

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G11B 9/00 (2006.01)

G11B 20/10 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580008201.5

[45] 授权公告日 2009年11月4日

[11] 授权公告号 CN 100557690C

[22] 申请日 2005.6.21

[21] 申请号 200580008201.5

[30] 优先权

[32] 2004.6.22 [33] EP [31] 04405387.4

[86] 国际申请 PCT/IB2005/001733 2005.6.21

[87] 国际公布 WO2006/000872 英 2006.1.5

[85] 进入国家阶段日期 2006.9.14

[73] 专利权人 国际商业机器公司

地址 美国纽约

[72] 发明人 哈里斯·波兹迪斯 沃尔特·哈伯勒
德罗塔·W·维夫斯曼

[56] 参考文献

WO02/37488A 2005.5.10

US2003/081651A1 2003.5.1

审查员 李冰

[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 申发振

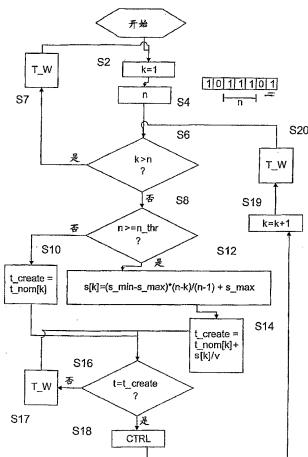
权利要求书 4 页 说明书 18 页 附图 8 页

[54] 发明名称

数据存储设备和用于操作数据存储设备的方法

[57] 摘要

本发明公开一种数据存储设备，包括：存储介质；至少一个探头，被设计用于在存储介质中创建凹坑标记；控制单元，被设计用于创建作用于探头上从而导致一个凹坑标记的创建的控制参数 (CTRL)。控制单元还被设计用于如果应当创建至少给定数目的、相互之间具有给定最小距离的连续凹坑标记，则修改控制参数 (CTRL)。根据本发明的方法，如果应当创建至少给定数目的、相互之间具有给定最小距离的连续标记，则修改控制参数 (CTRL)。



1. 一种数据存储设备, 包括:

存储介质(2);

至少一个探头(10), 被设计成用于在所述存储介质(2)中创建凹坑标记(28); 以及

控制单元(34), 被设计成用于创建控制参数, 所述控制参数作用于所述探头(10)上从而使得创建所述凹坑标记(28),

其中所述控制单元(34)包括:

如果要被创建的连续的凹坑标记(28)的数目 n 大于或等于要被创建的连续的凹坑标记(28)的给定数目 n_thr 则修改所述控制参数的修改装置, 其中连续凹坑标记(28)相互之间具有给定最小距离。

2. 根据权利要求 1 所述的数据存储设备, 其中所述控制单元(34)的修改装置被设计成用于通过改变向所述探头(10)施加所述控制参数的时间来修改所述控制参数, 从而导致所述连续的凹坑标记(28)的形成时间变化。

3. 根据权利要求 2 所述的数据存储设备, 其中所述控制单元(34)的修改装置被设计成用于通过改变向所述探头(10)施加所述控制参数的时间来修改所述控制参数, 以创建所述连续的凹坑标记(28), 其中两个连续的凹坑标记(28)之间的标称最小时间间隔具有偏移 s , 所述偏移对于所述连续的凹坑标记(28)中的第一个具有最小值 s_min , 并且朝向所述连续的凹坑标记(28)中的最后一个逐渐增大到最大值 s_max 。

4. 根据权利要求 3 所述的数据存储设备, 其中所述控制单元(34)的修改装置被设计成所述最小值 s_min 具有与所述最大值 s_max 相同的绝对值, 并且以最小绝对值的偏移创建所述连续的凹坑标记(28)中间的凹坑标记。

5. 根据权利要求 1 所述的数据存储设备, 其中所述控制单元(34)被设计成所述控制参数影响在所述探头(10)和所述存储介质(2)之间施加的力 F 。

6. 根据权利要求 5 所述的数据存储设备, 其中所述控制单元(34)的修改装置被设计成, 将所述力 F 从最大力 F_{\max} 减小到最小力 F_{\min} , 所述最大力 F_{\max} 被施加用于形成所述连续的凹坑标记(28)中的第一个, 所述最小力 F_{\min} 被施加用于形成所述连续的凹坑标记(28)中的最后一个。

7. 根据权利要求 6 所述的数据存储设备, 其中所述控制单元(34)的修改装置被设计成, 所述力 F 取决于每个所述连续的凹坑标记(28)的相对位置, 针对给定数目的连续的凹坑标记(28)而减小, 并且被限制在所述最大和最小力 F_{\max} , F_{\min} 之间, 并且独立于连续的凹坑标记(28)的总数。

8. 根据权利要求 1 到 7 之一所述的数据存储设备, 其中所述控制单元(34)被设计成所述控制参数影响通过所述探头(10)向所述存储介质(2)施加的加热功率 P 。

9. 根据权利要求 8 所述的数据存储设备, 其中所述控制单元(34)的修改装置被设计成, 将所述加热功率 P 从最大加热功率 P_{\max} 减小到最小加热功率 P_{\min} , 所述最大加热功率 P_{\max} 被施加用于形成所述连续的凹坑标记(28)中的第一个, 所述最小加热功率 P_{\min} 被施加用于形成所述连续的凹坑标记(28)中的最后一个。

10. 根据权利要求 8 所述的数据存储设备, 其中所述控制单元(34)的修改装置被设计成, 所述加热功率 P 取决于每个所述连续的凹坑标记(28)的所述相对位置, 针对给定数目的连续的凹坑标记(28)而减小, 并且被限制在所述最大和最小加热功率 P_{\max} , P_{\min} 之间, 并且独立于连续的凹坑标记(28)的总数。

11. 根据权利要求 1 所述的数据存储设备, 包括编码单元, 用于以在由连续的凹坑标记(28)表示的未编码方式的信息单元之间不放置至少最小数目的凹坑标记(28)的方式, 对由凹坑标记(28)的存在或不存在表示的信息进行编码。

12. 根据权利要求 11 所述的数据存储设备, 包括另一编码单元, 用于以不超过相互之间具有所述给定最小距离的连续的凹坑标记(28)的给

定数目的方式，对由凹坑标记(28)的存在或不存在的信息进行编码。

13. 一种用于操作数据存储设备的方法，其中所述数据存储设备包括：存储介质；至少一个探头(10)，被设计用于在所述存储介质(2)中创建凹坑标记(28)；以及控制单元(34)，被设计用于创建控制参数，所述控制参数作用于所述探头(10)上从而使得创建所述凹坑标记(28)，该方法包括以下步骤：

如果要被创建的连续的凹坑标记(28)的数目 n 大于或等于要被创建的连续的凹坑标记(28)的给定数目 n_thr ，则修改所述控制参数，其中连续的凹坑标记(28)相互之间具有给定最小距离。

14. 根据权利要求 13 所述的方法，其中通过改变向所述探头(10)施加所述控制参数的时间来修改所述控制参数，从而导致所述连续的凹坑标记(28)的形成时间变化。

15. 根据权利要求 14 所述的方法，其中创建所述连续的凹坑标记(28)，其中两个连续的凹坑标记(28)之间的标称最小时间间隔具有偏移 s ，其中所述偏移对于所述连续的凹坑标记(28)中的第一个具有最小值 s_min ，并且朝向所述连续的凹坑标记(28)中的最后一个逐渐增大到最大值 s_max 。

16. 根据权利要求 15 所述的方法，其中所述最小值 s_min 具有与所述最大值 s_max 相同的绝对值，并且以最小绝对值的偏移创建所述连续的凹坑标记(28)中间的凹坑标记。

