

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G11B 7/085 (2006.01)

G11B 7/09 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610147093.6

[43] 公开日 2007年8月1日

[11] 公开号 CN 101009112A

[22] 申请日 2006.11.14

[21] 申请号 200610147093.6

[30] 优先权

[32] 2006.1.26 [33] JP [31] 2006-017317

[71] 申请人 日立乐金资料储存股份有限公司

地址 日本东京

[72] 发明人 今井猛 箕田博

[74] 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

代理人 龙 淳

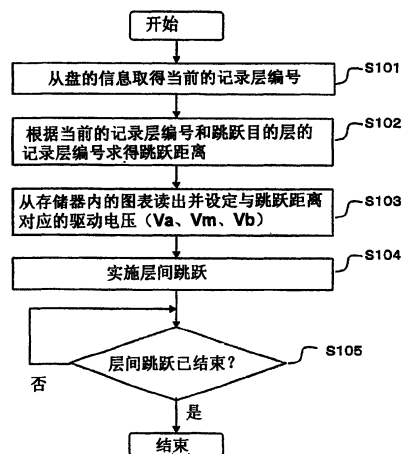
权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图 9 页

[54] 发明名称

光盘装置、聚焦控制方法和光盘

[57] 摘要

在本发明中，提供具有多个记录层，特别是在层间距离不一定的光盘中，能够稳定地实施到任意记录层的层间跳跃的光盘装置。在具有三层以上的记录层，各记录层间的层间距离不均匀的光盘中，当进行从第一记录层到第二记录层的层间跳跃时，求得记录层间的距离，与求得的距离相应地设定施加在层间跳跃用促动器上的驱动电压，实施层间跳跃。这时，对跳跃的各记录层的组合，预先将记录层间的距离和施加的驱动电压存储在存储器中，从存储器读出并设定对应的驱动电压。



1. 一种光盘装置，在具有三层以上的记录层，且各记录层间的层间距离不均匀的光盘上记录再现数据，其特征在于，具有：

使所述光盘旋转的盘电动机；

由物镜汇聚激光，照射在所述光盘的期望记录面上而进行数据的记录再现的拾取器；

处理所述记录再现的数据，并且从由所述拾取器检测到的信号生成聚焦误差信号的信号处理电路；和

根据该聚焦误差信号驱动促动器并控制所述物镜的焦点位置的控制部，

其中，当从所述光盘内的第一记录层到第二记录层进行层间跳跃时，该控制部求出从该第一记录层到该第二记录层的距离，根据该求出的距离设定施加在所述促动器上的驱动电压，通过该设定的驱动电压实施层间跳跃。

2. 根据权利要求1所述的光盘装置，其特征在于，具有：

对所述光盘内的各记录层的组合，预先存储有记录层间的距离和施加的驱动电压的存储器，

当进行从所述第一记录层到所述第二记录层的层间跳跃时，所述控制部从所述存储器读出并设定对应的驱动电压。

3. 根据权利要求1所述的光盘装置，其特征在于：

所述驱动电压包括启动时的加速电压、中间电压和停止时的制动电压。

4. 根据权利要求1所述的光盘装置，其特征在于：

在当进行从所述第一记录层到所述第二记录层的层间跳跃时跳过途中的第三记录层并进行层间跳跃的情况下，所述控制部求出通过该第三记录层的速度，根据该通过速度调整所述驱动电压。

5. 根据权利要求4所述的光盘装置，其特征在于：

所述通过速度从在所述信号处理电路中生成的聚焦误差信号波形的周期求得。

6. 一种聚焦控制方法，用于具有三层以上的记录层，且各记录层间的层间距离不均匀的光盘，其特征在于：

当从该光盘内的第一记录层到第二记录层进行层间跳跃时，求出从该第一记录层到该第二记录层的距离，

根据该求得的距离设定施加在层间跳跃用促动器上的驱动电压，通过该设定的驱动电压实施层间跳跃。

7. 根据权利要求6所述的聚焦控制方法，其特征在于：

对所述光盘内的各记录层的组合，预先将记录层间的距离和施加的驱动电压存储在存储器中，

当进行从所述第一记录层到所述第二记录层的层间跳跃时，从所述存储器读出并设定对应的驱动电压。

8. 根据权利要求6所述的聚焦控制方法，其特征在于：

所述驱动电压包括启动时的加速电压、中间电压和停止时的制动电压。

9. 根据权利要求6所述的聚焦控制方法，其特征在于：

在当进行从所述第一记录层到所述第二记录层的层间跳跃时跳过途中的第三记录层进行层间跳跃的情况下，求出通过该第三记录层的速度，

根据该通过速度调整所述驱动电压。

10. 根据权利要求9所述的聚焦控制方法，其特征在于：

所述通过速度由从所述光盘得到的聚焦误差信号波形的周期求得。

11. 一种光盘，具有三层以上的记录层，且各记录层间的层间距离不均匀，其特征在于：

在其信息管理区域中记录有涉及该光盘的各记录层间的距离的信息。

光盘装置、聚焦控制方法和光盘

优先权

本专利申请以在 2006 年 1 月 26 日申请的日本专利 JP2006-017317 为优先权，本申请参照该专利申请的内容。

技术领域

本发明涉及在具有多个记录层的多层光盘中适当地实施层间跳跃的光盘装置、聚焦控制方法和光盘。

背景技术

在具有多个记录层的多层光盘中，为了切换进行记录、再现的层，需要通过移动物镜将聚焦位置切换到其它层的动作（层间跳跃）。在 DVD 盘中，对记录层为 2 层的光盘进行标准化。而且，关于记录层比 2 层多的光盘的层间跳跃，已经提出了各种技术。

日本专利特开 2003-123272 号公报公开了在从第一层到第三层跳过第二层进行层间跳跃的加速、减速处理中，根据第三层的聚焦误差信号输出的减速控制方法。

日本专利特开 2004-192784 号公报公开了因为对于与 BD 三层光盘相对的层间跳跃，数值孔径（NA）0.8 以上的物镜的焦点距离允许范围非常窄，所以通过将层间跳跃中的减速处理分成第一加速度和第二加速度进行高精度控制的技术。

进一步，日本专利特开 2002-304746 号公报公开了在每层的特性显著不同的多层光盘的情形中，根据 2 层的反射光的光强度控制进行层间跳跃时的加速电压和减速电压的定时的技术。

发明内容

上述技术中的层间跳跃将各层的层间距离一定作为前提。另一方面，已经报告了在多层光盘构造中，具有各层的层间距离不一定的构成的光盘。记述了通过使层间距离不一定而使各层的反射光量均等化，

