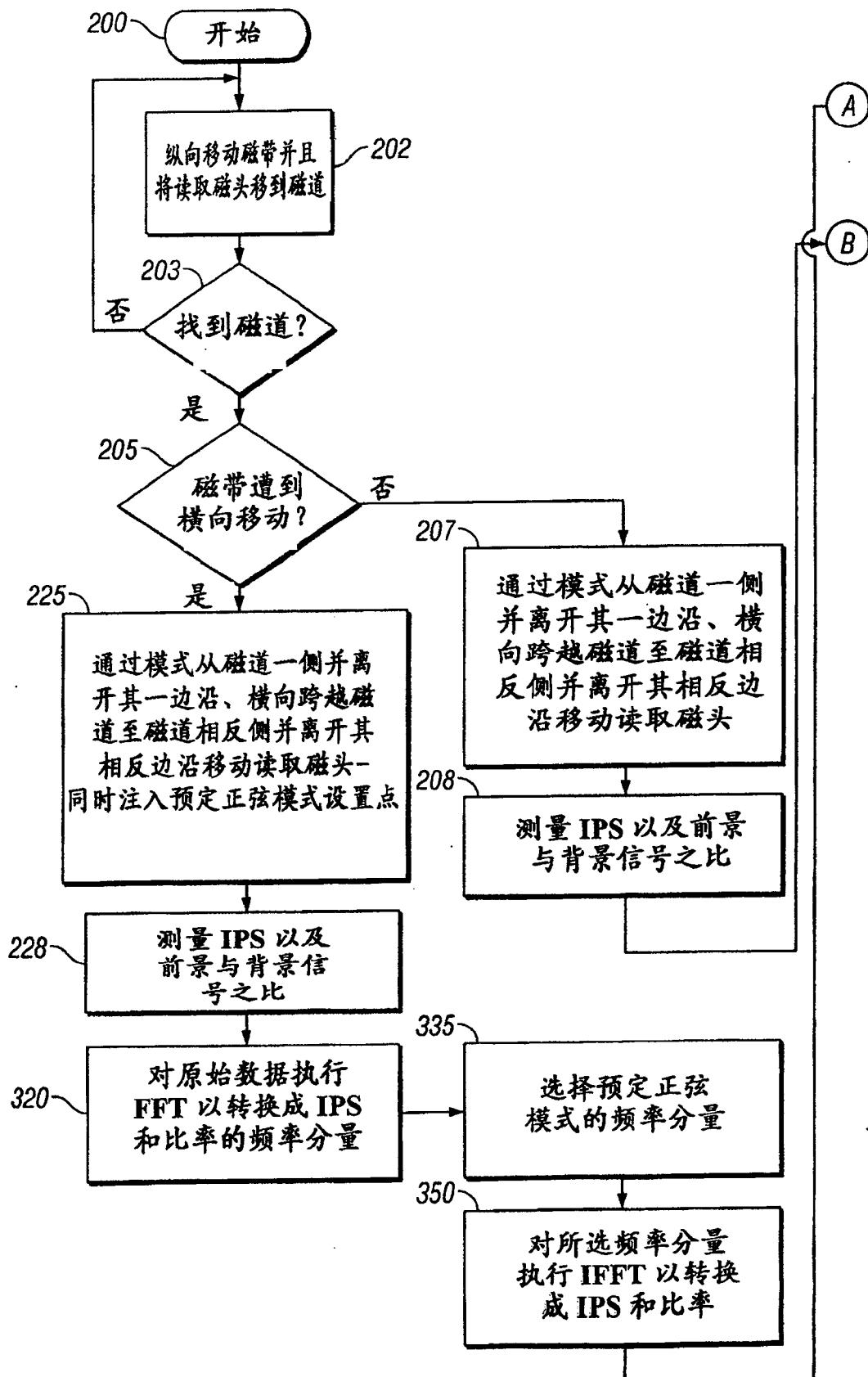


图 3A

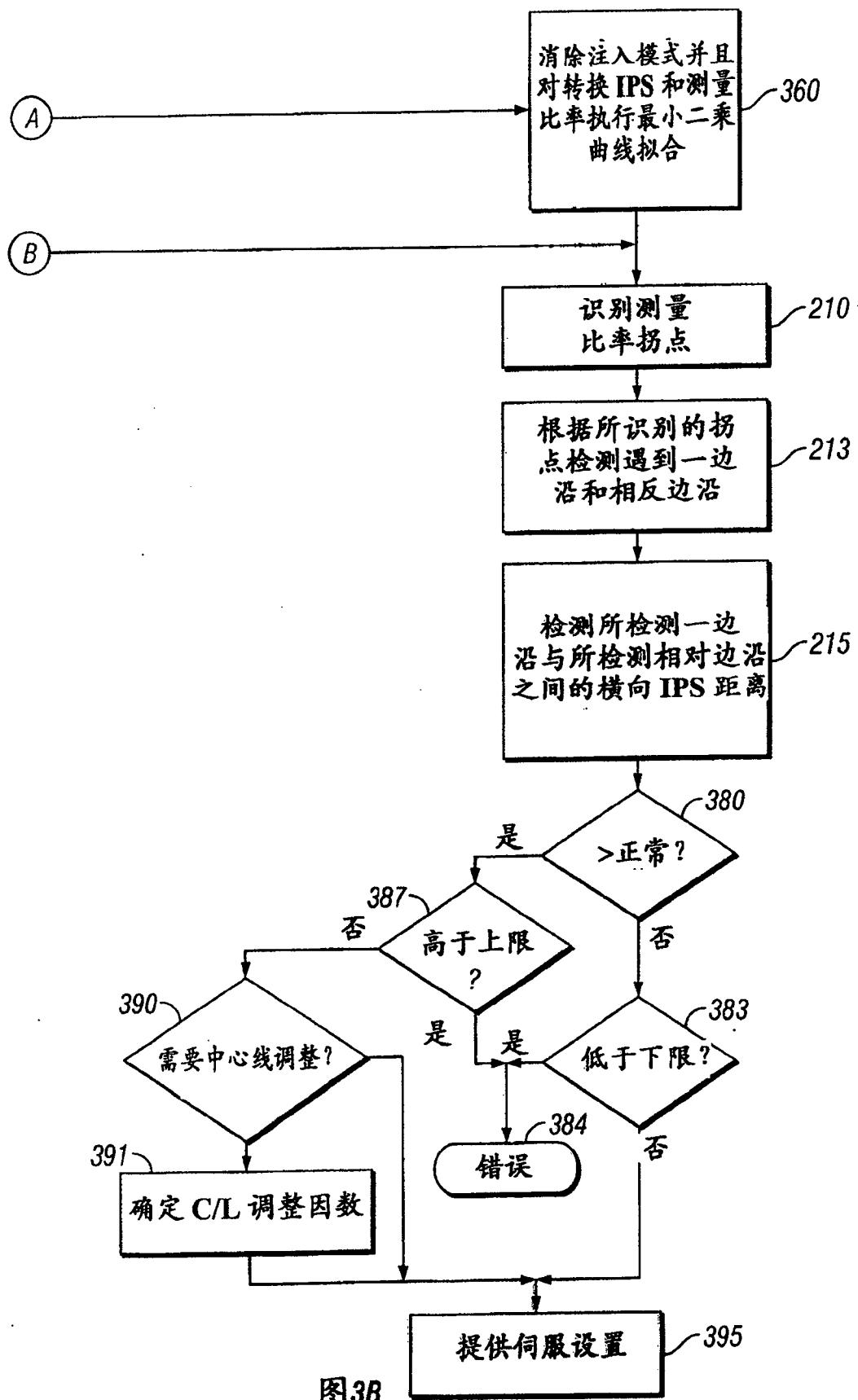


图3B