17. 根据权利要求 13 所述的方法，其中所述控制参数影响在所述探头(10)和所述存储介质(2)之间施加的力 F 。

18. 根据权利要求 17 所述的方法，其中将所述力 F 从最大力 F_max 减小到最小力 F_min ，所述最大力 F_max 被施加用于形成所述连续的凹坑标记(28)中的第一个，所述最小力 F_min 被施加用于形成所述连续的凹坑标记(28)中的最后一个。

19. 根据权利要求 18 所述的方法，其中所述力 F 取决于每个所述连续的凹坑标记(28)的所述相对位置，针对给定数目的连续的凹坑标记(28)

而减小，并被限制在所述最大和最小力 F_{\max} , F_{\min} 之间，并且独立于连续的凹坑标记(28)的总数。

20. 根据权利要求 13 到 19 之一所述的方法，其中所述控制参数影响通过所述探头(10)向所述存储介质(2)施加的加热功率 P 。

21. 根据权利要求 20 所述的方法，其中将所述加热功率 P 从最大加热功率 P_{\max} 减小到最小加热功率 P_{\min} ，所述最大加热功率 P_{\max} 被施加用于形成所述连续的凹坑标记(28)中的第一个，所述最小加热功率 P_{\min} 被施加用于形成所述连续的凹坑标记(28)中的最后一个。

22. 根据权利要求 20 所述的方法，其中所述加热功率 P 取决于每个所述连续的凹坑标记(28)的所述相对位置，针对给定数目的连续的凹坑标记(28)而减小，并被限制在所述最大和最小加热功率 P_{\max} , P_{\min} 之间，并且独立于连续的凹坑标记(28)的总数。

23. 根据权利要求 13 所述的方法，其中编码单元以在由连续的凹坑标记(28)表示的未编码方式的信息单元之间不放置至少最小数目的凹坑标记(28)的方式，对由凹坑标记(28)的存在或不存在的信息进行编码。

24. 根据权利要求 23 所述的方法，其中另一编码单元以不超过相互之间具有所述给定最小距离的连续的凹坑标记(28)的给定数目的方式，对由凹坑标记(28)的存在或不存在的信息进行编码。

数据存储设备和用于操作数据存储设备的方法

技术领域

本发明涉及一种数据存储设备和用于操作数据存储设备的方法。

背景技术

在过去几年所引入的新存储概念得益于扫描隧道化显微术和原子力显微术。它们采用这些技术中以深入到原子级的方式对材料的结构进行成像和调查的能力。具有尖端的探头正被引入，其用于扫描适当的存储介质，其中数据作为由凹坑标记和无凹坑标记表示的位序列被写入。这样的凹坑标记可以仅仅具有 30 到 40nm 的范围内的直径。因此，这些数据存储概念预示超高存储面密度。

在“The Millipede – more than 1000 tips for future AFM data storage)”, P. Vettiger 等人, IBM Journal of Research Development, volume 44, no.3, 2000 年 5 月中公开了一种数据存储设备。该数据存储设备具有基于使用各自具有尖端的探头的阵列对存储介质的机械 x-/y-扫描的读写功能。这些探头在操作期间并行扫描所分配的存储介质场。以这种方式，可以实现高数据速率。存储介质包括薄的聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA) 层。这些尖端以接触模式在聚合物层的表面上移动。通过向探头施加小的力使得探头的尖端可以接触存储介质表面来实现接触模式。为此，探头包括在其端截面上承载尖锐的尖端的悬臂。位由聚合物层中的凹坑标记或无凹坑标记表示。悬臂在表面上移动时响应表面的这些地形变化。

通过热机械记录在聚合物表面上形成凹坑标记。这通过以下来实现，即在接触模式期间，以在尖端接触聚合物层之处局部软化聚合物层的方式，通过电流或电压脉冲加热相应的探头。其结果是层中具有纳米级直径的小凹坑。

读取也通过热机械概念来实现。向加热器悬臂供应一定量的电能，其使探头加热到没有高得如对于写入所需的那样足以软化聚合物层的温度。热量检测基于这样的事实，即当探头在凹坑中移动时，探头和存储介质尤其是存储介质的衬底之间的热导发生变化，因为热传输在这种情况下最高效。因此，悬臂的温度降低，并且由此其电阻也减小。然后，测量该电阻变化，并且将其用作测量信号。

然而，已经观察到，随着存储介质上的数据密度增大，数据丢失的概率增大。从而，提供一种支持高数据密度和高可靠性的数据存储设备和用于操作数据存储设备的方法是一个挑战。

发明内容

根据本发明的一方面，提供了一种数据存储设备，其包括：存储介质；至少一个探头，被设计用于在存储介质中创建凹坑标记；控制单元，被设计用于创建作用于探头上从而导致凹坑标记之一的创建的控制参数。控制单元还被设计用于如果应当创建至少给定数目的、相互之间具有给定最小距离的连续凹坑标记，则修改控制参数。凹坑标记表示数据，优选地为逻辑“1”，而无凹坑标记优选地表示逻辑“0”。

尤其是在行或相应列的方向上发生凹坑标记的创建的情况下，连续凹坑标记可以是一行或一列中的连续凹坑标记。

通过如果应当创建至少给定数目的、相互之间具有给定最小距离的连续凹坑标记则修改控制参数，显著减少或消除以前观察到的、由于这样的邻近凹坑标记的宽度和深度而在邻近凹坑标记之间发生的部分擦除，同时凹坑标记保持深，使得不影响噪声容限并且数据存储设备具有高可靠性。凹坑标记的部分擦除意味着凹坑标记的深度从额定值减小到较小值。

在数据存储设备的优选实施例中，控制单元被设计用于通过改变向探头施加控制参数的时间来修改控制参数，从而导致连续凹坑标记的形成之间的变化时间。假如存储介质以恒定速度相对于探头移动，则时间的变化导致连续写入的凹坑之间的距离的变化。通过修改向探头施加控

制参数的时间来修改控制参数是非常简单的。通过以这种方式适当地修改控制参数，这包括注意变化不是变得太大，可以获得非常大的噪声容限，并且以这种方式，数据丢失的概率变得非常低。

在数据存储设备的另一优选实施例中，控制单元被设计用于通过改变向探头施加控制参数的时间来修改控制参数，使得以与两个连续凹坑标记之间的额定最小时间间隔的偏移创建连续凹坑标记，其中该偏移对于所述连续凹坑标记中的第一个具有最小值，并且朝向连续凹坑标记中的最后一个逐渐增大到最大值。两个连续凹坑标记的创建之间的额定最小时间间隔是在控制参数未被修改的情况下两个连续凹坑标记的创建之间的时间间隔。最小值可以是负值，然而，它也可以是零或正值。最大值总是大于最小值，并且可以是正值，或者也可以是零或负值。如果最小值是负值并且最大值是正值，则实现了最大噪声容限。通过将偏移从针对连续凹坑标记中的第一个的最小值逐渐增大到针对连续凹坑标记中的最后一个的最大值，获得各个连续凹坑标记的非常一致结构，并且以这种方式可以以低概率的检测错误检测连续凹坑标记。

在存储设备的另一优选实施例中，控制单元被设计成最小值具有与最大值相同的绝对值，并且以最小绝对值的偏移创建连续凹坑标记中间的凹坑标记。该最小绝对值优选地为大约零。已经观察到，以这种方式，数据丢失的概率极其低。在偶数个连续凹坑标记的情况下，连续凹坑标记的中间可以是比该偶数个连续凹坑标记少一个或多一个的奇数个连续凹坑标记中间的凹坑。

在另一优选实施例中，数据存储设备被设计成控制参数影响在探头和存储介质之间施加的力。通过被适当地配备成改变在探头和存储介质之间施加的力的探头，可以简单地修改该控制参数。另外，已经观察到，通过以仅仅很少的附加功率消耗来改变力，可以在数据存储设备的读取操作期间获得非常低的连续凹坑标记错误检测概率。