即便在 8 层构造的记录中也可以进行信号再现的技术。

因此，在今后的多层光盘中，也需要考虑与层间距离对各层中的每一层不同的情形的对应。而且，伴随着层数的增加，需要更稳定地实施不仅是邻接层的跳过跳跃。在上述现有技术中，层间跳跃时的加速、减速条件是一样的，当层间距离不同时和跳过跳跃时常常不一定能够实现最佳控制。一般，因为跳跃后的定位是根据聚焦误差信号进行的，所以当由于跳跃到达点从目标附近偏离而不能够检测出聚焦误差信号时（跳跃失败），从最初重新进行跳跃动作，花费了大量时间。

本发明的目的是在具有多个记录层，特别层间距离不一定的光盘中，稳定地实施到任意层的层间跳跃。

本发明的光盘装置，在具有三层以上的记录层，且各记录层间的层间距离不均匀的光盘上记录再现数据，具有：使光盘旋转的盘电动机；由物镜汇聚激光，照射在光盘的期望记录面上而进行数据的记录再现的拾取器；处理记录再现的数据，并且从由拾取器检测到的信号生成聚焦误差信号的信号处理电路；和根据聚焦误差信号驱动促动器并控制物镜的焦点位置的控制部。当从光盘内的第一记录层到第二记录层进行层间跳跃时，控制部求出从第一记录层到第二记录层的距离，根据求出的距离设定施加在促动器上的驱动电压，通过设定的驱动电压实施层间跳跃。

进一步，具有对光盘内的各记录层的组合，预先存储有记录层间的距离和施加的驱动电压的存储器，当进行从第一记录层到第二记录层的层间跳跃时，控制部从存储器读出并设定对应的驱动电压。这里，驱动电压包括启动时的加速电压、中间电压和停止时的制动电压。

进一步在当进行从第一记录层到第二记录层的层间跳跃时跳过途中的第三记录层并进行层间跳跃的情况下，控制部求出通过第三记录层的速度，根据通过速度调整驱动电压。这里，通过速度从在信号处理电路中生成的聚焦误差信号波形的周期求得。

此外，本发明的聚焦控制方法，用于具有三层以上的记录层，且各记录层间的层间距离不均匀的光盘，当从光盘内的第一记录层到第二记录层进行层间跳跃时，求出从第一记录层到第二记录层的距离，根据求得的距离设定施加在层间跳跃用促动器上的驱动电压，通过设

定的驱动电压实施层间跳跃。

此时，对光盘内的各记录层的组合，预先将记录层间的距离和施加的驱动电压存储在存储器中，当进行从第一记录层到第二记录层的层间跳跃时，从存储器读出并设定对应的驱动电压。

而且，本发明的光盘，具有三层以上的记录层，且各记录层间的层间距离不均匀，在其信息管理区域中记录有涉及光盘的各记录层间的距离的信息。

根据本发明，在具有多个记录层，特别是层间距离不一定的光盘中，可以使层间跳跃稳定，进行稳定顺利的记录再现动作。

附图说明

图 1 是表示本发明的光盘装置的一个实施例的框图。

图 2 是模式地表示 4 层光盘的构成的示意图。

图 3 是表示 4 层光盘中的跳跃距离的示意图。

图 4 是表示 4 层光盘中的层间跳跃的驱动参数的一个例子的示意图。

图 5 是表示用于进行层间跳跃而施加的驱动信号的例子的示意图。

图 6 是表示用于进行层间跳跃而施加的驱动信号的例子的示意图。

图 7 是表示用于进行层间跳跃而施加的驱动信号的例子的示意图。

图 8 是表示当进行跳过跳跃时施加的驱动信号的其它例子的示意图。

图 9 是表示当进行跳过跳跃时施加的驱动信号的其它例子的示意图。

图 10 是表示当进行跳过跳跃时施加的驱动信号的其它例子的示意图。

图 11 是表示 FE 信号的周期 T 与调整电压 V_t 的关系的示意图。

图 12 是表示聚焦控制（层间跳跃）的顺序的流程图。

图 13 是表示聚焦控制（层间跳跃）的顺序的流程图。

图 14 是表示聚焦控制（层间跳跃）的顺序的流程图。

图 15A、15B 是将关于层间距离的信息记录在光盘自身中时的说明图。

具体实施方式

图 1 是表示本发明的光盘装置的一个实施例的方框图。本实施例的装置，通过盘电动机 5 使装入的多层结构的光盘 1 旋转，通过旋转数检测部 6 检测旋转速度。拾取器 2 将由半导体激光器产生的激光照射在光盘 1 的记录面上，记录或再现数据。将物镜 4 和调整其位置的聚焦和跟踪用促动器 19 内置在拾取器 2 内，将激光汇聚在期望的记录面和期望的轨道上。螺纹电动机 3 使拾取器 2 沿光盘上的半径方向移动。电动机驱动器 8 将驱动信号 15、16、17、18 供给到盘电动机 5、螺纹电动机 3 和促动器 19，这些驱动信号用于驱动它们。

信号处理部 7 生成供给到拾取器 2 的记录信号，并且处理由拾取器 2 读出的信号，生成聚焦误差信号、跟踪误差信号和 RF 信号。在数字信号处理器 (DSP) 9 中，包含接口 10、编码/解码部 12、和伺服部 13。接口 10 在与连接于外部的计算机 14 之间进行记录/再现数据和指令的传送。编码/解码部 12 在与信号处理部 7 之间，进行记录数据的编码和再现 RF 信号的解码。伺服部 13 接受检测出的聚焦误差信号和跟踪误差信号及旋转速度信号，生成聚焦和跟踪的伺服机构信号，供给到电动机驱动器 8。

微计算机 11 进行整个装置的控制，并且控制多层盘中的层间跳跃动作。即具有保持与多个层间跳跃对应的驱动参数的存储器 20，一面参照这些参数，一面设定促动器 19 的驱动条件（驱动电压），适当地实施层间跳跃。

图 2 是模式地表示作为在本实施例中成为对象的多层盘的 4 层盘的构成的示意图。夹着隔片层而顺次形成有记录层 1 到记录层 4。以记号 y 表示各记录层的层间距离。 y_{12} 表示记录层 1 与记录层 2 之间的距离。在本实施例中设想层间距离 y 不是一定的情形，在图 2 中，设定 $y_{34} < y_{12} < y_{23}$ 。例如在 BD (Blu-ray) 用多层盘中，将层间距离 y 不均等地设定在 $10 \sim 20 \mu\text{m}$ 的范围中。物镜 4 汇聚记录用、再现用的激光，使焦点落在期望的记录层上。而且，当进行层间跳跃时，通过促动器驱动物镜 4，使焦点从某个记录层移动到其它的记录层。