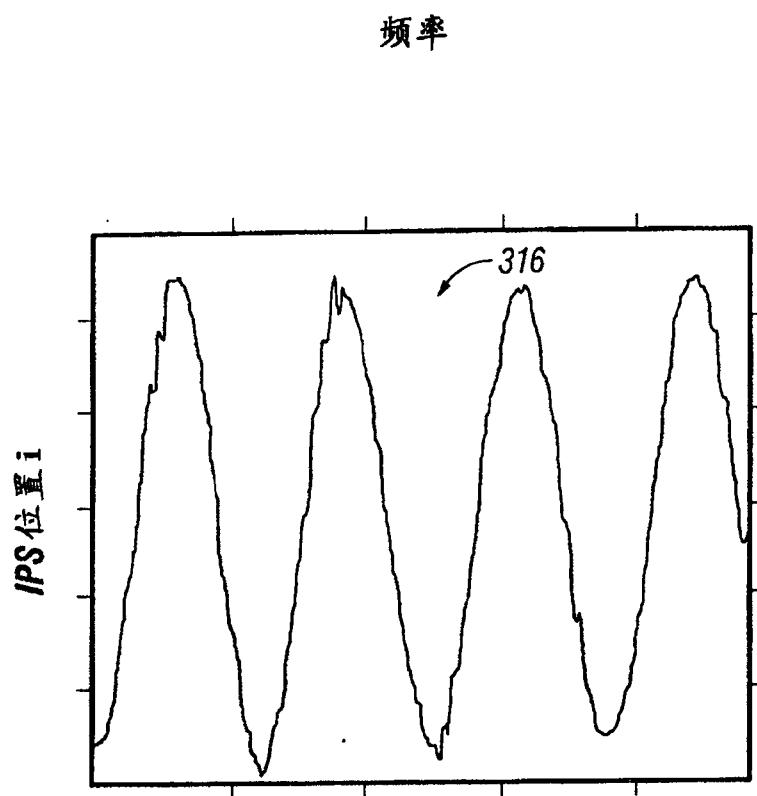


图 4

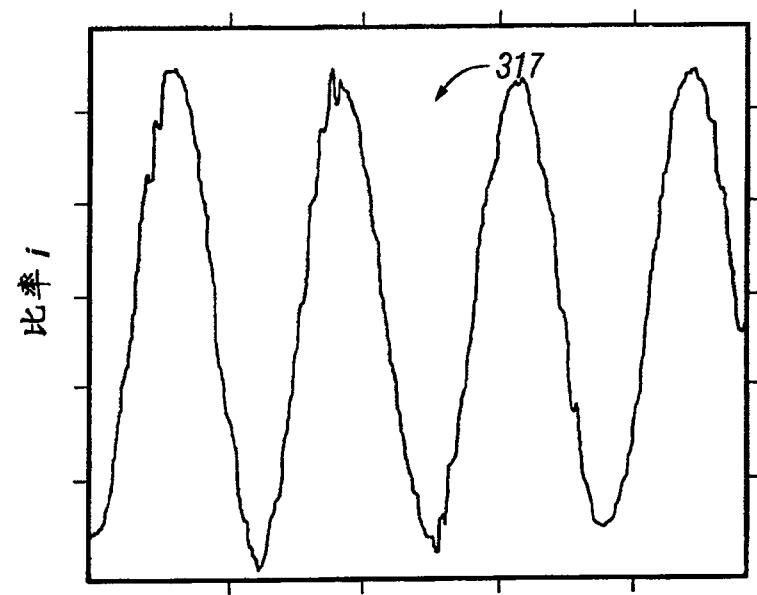


图 5