在数据存储设备的另一优选实施例中，控制单元被设计成将力从被施加用于形成所述连续凹坑标记中的第一个的最大力减小到被施加用于形成所述连续凹坑标记中的最后一个的最小力。连续凹坑标记中的第一

个在这一方面意味着在时间上首先形成的凹坑标记，而最后凹坑意味着在时间上最后形成的凹坑。这有利地利用这样的发现，即在不改变控制参数的情况下创建的连续凹坑标记中，仅仅在时间上最后创建的凹坑标记不显示部分擦除，而其它凹坑标记显示部分擦除。通过将力从被施加用于形成连续凹坑标记中的第一个的最大力减小到被施加用于形成连续凹坑标记中的最后一个的最小力，该力影响各个凹坑标记的大小，从而可以相当一致地形成连续凹坑标记。以这种方式，最小化数据丢失的概率。可以基于孤立的凹坑标记的平均回读幅度、考虑噪声容限约束来确定最小力。可以考虑诸如探头尖端和数据存储介质的磨损或者由控制单元生成例如高电压的可行性的多个方面，并且还考虑两个连续凹坑标记之间的额定最小距离来确定最大力。优选地，为了获得良好的性能，最小和最大力之差应当是最小力的一部分。

在另一优选实施例中，数据存储设备被设计成力取决于每个连续凹坑标记的相对位置，力针对给定数目的连续凹坑标记而减小，并且被限制在最大和最小力之间，并且独立于连续凹坑标记的总数。这具有高简单性的优点。

在数据存储设备的另一优选实施例中，控制单元被设计成控制参数影响在探头中生成并且向存储介质传递的加热功率。这具有这样的优点，即可以简单且精确地修改加热功率。除此之外，加热功率强烈地影响凹坑标记的大小。

在存储设备的另一优选实施例中，控制单元被设计成将加热功率从被施加用于形成连续凹坑标记中的第一个的最大加热功率减小到被施加用于形成这些凹坑标记中的最后一个的最小加热功率。连续凹坑标记中的第一个在这一方面意味着在时间上首先形成的凹坑标记，而最后凹坑意味着在时间上最后形成的凹坑。这有利地利用这样的发现，即在不改变控制参数的情况下创建的连续凹坑标记中，仅仅在时间上最后创建的凹坑标记没有显示部分擦除，而其它凹坑标记显示部分擦除。通过将加热功率从被施加用于形成连续凹坑标记中的第一个的最大加热功率减小到被施加用于形成连续凹坑标记中的最后一个的最小加热功率，加热功

率影响各个凹坑标记的大小，从而可以相当一致地形成连续凹坑标记。以这种方式，最小化数据丢失的概率。可以基于孤立的凹坑标记的平均回读幅度、考虑噪声容限约束来确定最小加热功率。可以考虑诸如由控制单元生成例如高电压的可行性的多个方面，并且还考虑两个连续凹坑标记之间的额定最小距离来确定最大加热功率。优选地，为了获得良好的性能，最小和最大加热功率之差应当是最小功率的一部分。

在数据存储设备的另一优选实施例中，控制单元被设计成，加热功率取决于每个连续凹坑标记的相对位置，针对给定数目的连续凹坑标记而减小，并且被限制在最大和最小加热功率之间，并且独立于连续凹坑标记的总数。这具有高简单性的优点。

应当理解，在另一优选实施例中，控制参数的修改可以同时包括向探头施加控制参数的时间的修改、在探头和存储介质之间施加的力的修改、以及通过探头向存储介质施加的加热功率的修改、或者其任何组合。

在数据存储设备的另一优选实施例中，它包括编码单元，用于以至至少最小数量的无凹坑标记置于由连续凹坑标记表示的解码方式的信息单元之间的方式，对由凹坑标记的存在或不存在表示的信息进行编码，并且同时相对于最小数量的无凹坑标记，减小连续凹坑标记/无凹坑标记之间的最小距离。例如，这样的代码被称作 (d,k) 代码。位形式的信息可以在 (d, k) 编码状态中具有多个位，但是同时减小可能表示逻辑“1”的连续凹坑标记之间的最小距离，增大存储介质上的总体数据密度，并且以这种方式，通过适当地选择 (d, k) 代码的 d 、 k 参数，可以增大数据存储介质上的信息密度。

在另一优选实施例中，数据存储设备包括另一编码单元，用于以不超过相互之间具有给定最小距离的连续凹坑标记的给定数目的方式，对由凹坑标记的存在或不存在表示的信息进行编码。以这种方式，如果适当地选择连续凹坑标记的给定数目，则可以进一步减小数据丢失的概率。能够限制相互之间具有给定最小距离的连续凹坑标记的数目的代码被称作受约束代码。

根据本发明的另一方面，请求保护一种用于操作数据存储设备的方法，其中该数据存储设备包括：存储介质；至少一个探头，被设计用于在存储介质中创建凹坑标记；以及控制单元，被设计用于创建作用于探头上从而导致凹坑标记之一的创建的控制参数。根据该方法，如果应当创建至少给定数目的、相互之间具有给定最小距离的连续凹坑标记，则修改控制参数。

在该方法的优选实施例中，通过改变向探头施加控制参数的时间来修改控制参数，从而导致连续凹坑标记的形成之间的变化时间。

在该方法的另一优选实施例中，以与两个连续凹坑标记之间的额定最小时间间隔的偏移创建连续凹坑标记，并且该偏移对于连续凹坑标记中的第一个具有最小值，并且朝向连续凹坑标记中的最后一个逐渐增大到最大值。

在该方法的另一优选实施例中，最小值具有与最大值相同的绝对值，并且以最小绝对值的偏移创建连续凹坑标记中间的凹坑标记。

在该方法的另一优选实施例中，控制参数影响在探头和存储介质之间施加的力。

在该方法的另一优选实施例中，力取决于每个连续凹坑标记的相对位置，针对给定数目的连续凹坑标记而减小，被限制在最大和最小力之间，并且独立于连续凹坑标记的总数。

在该方法的另一优选实施例中，将力从被施加用于形成连续凹坑标记中的第一个的最大力减小到被施加用于形成连续凹坑标记中的最后一个的最小力。

在该方法的另一优选实施例中，控制参数影响通过探头向存储介质施加的加热功率。

在该方法的另一优选实施例中，将加热功率从被施加用于形成连续凹坑标记中的第一个的最大加热功率减小到被施加用于形成连续凹坑标记中的最后一个的最小加热功率。

在该方法的另一优选实施例中，加热功率取决于每个连续凹坑标记的相对位置，针对给定数目的连续凹坑标记而减小，并被限制在最大和

最小加热功率之间，并且独立于连续凹坑标记的总数。

在该方法的另一优选实施例中，编码单元以不超过相互之间具有给定最小距离的连续凹坑标记的给定数目的方式，对由凹坑标记的存在或不存在表示的信息进行编码。

在该方法的另一优选实施例中，另一编码单元以至少最小数量的无凹坑标记置于由连续凹坑标记表示的未编码情况下的信息单元之间的方式，对由凹坑标记的存在或不存在表示的信息进行编码，并且同时相对于最小数量的无凹坑标记，有效地减小连续凹坑标记之间的最小距离。

根据本发明的另一方面，提供了一种计算机程序元件，其包括用于在被加载到控制单元的处理单元中时执行根据权利要求 13 到 24 中的任一项所述的方法的计算机程序代码。