图 3 是表示 4 层光盘中的跳跃距离的示意图。通过跳跃出发层的记录层和跳跃目的层的记录层的组合，存在着 6 个跳跃样式（跳跃距

离) (这里不区别跳跃方向)。这里各记录层的层间距离是根据制定的介质标准决定的已知的值。因此, 不需要一一测定跳跃距离, 只要指定跳跃出发层和跳跃目的层的记录层的编号就能够知道。而且设定对各距离中的每一个进行跳跃动作时的驱动参数, 存储在存储器 20 中。

图 4 是表示 4 层光盘中的层间跳跃的驱动参数的一个例子的示意图。对跳跃距离不同的 6 个跳跃样式, 作为促动器的驱动参数, 设定加速电压 V_a 、中间电压 V_m 和制动电压 V_b 。通过加速电压 V_a 赋予初速, 通过中间电压 V_m 维持该速度, 如果接近跳跃目的层则由制动电压 V_b 进行减速使其停止。考虑到促动器的驱动特性, 根据跳跃距离设定最合适的这些驱动电压值。基本上, 跳跃距离越大, 使各电压值越大。因此, 能够避免由跳跃距离大时的失速引起的跳跃失败 (这时, 例如, 需要在最接近拾取器侧的记录层上加上聚焦伺服, 再次从那里跳跃到目的记录层), 缩短跳跃动作的时间。这里所示的驱动参数的组合是最基本的情形, 进一步能够通过追加其它参数进行高精度的控制。

在图 4 中表示对 4 层盘的驱动参数的图表, 但是通过准备好适当的图表, 也能够将本发明应用于具有 5 层以上的记录层的光盘的层间跳跃动作。

[实施例 1]

图 5~图 7 是表示在 4 层盘中跳跃距离分别不同的情况下, 用于进行层间跳跃而施加的驱动信号的例子的示意图。

图 5 是跳跃距离短的情形, 是从图 2 的记录层 1 跳跃到记录层 2 的情形 (跳跃距离= y_{12})。在时刻 t_0 在促动器上施加跳跃用加速电压 V_{a12} , 使物镜移动。通过使物镜发出的激光的焦点从记录层 1 偏离, 从拾取器 2 的检测信号, 得到图中那样的 S 字型的波形作为聚焦误差信号 (FE)。在通过从记录层 1 的区域离开, S 字波形消失的时刻 t_1 , 切换到中间电压 V_{m12} 。 V_{m12} 用于维持当前速度, 比加速电压 V_{a12} 小。而且, 当达到作为跳跃目的地的记录层 2 的区域时, 得到表示与记录层 2 的焦点偏离的 FE 信号的 S 字波形。在得到 S 字波形的时刻 t_2 , 切换到制动电压 V_{b12} 并施加该电压。 V_{b12} 具有相反的极性, 使物镜的运动减速。在 FE 信号成为规定电压 (零附近) 的时刻 t_3 , 切断跳跃用驱动电压使物镜停止。此后, 移动到使焦点与记录层 2 重合的聚焦

伺服控制，进行记录再现动作。

图 6 是跳跃距离长的情形，是从图 2 的记录层 2 跳跃到记录层 3 的情形（跳跃距离= y_{23} ）。基本动作与上述图 5 相同，但是这时因为距离长，所以将施加的驱动电压设定得大。即，将加速电压 V_{a23} 、中间电压 V_{m23} 、制动电压 V_{b23} 设定得比上述各电压 V_{a12} 、 V_{m12} 、 V_{b12} 大。因此跳跃动作不会因途中失速而失败。

图 7 是从图 2 的记录层 1 跳过跳跃到记录层 3 的情形，跳跃距离（= y_{13} ）更长。这时将施加的驱动电压设定得更大。即，将加速电压 V_{a13} 、中间电压 V_{m13} 、制动电压 V_{b13} 设定得比上述图 5 和图 6 的各电压大。此外，当跳跃时，跳过途中的记录层 2，这时，得到表示与记录层 2 的焦点偏离的 FE 信号。当跳过跳跃时，对途中得到的 FE 信号（S 字波形）的次数进行计数，判断是否存在作为目的地的跳跃目的层的记录层。这时，开始后，跳过第一次（ $n=1$ ）的 S 字波形，将第二次（ $n=2$ ）的 S 字波形作为目标。

根据本实施例，由于能够根据跳跃距离最适当地设定驱动电压，所以能够不失败地稳定地实现特别是层间距离不一定的多层盘中的层间跳跃。

[实施例 2]

图 8~图 11 是表示当进行跳过跳跃时施加的驱动信号的其它例子的示意图。该方法在中间电压 V_m 与制动电压 V_b 之间追加并施加调整电压 V_t 。

图 8 表示在 4 层盘中，从记录层 1 跳过跳跃到记录层 4 的情形，跳过途中的记录层 2、3。与上述同样地设定加速电压 V_{a14} 、中间电压 V_{m14} 、制动电压 V_{b14} ，进一步在从跳跃目的层的前 1 个的记录层 3 到跳跃目的层的记录层 4 上到施加新的调整电压 V_t 。即，测定在记录层 3 得到的 FE 信号（S 字波形）的周期 T ，根据该周期决定调整电压 V_t 的值并施加调整电压 V_t 。这里 FE 信号的周期是从 S 字波形的下顶点到上顶点的时间宽度 T ，因此知道通过记录层 3 的速度。比较周期 T （即通过速度）和规定值，调整 V_t 。这里是判断通过速度比规定值快，使 V_t 比 V_{m14} 小而进行减速的情形。通过实施该速度调整，能够使以后的减速动作稳定化。接着施加制动电压 V_{b14} ，能够确实地停止到跳

跃目的层的记录层 4 的跳跃。

图 9 是与图 8 同样从记录层 1 跳过跳跃到记录层 4 的情形，但是使记录层 3 中的 FE 信号的周期 T 更小的情形。在该情形中，因为记录层 3 中的通过速度更快，所以作为调整电压 V_t 施加与加速电压和中间电压相反极性的制动用电压。

图 10 是与图 8 同样从记录层 1 跳过跳跃到记录层 4 的情形，但是使记录层 3 中的 FE 信号的周期 T 大的情形。在该情形中，因为记录层 3 中的通过速度比规定值慢，所以使调整电压 V_t 比 V_{m14} 高而加速。

图 11 是表示通过前面的记录层时的 FE 信号的周期 T 与调整电压 V_t 的关系的示意图。决定周期 T 的目标值 T_0 ，通过与其比较决定调整电压 V_t 。与 T 成正比地施加 V_t ，但是可以对 V_t 设定最大值 V_{tmax} 和最小值 V_{tmin} 。用实线表示上述图 8、图 9 中的减速用 V_t 的设定 ($V_t < V_m$)，用虚线表示上述图 10 的加速用设定 ($V_t > V_m$)。此外，也可以省略虚线所示的加速控制，只进行实线所示的减速控制。