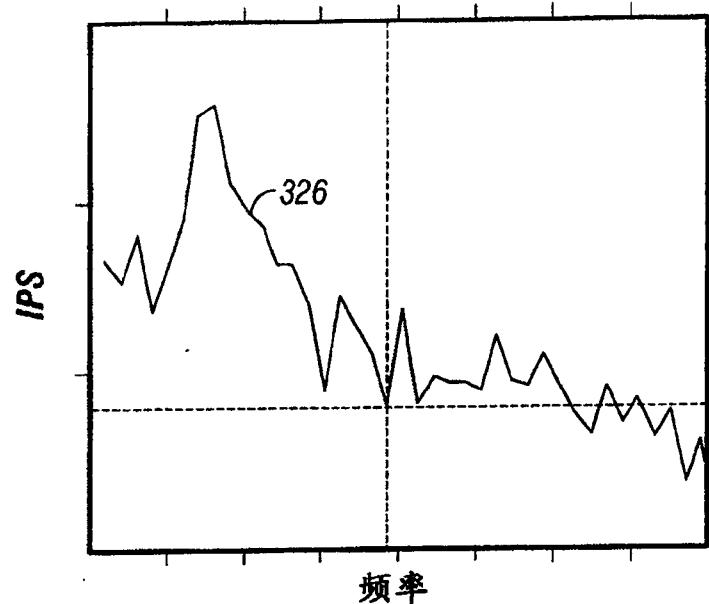


图 6

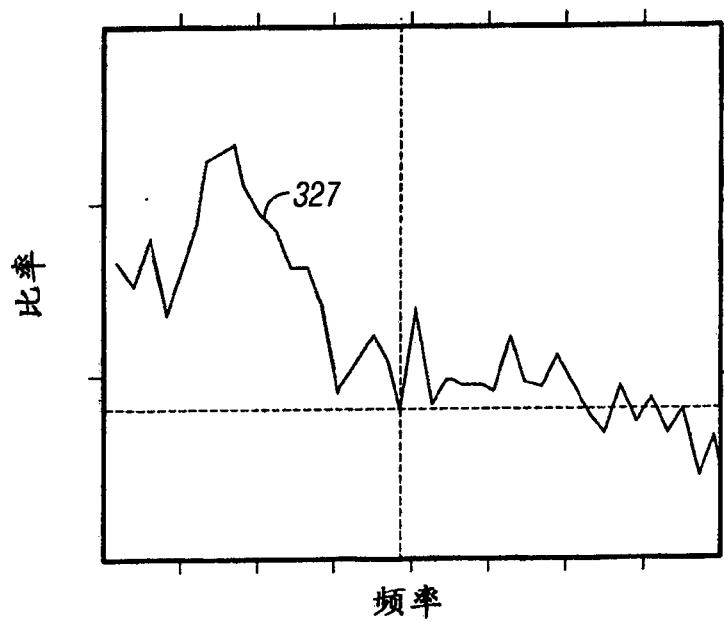


图 7

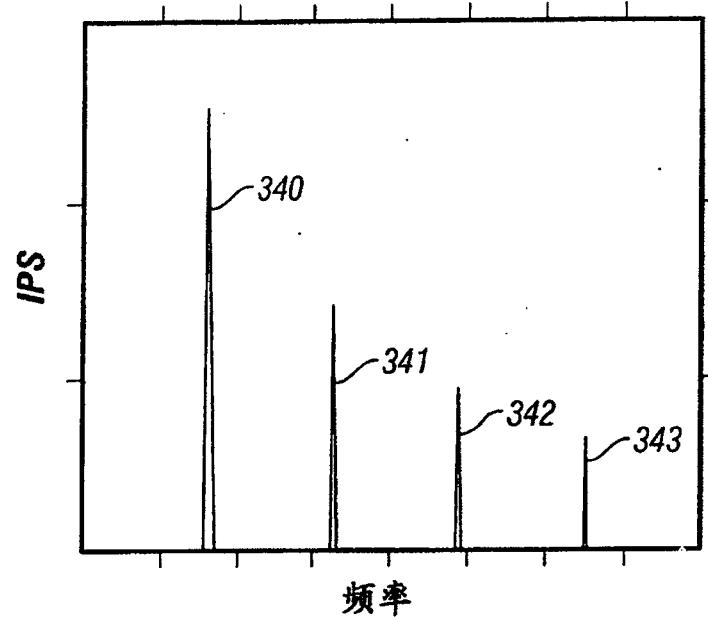