用于操作数据存储设备的方法及其优选实施例的优点对应于数据存储设备的优点。

附图说明

通过参考下面结合附图对根据本发明的、目前优选的然而只是说明性的实施例的详细描述，将会更全面地理解本发明及其实施例。

这些附图中：

图 1 示出数据存储设备的透视图；

图 2 示出形成根据图 1 的数据存储设备的一部分的具有象征性探头阵列的数据存储介质的顶视图；

图 3 示出探头的透视图；

图 4 示出根据图 3 的探头和数据存储介质的截面图；

图 5 示出在数据存储设备的操作期间处理的程序的第一实施例；

图 6 示出在数据存储设备的操作期间处理的程序的第二实施例；

图 7 示出在数据存储设备的操作期间处理的程序的第三实施例；

图 8 示出不是如果应当创建至少给定数目的、相互之间具有给定最小距离的连续凹坑标记则改变作用于探头上从而导致凹坑标记的创建的控制参数的情况下的回读样本的直方图；

图 9 和 10 示出借助于根据图 5 的程序的处理而创建凹坑标记的情况下的回读样本的直方图。

不同的附图可以包含相同的附图标记，其表示具有类似或一致内容的元件。

具体实施方式

图 1 示出了数据存储设备的透视图。包括衬底 4 和聚合物层 6 的存储介质 2 面对具有多个探头 10 的探头阵列 8。优选地，衬底 4 由硅形成，聚合物层 6 由薄的聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)层形成。探头 10 在机械上链接到具有片状的链接元件 12。链接元件 12 是透明的，并且仅仅为了演示的目的而在一个边沿处切开。

图 3 示出了单个探头 10 的透视图。该探头包括在其端部具有尖端 16 的簧式悬臂 14。簧式悬臂 14 对垂直力敏感。簧式悬臂 14 在横向上的刚度大大高于其在纵向上的刚度。

尖端 16 为圆锥形，并且朝向其顶点 18 具有递减的直径。优选地，顶点 18 具有仅仅数纳米的半径。理想地，仅仅一个原子形成尖端 16 的顶点 18。

探头 10 在簧式悬臂 14 的支柱(leg)和尖端 16 之间还包括加热器平台 20。探头 10 还可以包括第一电极 22，其与在存储介质中或在其上形成的第二电极 24 一起起作用，从而形成电容器。根据该电容器的电荷，可以将垂直作用于存储介质 2 的表面的力施加到簧式悬臂 14 上。优选地，簧式悬臂 14 完全由硅制造，以便获得良好的热量和机械稳定性。优选地，簧式悬臂 14 的支柱被高度掺杂，以便最小化其电阻，因为它们还用于与加热器平台 20 的电气连接的目的，加热器平台具有例如 11 千欧的高电阻。支柱还用于与第一电极 22 的电气连接的目的。

使用热机械技术在存储介质 2 上创建凹坑标记 28。由探头 10 向聚合物层 6 施加局部力。通过在接触模式期间用电流或电压脉冲对加热器平台 20 进行加热来软化聚合物层 6，使得在尖端 16 接触聚合物层 6 之处局部软化聚合物层 6。其结果是具有纳米级直径的、聚合物层中的小

凹坑标记 28(参见图 4)。

凹坑标记 28 表示二进制信息。例如，凹坑标记可以表示逻辑“1”，并且无凹坑标记 28 可以表示逻辑“0”。然而，凹坑标记 28 或无凹坑标记 28 也可以表示不同的信息，例如，凹坑标记 28 的存在可以表示逻辑“0”，而凹坑标记 28 的不存在可以表示逻辑“1”。

为了读取数据，聚合物层 6 以恒定速度在探头阵列 8 下移动。扫描速度和凹坑标记 28 之间的距离以每秒读取或写入的凹坑标记 28 数或位数确定系统的数据速率。读取也可以通过热机械概念来实现。为了读取，加热器平台 20 以没有高得如对于写入所需的那样足以软化聚合物层 6 的温度操作。热量检测基于这样的事实，即当在加热器平台 20 和聚合物层 6 之间的距离减小之处尖端 16 移入凹坑标记 28 时，探头 10 特别是加热器平台 20 和尖端 16 与存储介质 2 之间的热导发生变化。在尖端 16 的运动期间，随着它朝向凹坑标记 28 的中心移动，加热器平台 20 的温度变化是逐渐的，其中在凹坑标记 28 的中心处，凹坑标记 28 的深度最大。因此，加热器平台 20 的电阻同时减小。这样，在探头 10 在凹坑标记 28 上扫描时，可以监测加热器平台 20 的电阻变化。

回到图 1，仅仅为了演示的目的，凹坑标记 28 仅被示出在存储介质 2 的受限区域内。在优选实施例中，探头 10 适于通过相对于存储介质 2 移动探头阵列 8 或者反之亦然，扫描整个存储介质 2。在图 1 中，存储介质 2 移动而探头阵列 8 固定在其位置上。箭头 X 和 Y 表示扫描方向，而 Z 箭头表示用于使整个探头阵列 8 与存储介质 2 相接触的、垂直方向上的逼近和调平方案(approaching and leveling scheme)。为此，存储设备包括相应的驱动器 36，驱动器 36 包括相应的多个致动器，例如，电磁或压电致动器，通过其精确地实现每个方向上的致动。驱动器还可以仅仅作用于 X 和 Y 扫描方向上，其中通过控制包括第一和第二电极 22、24 的电容器的电荷来实现垂直方向上的逼近和调平方案。

存储介质 2 分成未在图 1 中显式示出的多个场。探头阵列 8 的每个探头 10 仅仅在其自己的数据场内写或读。因此，具有例如 32×32 个探头的存储设备包括 1024 个场。

如复用器 30、31 示意性地示出的那样，存储设备优选地以行和列时间复用寻址来操作。根据图 1 的存储设备对于所有场的并行扫描就绪。还可能逐行或逐列地扫描存储场。X、Y 方向上单个探头 10 的每个移动由于探头 10 的机械耦合而被施加到所有其它探头 10。

图 2 表示按照行和列排列了 4×4 个场 32 的存储介质 2 的象征性顶视图。每个场 32 包括多个凹坑标记 28。在每个场 32 内公开了象征性九个凹坑标记 28。该数量当然不是实质性的，而是象征性的，因为对于这些种类的存储设备，在存储介质 2 上封装与分辨率所允许的一样多的数据标记，这是惯常的。场 32 被加上边框，以便使它们可见。这样的槽式边框也可以置于存储介质 2 上，以便定义场 32 的开始和结束，但是不一定如此。相反，场 32 由单个探头 10 所负责的凹坑标记 28 的范围定义。

另外，仅仅示出了一些象征性探头 10。这些探头 10 与复用器 30、31 电气连接，其中复用器 30、31 优选地是时间复用器。在图 2 中，其与复用器 30、31 的连接象征性地用公共连线表示。在探头 10 配备有第一电极 22 的情况下，存在单独的与复用器 30、31 的电气连接，以便与加热器平台 20 相分开地连接第一电极 22。

控制单元 34 被设计用于创建作用于探头 10 上并且导致凹坑标记 28 的创建的控制参数 CTRL。它还被设计用于控制回读过程，通过该回读过程，回读 RES 由凹坑标记或无凹坑标记 28 表示的、存储在存储介质 2 上的信息，并且它还被设计用于处理该回读信息。

提供了第一编码单元 40，其在数据存储设备的操作期间接收信息数据，该信息数据优选地为二进制编码格式，这意味着信息由逻辑“1”和逻辑“0”的序列组成。假定逻辑“1”对应于形成凹坑标记，而逻辑“0”表示不形成凹坑标记 28。然而，如果逻辑“0”对应于凹坑标记 28 并且逻辑“1”对应于无凹坑标记 28，则下文也相应地适用。