在本实施例中，将施加调整电压 V_t 的定时作为跳跃目的层的记录层的前 1 个的记录层，但是当层数多时，也可以在通过前 2 个或在此之前的记录层的时刻测定周期 T ，施加 V_t 。

根据本实施例，由于能够将跳跃动作后半（特别是在结束前）的移动速度调整到最佳，所以能够确实地到达目的记录层。

参照操作程序图说明上述的实施例 1、实施例 2 中的聚焦控制（层间跳跃）的顺序。

图 12 是表示接受层间跳跃的指令，直到实施它的整个聚焦控制的流程的操作程序图。首先，当从主机 14 接受层间跳跃的指令时，从盘读出信息，取得当前（跳跃出发层）的焦点位置的记录层编号（S101）。而且，根据指定的目的（跳跃目的层）的记录层编号，求得跳跃的距离（S102）。从存储器 20 内的图表读出与跳跃距离对应的促动器的驱动参数（驱动电压 V_a 、 V_m 、 V_b ）（S103）。这里，由于在图表中以上述图 4 那样的形式保持有驱动参数的信息，所以通过只给予层间跳跃的样式（跳跃出发层和跳跃目的层的记录层编号），就能够读出跳跃距离和驱动参数。如果取得驱动参数，则以驱动电压 V_a 、 V_m 、 V_b 的顺序将其设定在促动器中，实施跳跃动作（S104）。通过读出来自光盘的

信息判定是否到达目的记录层 (S105)，结束跳跃动作。接着，在该位置上移动到聚焦伺服机构控制，进行数据的记录、再现等动作。

图 13 是关于图 12 中的层间跳跃动作 (S104)，详细说明上述实施例 1 的情形的操作程序图。

按照从图表中读出的参数，作为驱动电压开始时施加加速电压 V_a 进行启动 (S201)。从 FE 信号的波形判定是否越过了跳跃出发层的记录层的区域 (S202)。如果越过了跳跃出发层的记录层 (例如 FE 信号的 S 字波形消失)，则切换到下一个中间电压 V_m (S203)。此后维持该速度，跳过途中的记录层 (S204)。预先从给予的跳跃条件可知是否跳过记录层。此外，通过对检测出的 FE 信号的 S 字波形进行计数可知跳过的层数。从 FE 信号的波形判定是否到达跳跃目的层的记录层的附近 (S205)。如果到达跳跃目的层的记录层的附近 (发生 FE 信号的 S 字波形)，则施加制动电压 V_b 进行减速 (S206)。判定 FE 信号是否横切规定的电平 (例如零电平) (S207)，如果成为规定的电平则切断制动电压 V_b ，切换到聚焦伺服机构的控制 (S208)。

图 14 是关于图 12 中的层间跳跃动作 (S104)，详细说明上述实施例 2 的情形的操作程序图。

S301 到 S304 与图 13 的 S201 到 S204 同样，省略对它们的说明。接着，判定途中跳过的记录层是否是跳跃目的层的记录层的前 1 个层 (S305)。如果是前 1 个层，则测量 FE 信号的 S 字波形的顶点间的周期 T (时间宽度) (S306)。从测量得到的周期 T 算出调整电压 V_t (S307)，将施加电压切换到 V_t (S308)。这里在 V_t 的算出中使用例如上述图 11 的关系式。以后，S309 到 S312 与图 13 的 S205 到 S208 相同。

[实施例 3]

现在说明为了更适当地实施层间跳跃动作，将关于层间距离的信息记录在光盘自身中，读出这些信息，设定驱动参数的情形。

图 15A 是表示关于记录在光盘中的层间距离的信息的一个例子的示意图。即，预先将本盘中的各记录层间的距离记录在各盘的信息管理区域中。例如，从由标准决定的任意值开始，进行记录的盘上的地址，从而对每 1 个字节记录层间距离编号。如图 15A 那样用标准预先决定第几个字节表示哪里的层间。

图 15B 是表示层间距离编号和层间距离对应的编码表的一个例子。规定该编码表作为盘的物理标准，预先存储在光盘装置的存储器中。当从盘读出层间距离编号时，装置使用存储在存储器内的编码表求得层间距离。此后，参照图 4 所示的驱动参数的图表，读出并设定最合适的驱动电压。

在本实施例中，因为将层间距离的信息存储在光盘自身中，所以通过在装置侧读出这些信息能够容易并迅速地设定跳跃动作的驱动条件。

在以上所述的各实施例中，作为对象的光盘将具有三层以上的记录层，各记录层间的层间距离不均匀作为前提，但是本发明不限于此。本发明对于当在具有三层以上的记录层、各记录层间的层间距离均匀的光盘中，进行跳过跳跃的情形也是有效的。而且本发明同样也能够应用于在具有 2 层以上的记录层的盘中，对每个盘层间距离不同的情形。