图 8

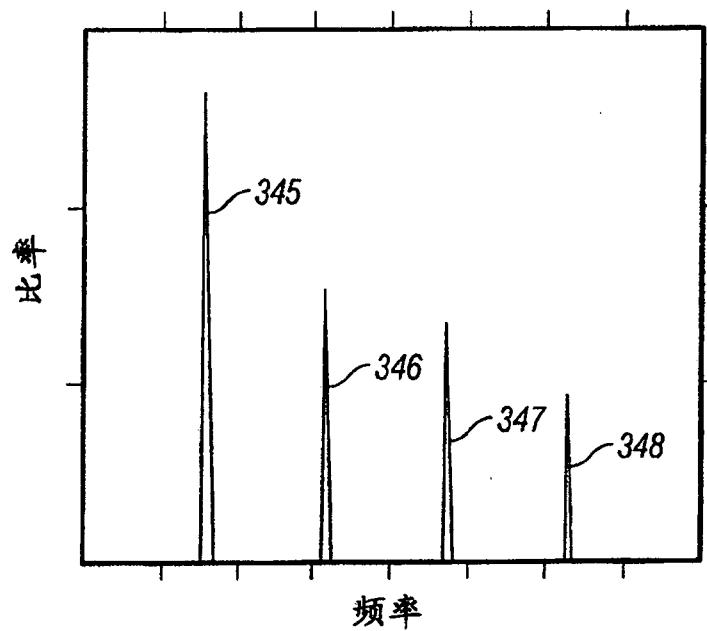


图 9

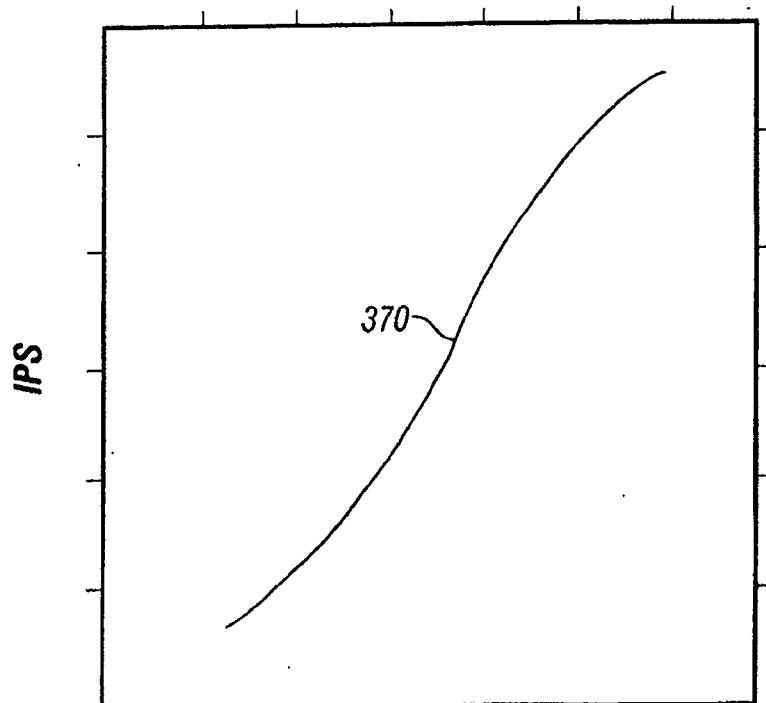