第一编码单元 40 通过应用所谓的(d,k)代码来对二进制编码类型的接收信息进行编码。在本上下文中，d 表示在代码系列中置于连续逻辑“1”之间的连续逻辑“0”的最小数目。k 表示在代码系列中置于连续逻辑

“1”之间的连续逻辑“0”的最大数目。在“Codes for Mass Data Storage Systems”, Kees A. S.Immink, Shannon Foundation Publishers, Rotterdam, The Netherlands, 1999 中公开了这样的(d,k)代码。在美国专利第 6340938 中也公开了这样的(d,k)代码,在此将其引作参考。这里公开的(d,k)代码的一个示例是(1, 7)代码,其具有限制值 5 的附加约束和三分之二的速率。以这样的代码对信息数据进行编码具有这样的优点,即可以相应减小两个表示逻辑“1”的连续凹坑标记 28 之间的相等距离。在未编码的情况下,以彼此分开的最小可能距离放置的两个连续凹坑标记由位序列 11 表示。在(1, 7)(d,k)代码的情况下,这样的以彼此分开的最小可能距离放置的连续两个凹坑标记由位序列 101 表示。以这种方式,两个连续编码位之间的物理额定距离可以减半。以这种方式,总共地,存储在数据存储设备,具体地说,存储介质 2 上的信息可以增加,而没有与邻近连续凹坑标记 28 的部分擦除有关的附加问题。为了编码的目的,第一编码单元 40 优选地包括查询表,其示例的一部分在图 2 中被示意性地示出为在表示第一编码单元 40 的块的内部。然后,将编码信息直接传送到控制单元 34,或者它也可以是另外的第二编码单元 38 的输入。

第二编码单元 38 可以从第一编码单元 40 接收编码形式的信息,或者它可以接收未编码的数据信息。第二编码单元 38 在未编码数据输入的情况下,将连续逻辑“1”的数目,在(1, 7)(d,k)编码数据输入的情况下,将“01”的数目,或者在其它编码数据输入的情况下,将“001”或“0001”等的数目限制为给定限制值。适于此目的的代码被称作受约束代码。限制值优选地在 5 和 7 之间选择,并且最优选地为 7。可以根据两个连续凹坑标记 28 之间的最小额定距离来选择限制值。该额定最小距离越小,应当选择的限制值就越小。然而,也可以根据在控制单元 34 中处理并且控制凹坑标记的创建的程序的实施例以及选择该程序的相应参数的方式来适当地选择限制值。

下面借助于图 5 的流程图来描述在数据存储设备的操作期间、在控制单元 34 中处理的程序。该程序在步骤 S1 开始。在该步骤,优选地初

始化变量。

在步骤 S2, 用一的值初始化计数器 k 。在步骤 S4, 根据在第一编码单元 40 中对从第一或第二编码单元 38、40、或者有可能以未编码方式从其它单元接收的当前输入数据串应用的编码, 通过对连续逻辑“1”或“01”或“001”进行计数, 确定要被创建的连续凹坑标记 28 的数目 n 。

在下面步骤 S6, 确定计数器 k 是否大于要被创建的连续凹坑标记 28 的数目 n 。如果是这种情况, 则该程序进入步骤 S7, 其中该程序在再次进入步骤 S2 之前休眠给定持续时间 T_W 。适当地选择给定持续时间 T_W , 以便确保适当地处理每个信息位。

然而, 如果计数器 k 不大于要被创建的连续凹坑标记 28 的数目 n , 则该程序进入步骤 S8, 其中检查要被创建的连续凹坑标记 28 的数目 n 是否大于或等于要被创建的连续凹坑标记 28 的给定数目 n_{thr} 。优选地, 以 2 的值选择要被创建的连续凹坑标记 28 的给定数目 n_{thr} 。

如果不满足步骤 S8 的条件, 则该程序进入步骤 S10, 其中将用于创建控制参数 CTRL 的时间点 t_{create} 设置为相应的当前计数器值 k 的额定时间点 t_{nom} 。额定时间点 t_{nom} 可以例如在创建控制参数 CTRL 的两个连续创建事件相隔 360 微秒的范围内选择。

如果满足步骤 S8 的条件, 则该程序进入步骤 S12。在步骤 S12, 根据步骤 S12 所示的关系来确定用于计数器 k 的相应值的偏移 s , 其中 s_{min} 表示最小偏移, 并且 s_{max} 表示最大偏移。给定最小偏移 s_{min} 优选地具有负值, 而给定最大偏移 s_{max} 优选地具有正值。给定最大偏移 s_{max} 和给定最小偏移 s_{min} 优选地具有相同的绝对值, 但是其绝对值也可以相互不同。给定最大偏移 s_{max} 和给定最小偏移 s_{min} 的绝对值优选地在凹坑标记 28 的两个连续创建之间的额定最小时间间隔的仅仅一小部分的范围内。它们可以在该时间的六分之一的范围内。

用于确定计数器 k 的当前值的偏移 s 的关系具有线性轨迹。可选地, 它还可以具有这样的轨迹, 其朝向要被创建的连续凹坑标记 28 的数目 n 的中间, 具有逐渐减小的偏移 s 的绝对值, 然后从中间开始再次具有逐渐增大的相应偏移 s 的绝对值。在这种情况下, 偏移轨迹还可以

关于其轨迹的中间即等于 $n/2$ 的计数器 k 的值而对称。优选地，与在要被创建的连续凹坑标记 28 的中间要被创建的凹坑标记相对应的偏移 s 具有在零的范围内的绝对值。

如果要被创建的连续凹坑标记 28 的数目 n 是偶数，则优选地，与等于 $(n-1)$ 除以 2 或者 $(n+1)$ 除以 2 的计数器 k 相对应的偏移具有其绝对值最小的偏移 s 。

该程序在步骤 S12 之后进入步骤 S14，其中将用于创建控制参数 CTRL 的时间点 t_{create} 设置为用于创建计数器 k 的当前值的控制参数 CTRL 的额定时间点 t_{nom} 加上除以探头 10 在 x 或 y 方向上相对于存储介质 2 的速度 v 的、在步骤 S12 确定的当前偏移 s 。

此后，在步骤 S16，评价当前时间点 t 是否为用于创建控制参数 CTRL 的时间点 t_{create} 。如果不满足步骤 S16 的条件，则该程序进入步骤 S17，其中它在再次评价步骤 S16 的条件之前休眠给定持续时间 T_W 。适当地选择给定持续时间 T_W 。然而，如果满足步骤 S16 的条件，则该程序进入步骤 S18，其中创建控制参数 CTRL。控制参数例如可以是影响加热器平台 20 并且以这种方式对加热器平台 20 进行加热的电压脉冲。它也可以是影响加热器平台 20 的相应电流脉冲。它也可以是影响第一电极 22 或相应地第二电极 24 的电流或电压脉冲。它也可以是两者的组合。对于本实施例，优选地，控制参数 CTRL 在被创建时总是具有相同值。在步骤 S18 之后，该程序进入步骤 S19，其中将计数器 k 递增一。此后，该程序进入步骤 S20，其中该程序在再次进入步骤 S6 之前休眠给定持续时间 T_W 。适当地选择给定持续时间 T_W ，以便确保适当地处理每个信息位。

图 6 示出了在存储设备的操作期间、在控制单元 34 中处理的程序的第二实施例。步骤 S22、S24、S26、S28、S29、S30、S32 和 S43 对应于图 5 的步骤 S1、S2、S4、S6、S7、S20、S8 和 S19。

如果不满足步骤 S32 的条件，也就是，如果要被创建的连续凹坑标记 28 的数目 n 小于给定数目 n_{thr} ，则该程序进入步骤 S34，其中向与计数器 k 的当前值相对应的力 F 分配额定力值 F_{nom} 。然而，如果满