而且在上述各实施例中，驱动参数的设定是从预先作成的图表读出并进行设定的，但是也能够根据跳跃距离，通过计算式求得并进行设定。这时，能够与任意的跳跃距离对应。

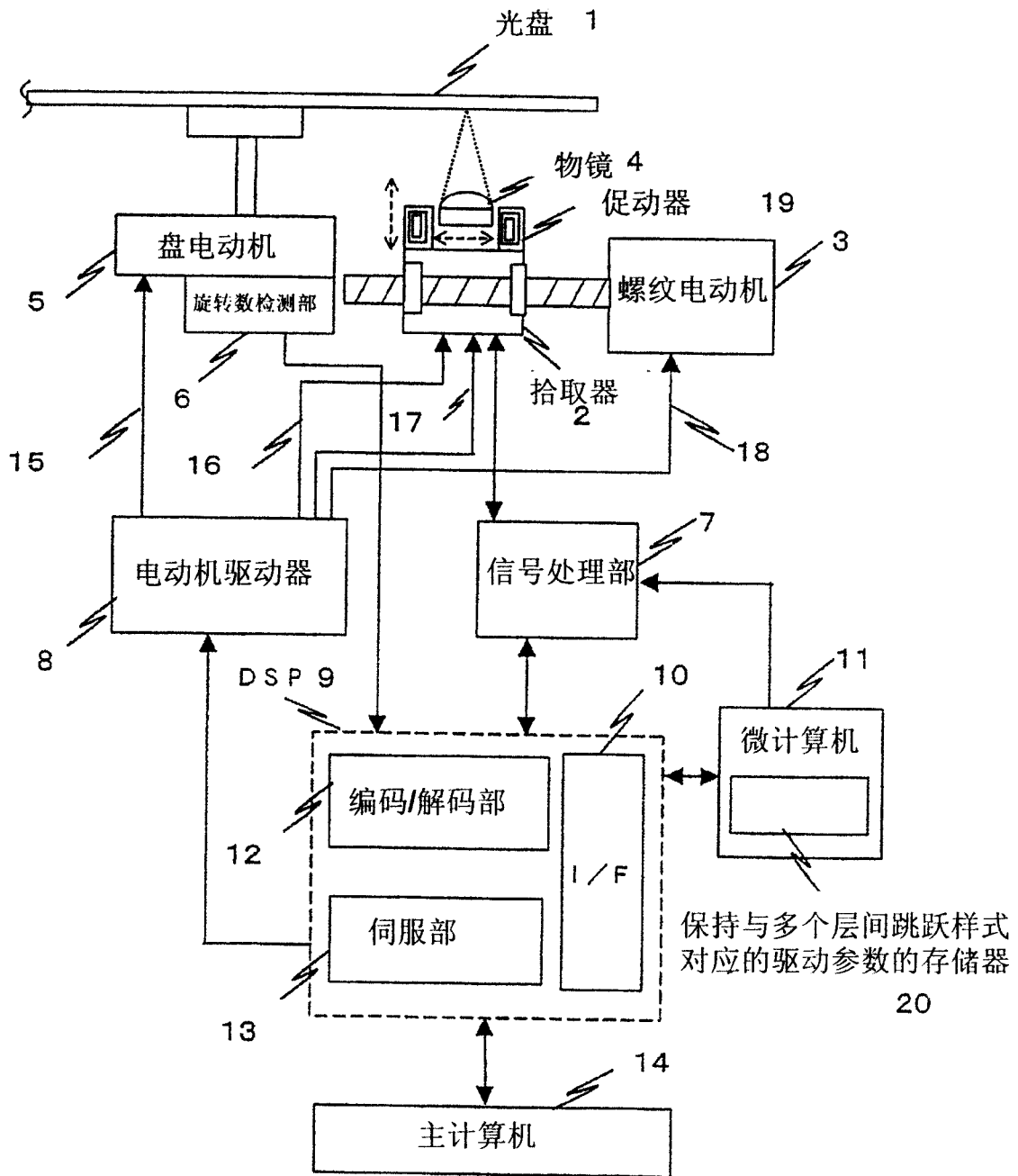


图1

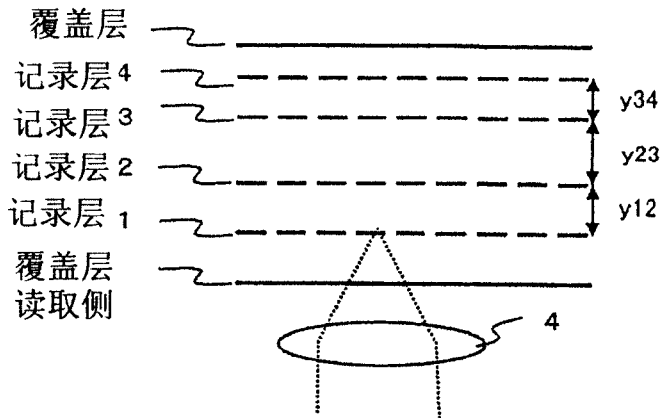


图2

层间距离 y		跳跃目的层的位置			
		记录层1	记录层2	记录层3	记录层4
跳跃出发层的位置	记录层1	-	y_{12}	$y_{12}+y_{23}$	$y_{12}+y_{23}+y_{34}$
	记录层2	y_{12}	-	y_{23}	$y_{23}+y_{34}$
	记录层3	$y_{12}+y_{23}$	y_{23}	-	y_{34}
	记录层4	$y_{12}+y_{23}+y_{34}$	$y_{23}+y_{34}$	y_{34}	-

图3

层间跳跃的样式	跳跃距离	加速电压 V_a	中间电压 V_m	制动电压 V_b
记录层1 ⇌ 记录层2	y_{12}	V_{a12}	V_{m12}	V_{b12}
记录层1 ⇌ 记录层3	$y_{12}+y_{23}$	V_{a13}	V_{m13}	V_{b13}
记录层1 ⇌ 记录层4	$y_{12}+y_{23}+y_{34}$	V_{a14}	V_{m14}	V_{b14}
记录层2 ⇌ 记录层3	y_{23}	V_{a23}	V_{m23}	V_{b23}
记录层2 ⇌ 记录层4	$y_{23}+y_{34}$	V_{a24}	V_{m24}	V_{b24}
记录层3 ⇌ 记录层4	y_{34}	V_{a34}	V_{m34}	V_{b34}