图 10

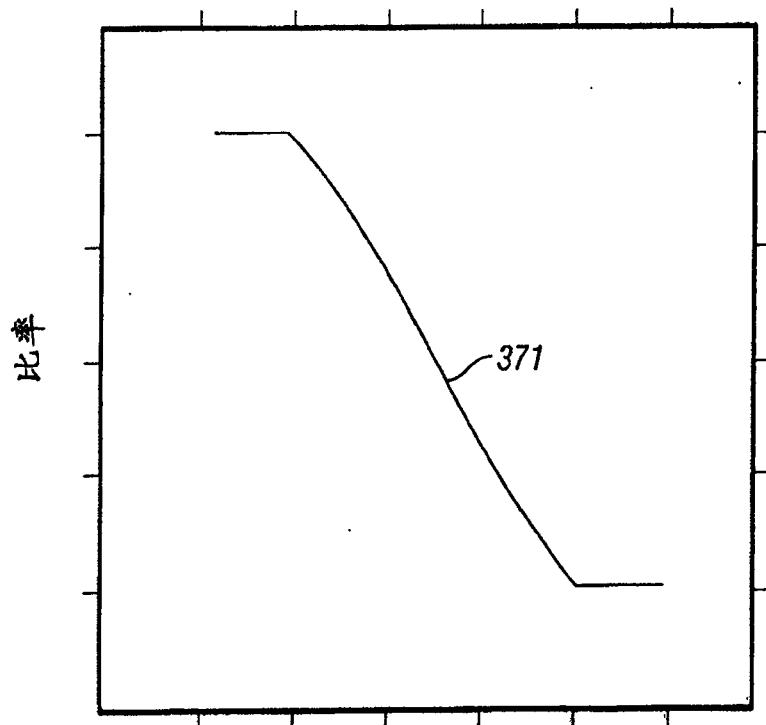


图 11

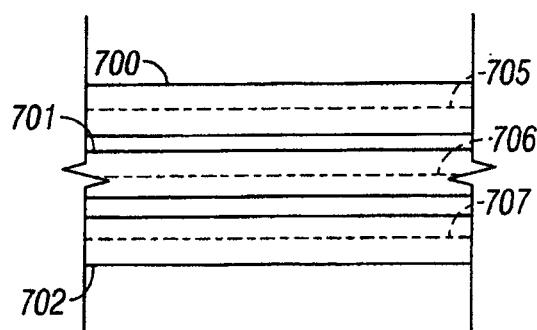