足步骤 S32 的条件, 则向计数器 k 的当前值的力 F 分配根据步骤 S36 所示的关系而确定的值。 F_{\max} 表示最大力, 而 F_{\min} 表示最小力。一般而言, 力是在创建控制参数时由尖端 16 施加在聚合物层 6 上的力。最小力 F_{\min} 基于孤立的凹坑标记 28 的平均回读幅度、考虑噪声容限问题而是预定的, 其中孤立的凹坑标记 28 是指这样的凹坑标记, 其不是与其它相邻凹坑标记相隔给定最小距离, 而是至少两倍该距离。给定最小距离可以例如是 35nm。这样的孤立凹坑标记 28 典型地在读取操作期间产生这样的回读幅度, 其对于回读信号中给定数量的噪声典型地高于特定阈值。最大力 F_{\max} 可以受限于诸如这样的影响因素, 即尖端 16 的磨损、或者在包括在控制单元内的驱动器中生成相应高的电压脉冲的可行性。

步骤 S36 中的给定关系导致随着计数器 k 的值增大, 力 F 线性减小。以这种方式, 有效地减少连续凹坑标记 28 之间的部分擦除。步骤 S36 的关系也可以具有另一轨迹。所施加力的数量逐渐减小才是本质的。

在步骤 S36 或相应地步骤 S34 之后, 该程序进入步骤 S40, 其中它评价当前时间点 t 是否等于与计数器 k 的当前值相对应的额定时间点 t_{nom} 。如果不是这种情况, 则该程序进入步骤 S41, 其中它在再次进入步骤 S40 之前休眠给定持续时间 T_W 。如果满足步骤 S40 的条件, 则该程序进入步骤 S42, 其中它为计数器 k 的当前值创建与力 F 的当前值相对应的控制参数 CTRL。可以通过查询表向当前力 F 分配控制参数。控制参数 CTRL 优选地是影响第一或第二电极 22、24 的电流或电压脉冲。

在步骤 S43, 将计数器 k 递增一。在步骤 S43 之后, 该程序进入步骤 S30。

对于在步骤 S36 给出的关系是可选的, 可以例如通过利用具有与计数器 k 的值相对应的力 F 的给定值的查询表, 在可选步骤 S36a 确定计数器 k 的当前值的力 F 。例如, 如果计数器 k 的当前值等于 1, 则分配给定第一力 F_1 。相应地, 如果计数器的当前值等于 2, 则分配第二力

F2, 并且如果计数器的当前值等于 3, 则分配第三力 F3。这些给定第一到第三力 F1、F2、F3 以及可能另外的给定力需要满足的条件是它们都不超过最大力 F_{max} 或者小于最小力 F_{min} , 并且与计数器 k 的增大值相对应的连续力减小或者保持相同值。在步骤 S36a 之后, 该程序进入步骤 S40。通过在计数器 k 的当前值和相应的力 F 之间应用这样的固定关系, 建立了简单的关系, 尤其是如果连续凹坑标记 28 的数目被限定为例如 5 的低值, 则鉴于凹坑标记 28 之间的部分擦除的防止, 这将产生良好的结果。这可以通过在第二编码单元 38 中相应地对信息数据进行预先编码来实现。

借助于图 7 的流程图示出在控制单元 34 中处理的程序的第三实施例。图 7 的流程图基本上对应于图 6 的流程图, 其中步骤 S44、S46、S48、S50、S51、S52、S54、S62、S63 和 S65 对应于步骤 S22、S24、S26、S28、S29、S30、S32、S40、S41 和 S43。步骤 S56 相应地对应于步骤 S34, 其区别在于代替力, 向计数器 k 的当前值的加热功率 P 分配预定的额定加热功率 P_{nom} 。在步骤 S58, 代替力 F, 向计数器 k 的当前值的加热功率 P 分配取决于在步骤 S58 给出的关系的值。 P_{max} 表示最大加热功率, 并且 P_{min} 表示最小加热功率。最大加热功率 P_{max} 和最小 P_{min} 考虑如同在图 6 的步骤 S36 一样应用于最大力 F_{max} 和最小力 F_{min} 的相同约束而是预定的。

在步骤 S64, 根据计数器 k 的当前值的加热功率 P, 创建控制参数。控制参数 CTRL 在这种情况下优选地影响加热器平台 20。控制参数在这种情况下优选地是电压或电流脉冲。

对于步骤 S58 是可选的, 可以处理步骤 S58a, 其如同在步骤 S36a 一样包括相应的查询表, 区别在于在这种情况下, 根据计数器 k 的值分配加热功率 P 的相应值。在步骤 S58a 的情况下, 如果计数器 k 具有 1 的值, 则分配第一给定加热功率 P1, 如果计数器 k 具有 2 的值, 则分配第二给定加热功率 P2, 并且如果计数器 k 具有 3 的值, 则分配第三给定加热功率 P3。这些第一到第三加热功率 P1 到 P3 以及可能另外的给定加热功率需要满足的条件与上面针对力 F1 到 F3 以及可能另外的给

定力描述的条件相同。

如果在第一编码单元中通过应用(d, k)代码来对由控制单元 34 接收的信息数据进行编码,则在 d 为 1 的情况下,计数器 n 对(01)或(10)的连续模式进行计数。然后,以相应的方式应用所公开的程序实施例中的所有步骤。

图 8 示出了不是如果应当创建给定数目的连续凹坑标记 28 则修改控制参数 CTRL 的情况下的回读样本的直方图。根据图 8 的直方图示出了在这种情况下,存在大量的样本不能清楚地被分配为对应于凹坑标记 28 或不对应于凹坑标记。直方图的 x 轴表示相应回读信号的幅度,而纵坐标表示分配给回读信号的相应幅度值的样本的数量。图 9 示出了采用根据图 6 的程序的第一个实施例的回读样本的直方图。在这里,存在清楚分离的样本区间(bin)。如果确定回读样本是否对应于凹坑标记的阈值具有-2000 的值,则在凹坑标记 28 和无凹坑标记之间存在清楚的分离。

图 10 示出了采用第一个实施例的程序的回读样本的另一直方图,其中在两个区间之间具有甚至更清楚的分离。

附图标记

- 1 存储设备
- 2 存储介质
- 3 衬底
- 6 聚合物层
- 8 探头阵列
- 10 探头
- 12 链接元件
- 14 簧式悬臂
- 16 尖端
- 18 顶点

- 20 加热器平台
- 22 第一电极
- 24 形成电容器电荷的第二电极(存储介质上)!
- 26 支柱
- 28 凹坑标记
- 30 复用器
- 32 场
- 34 控制单元
- 36 驱动器
- 38 第一编码单元
- 40 第二编码单元
- SCD 扫描方向

n 要被创建的连续凹坑标记的数目

n_thr 要被创建的连续凹坑标记的给定数目

s 偏移

s_max 最大偏移

s_min 最小偏移

v 探头的速度(x 或 y 方向上)