图4

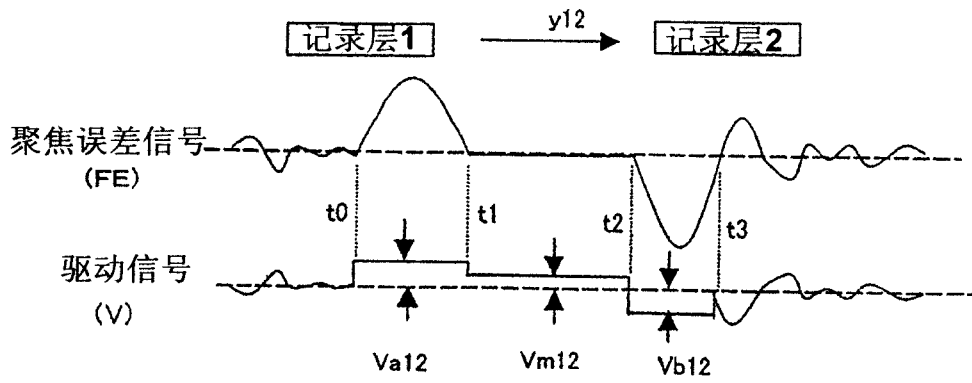


图5

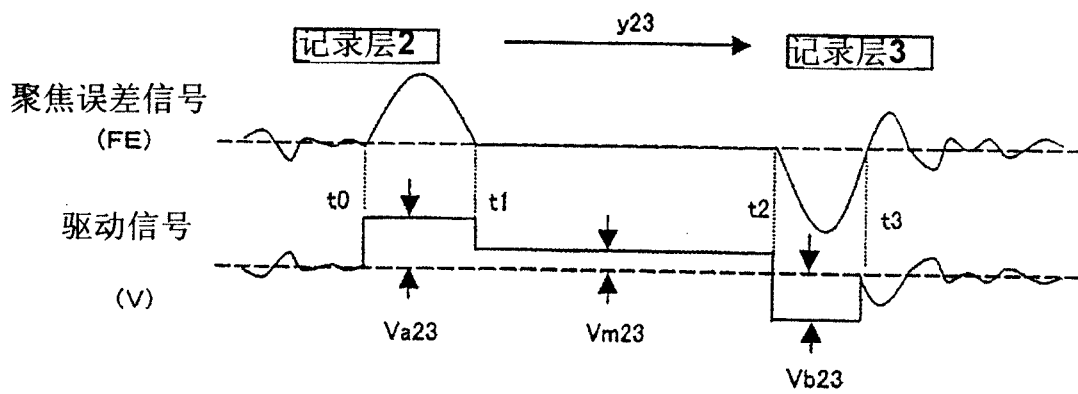


图6

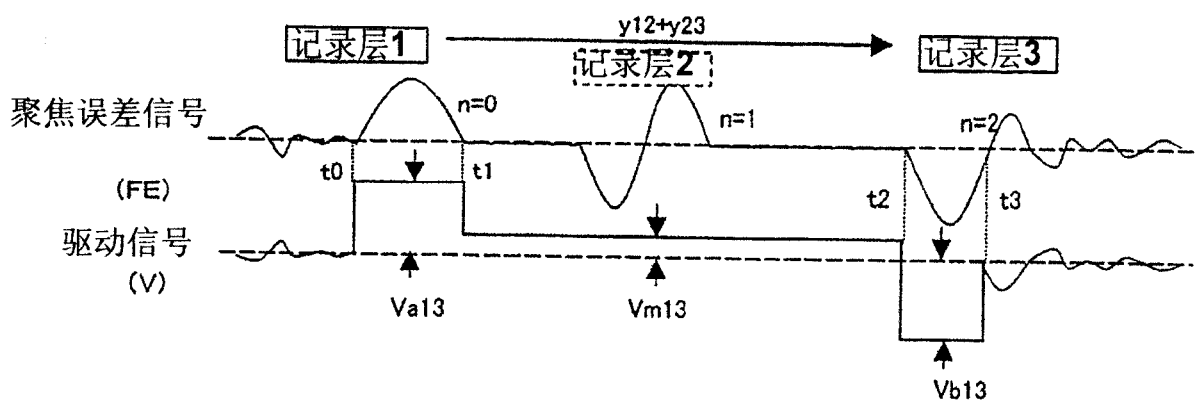


图7

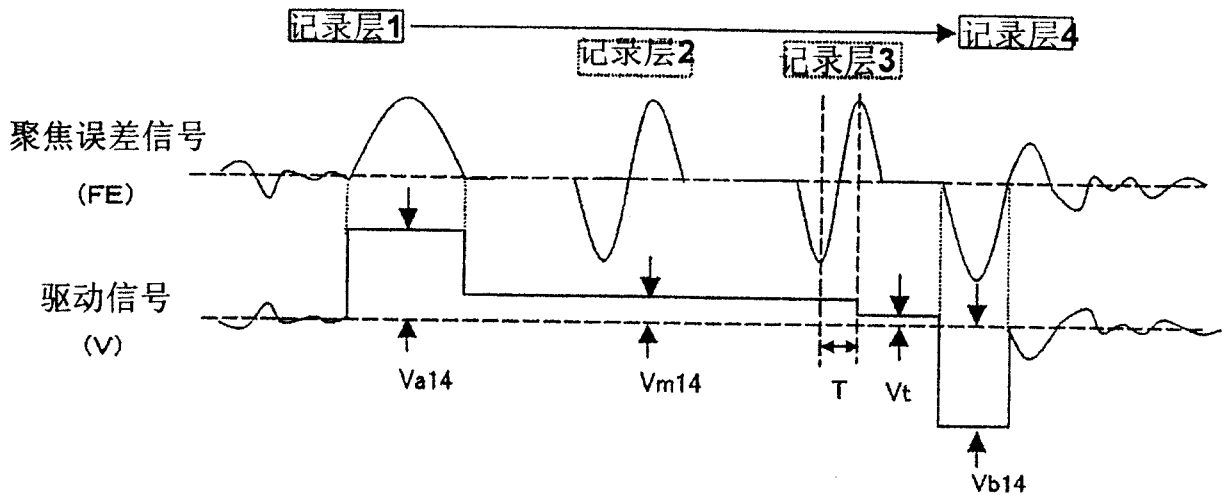


图8

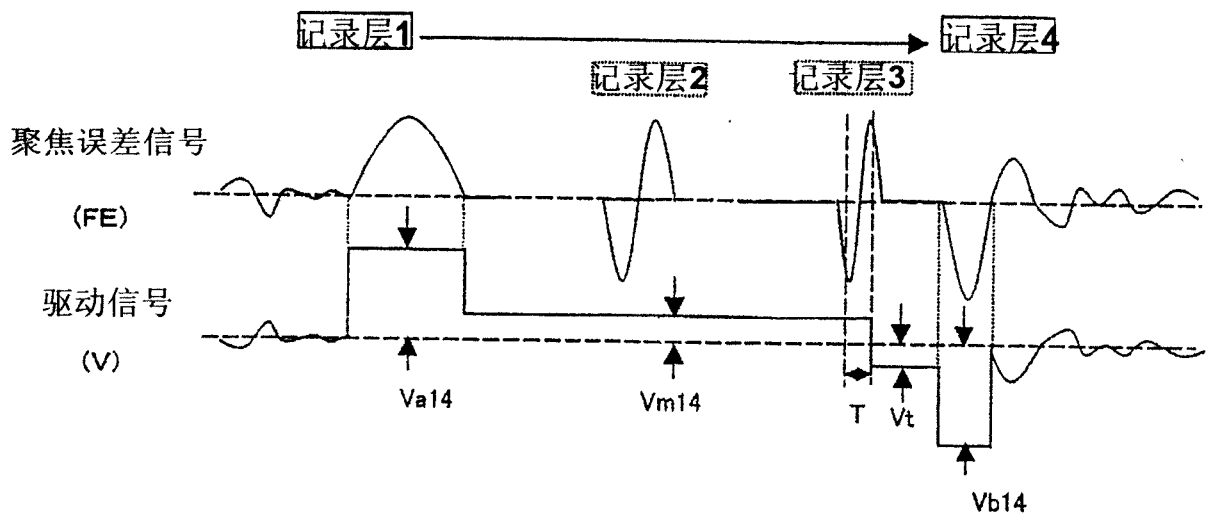