图 12A

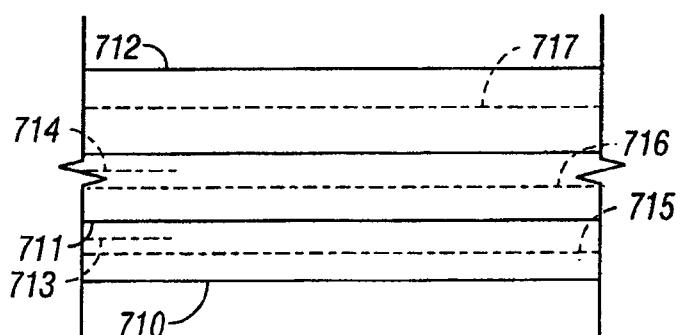
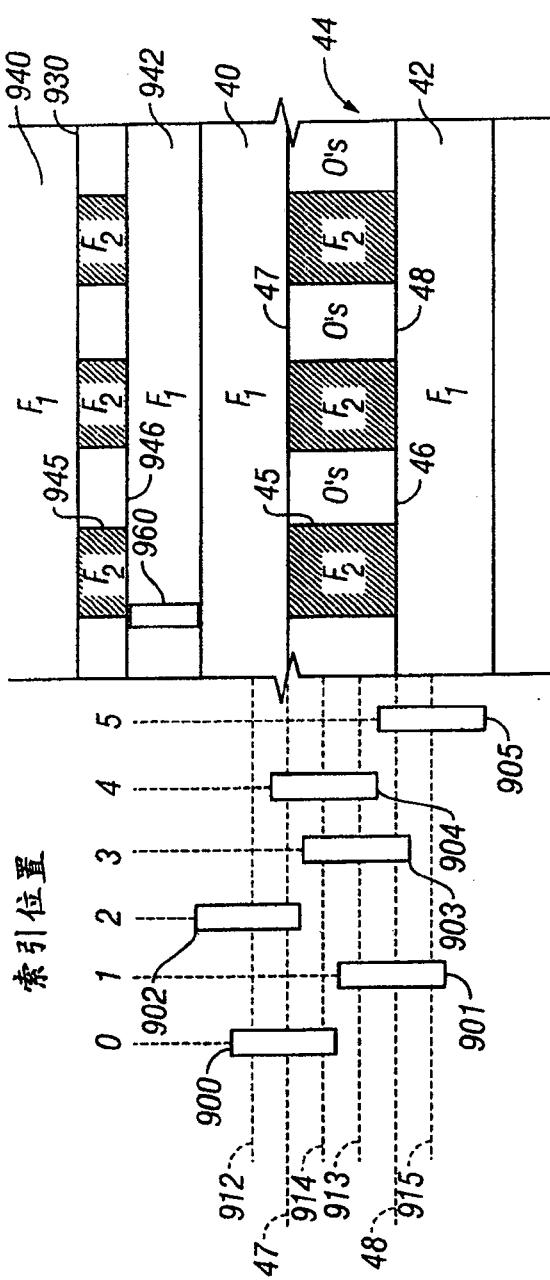


图 12B



13