k 计数器

t_create 用于创建控制参数的时间点

t 时间点

CTRL 控制参数

F 力

F_max 最大力

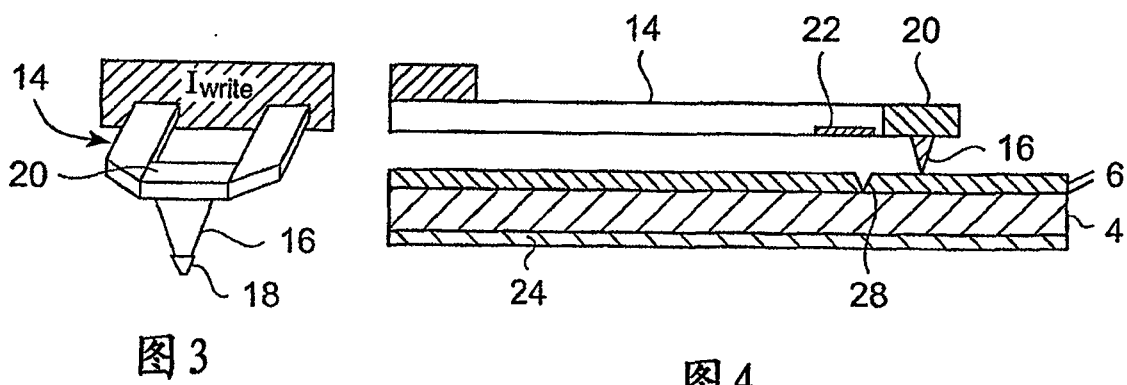
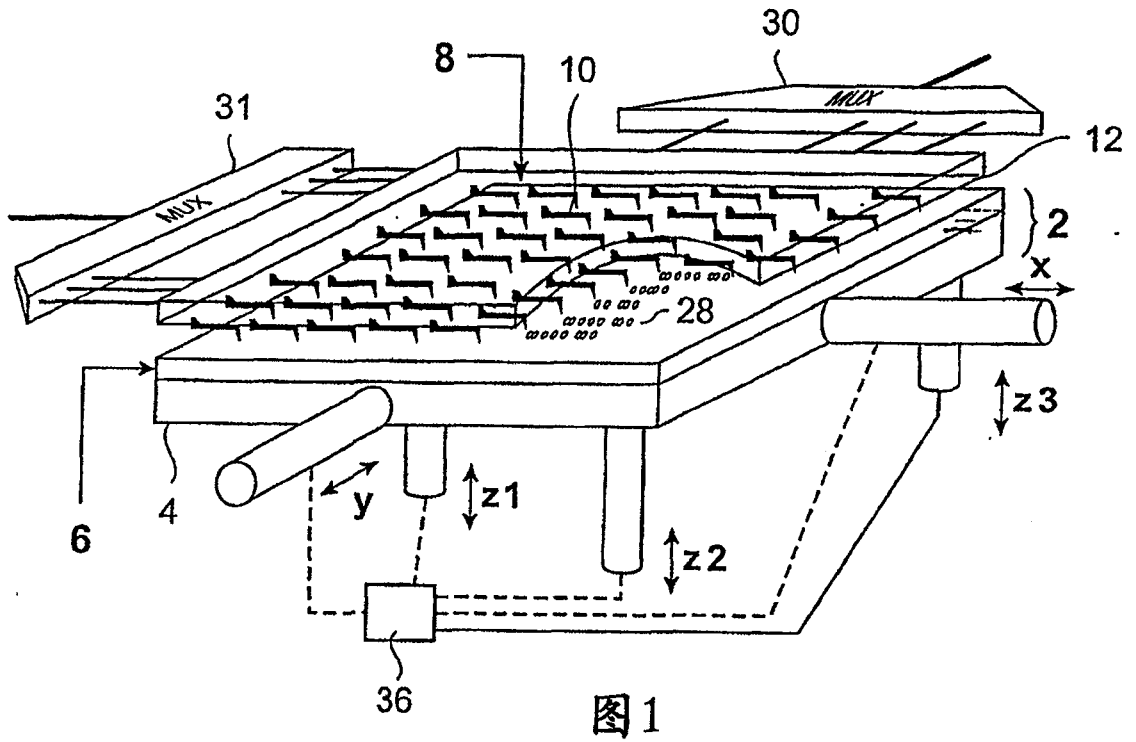
F_min 最小力