图9

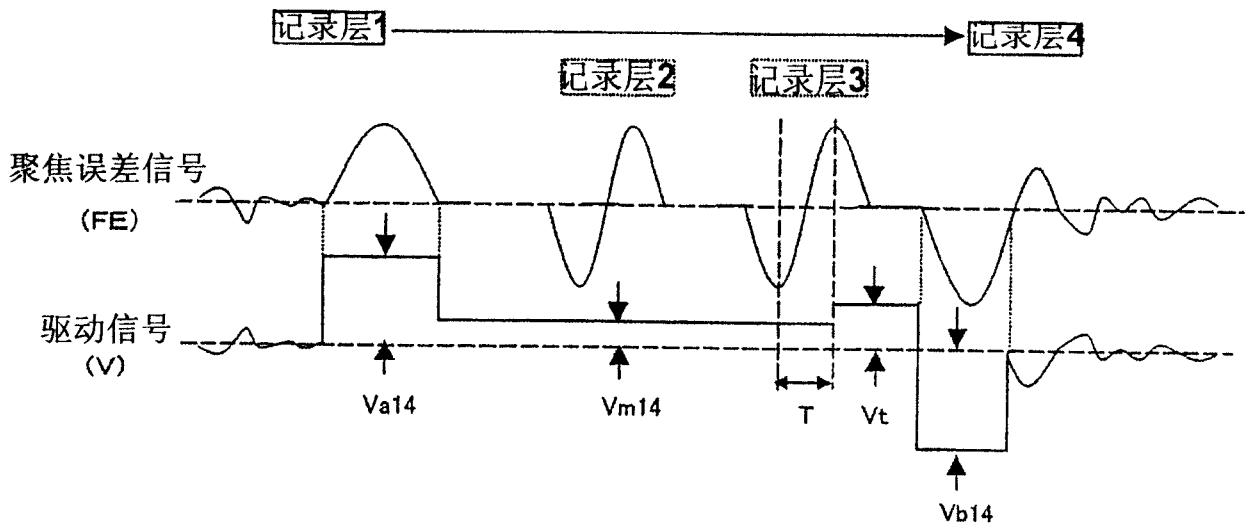


图10

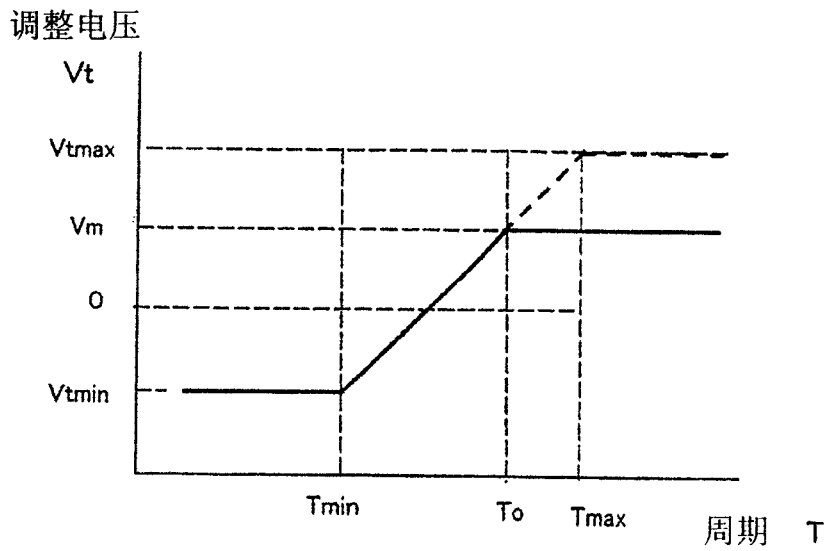


图11

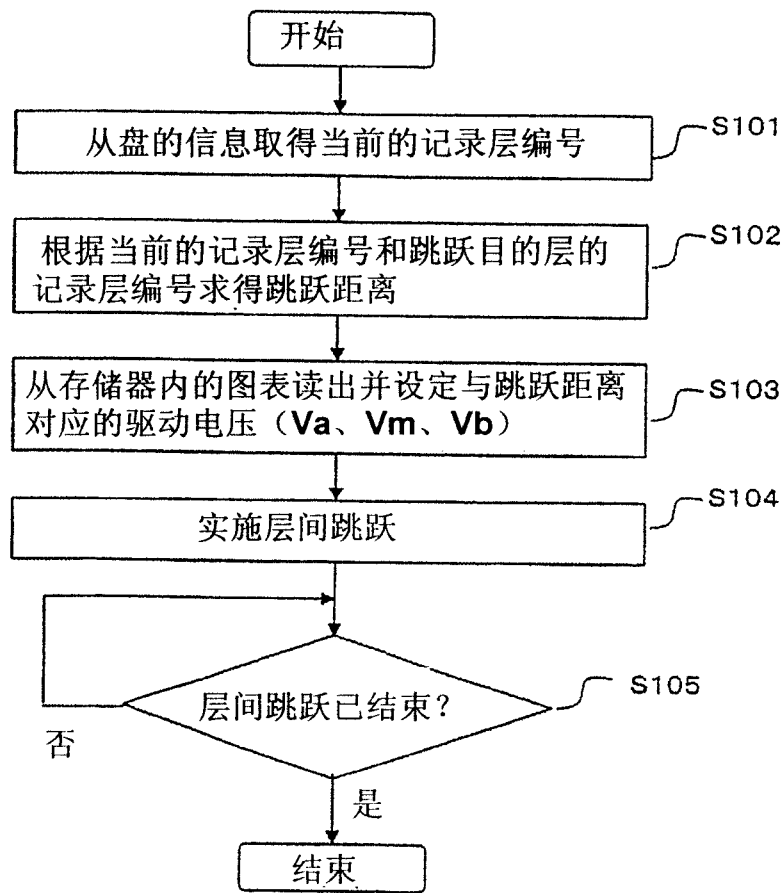


图12

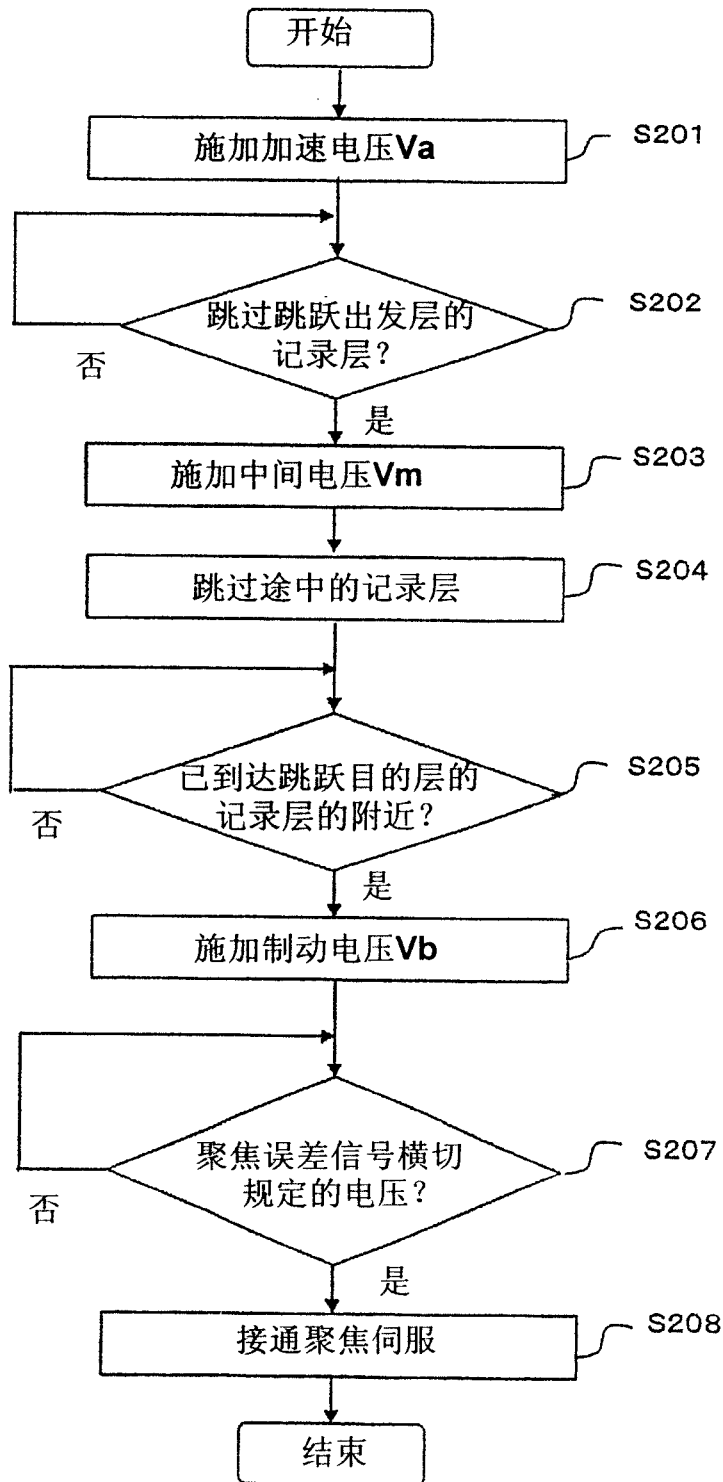


图13

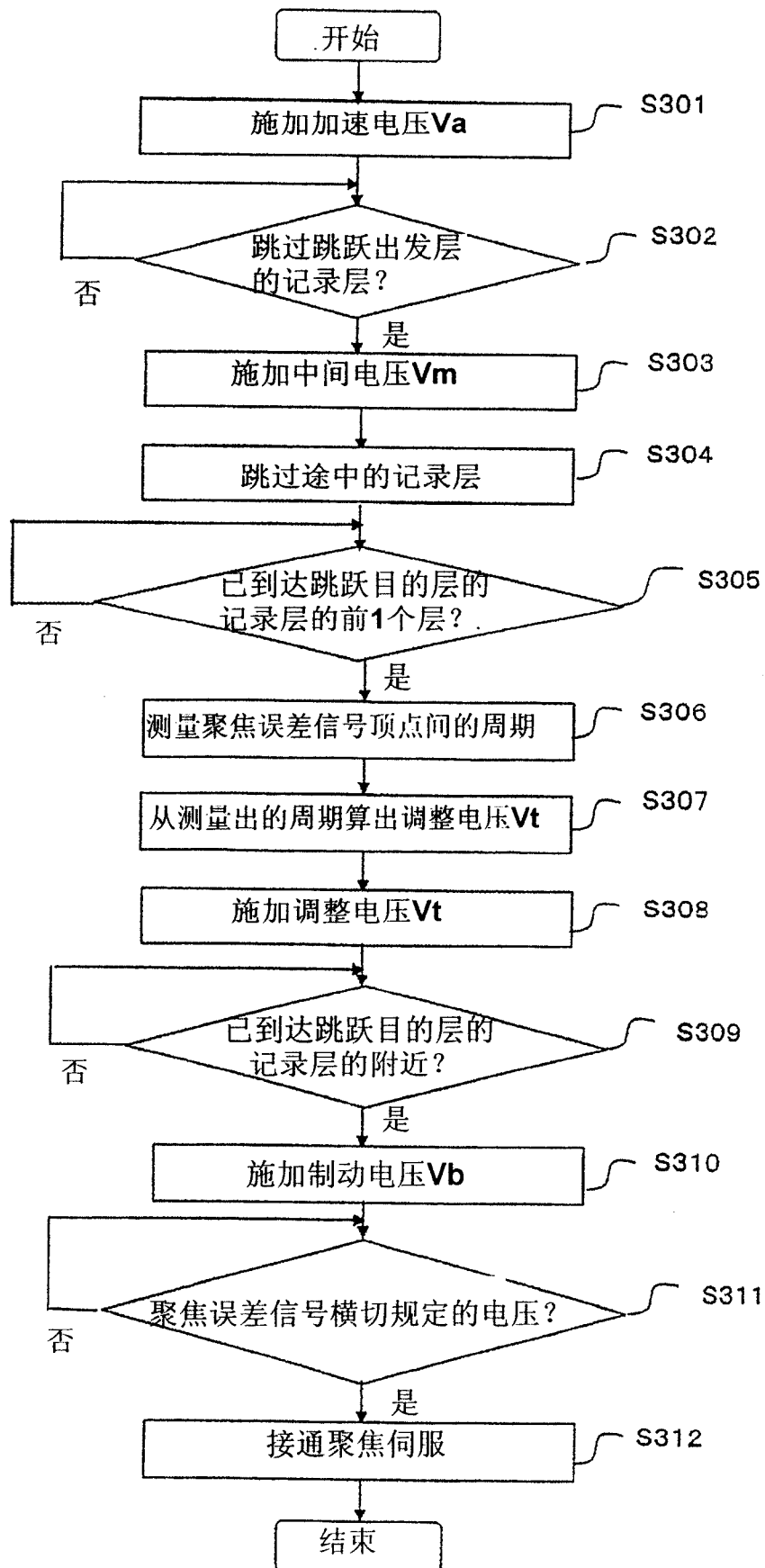


图14

地址	层间	层间距离编号
字节 0	记录层1和2	00h
字节 1	记录层2和3	03h
字节 2	记录层3和4	00h
字节 3	记录层4和5	03h
字节 4	记录层5和6	01h
字节 5	记录层6和7	04h
字节 6	记录层7和8	02h
~	~	~
字节 X	记录层x+1和x+2	00h

图15A

层间距离编号	层间距离(μm)
00h	9.5
01h	10.5
02h	12.0
03h	13.5
04h	16.0

图15B