F1-3 给定第一...第三力

F_norm 额定力

P 加热功率

P_max 最大加热功率
P_min 最小加热功率
P1-3 给定第一...第三加热功率
P_norm 额定加热功率
t_norm 额定时间点



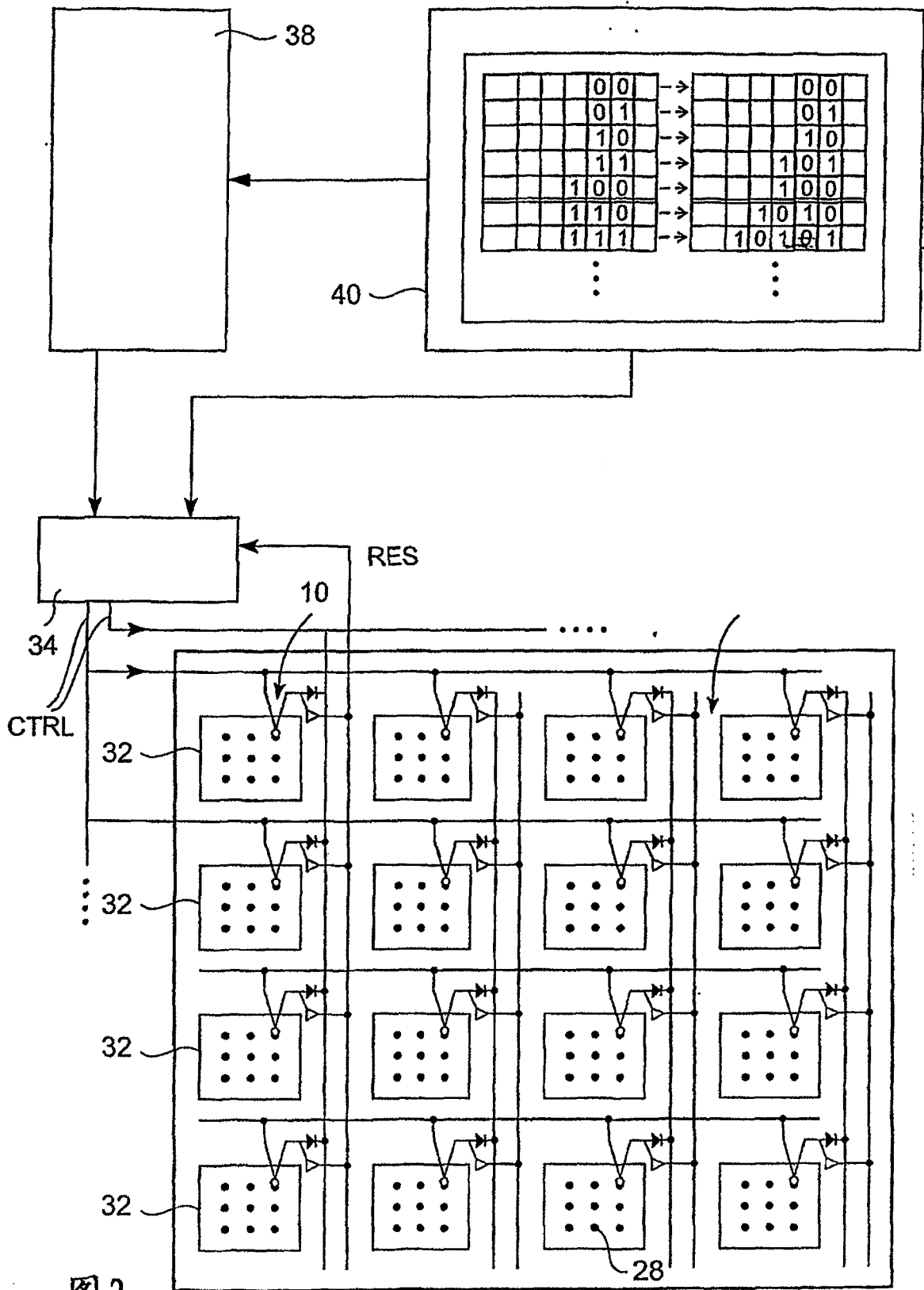


图 2

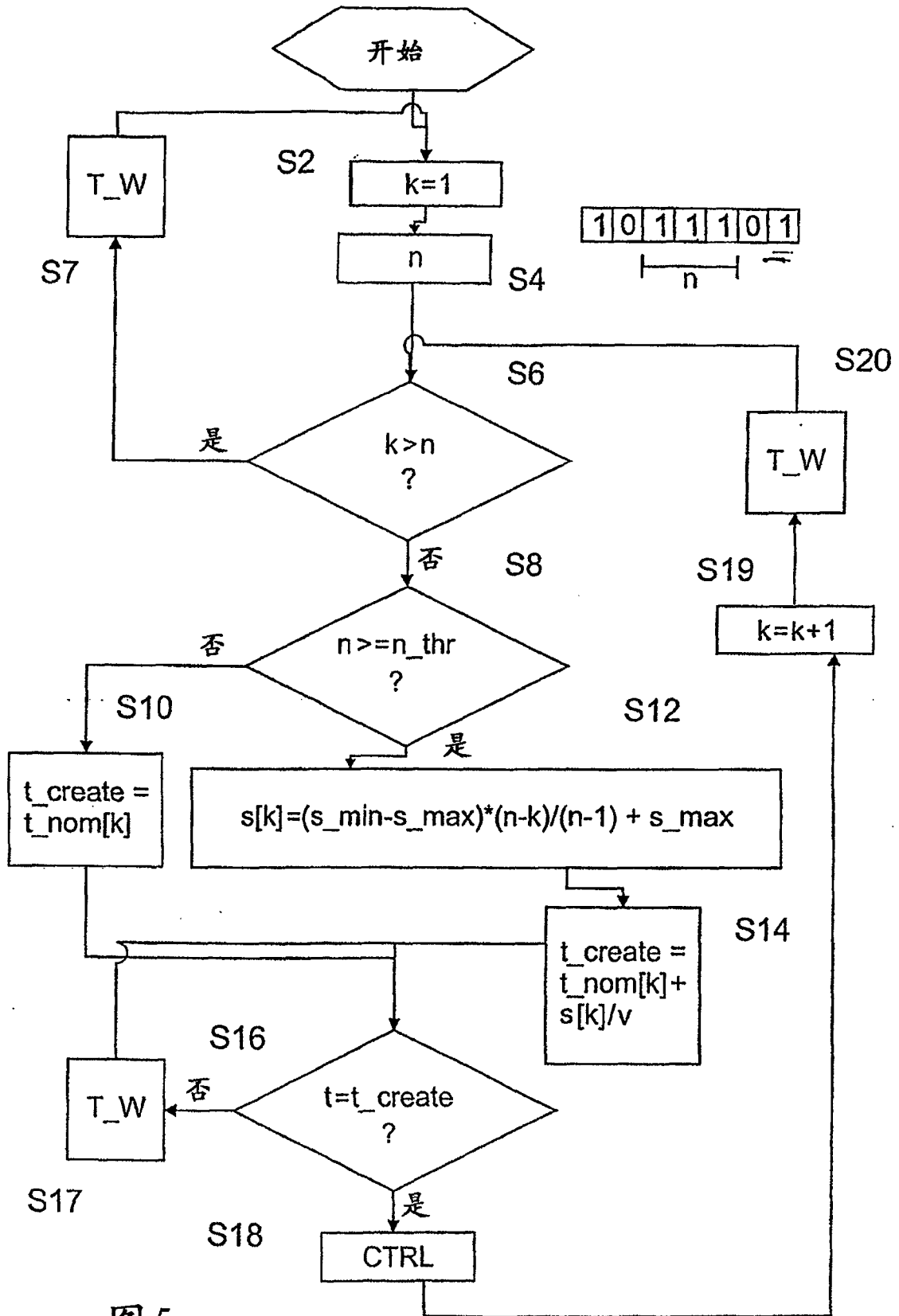


图 5

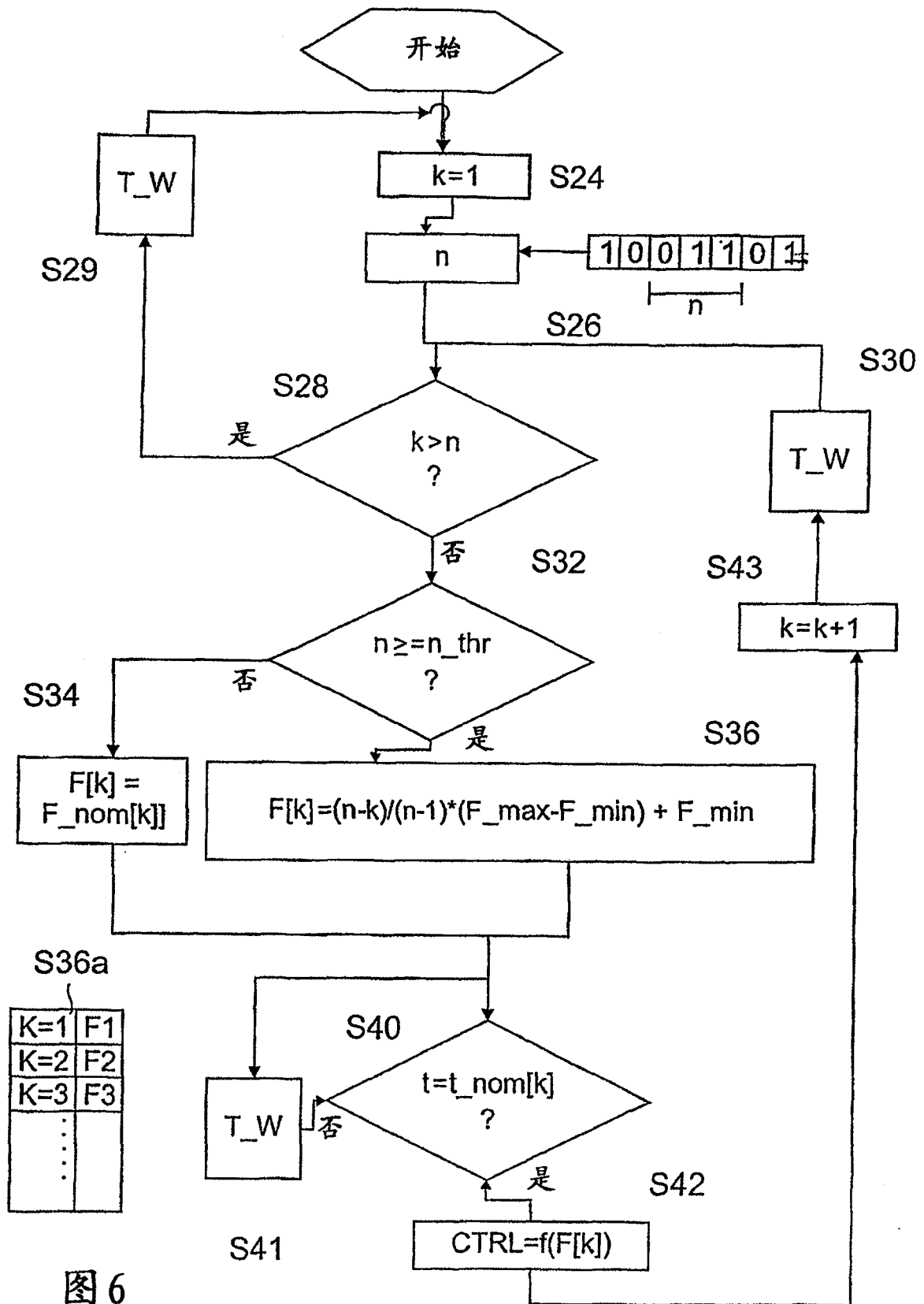


图 6

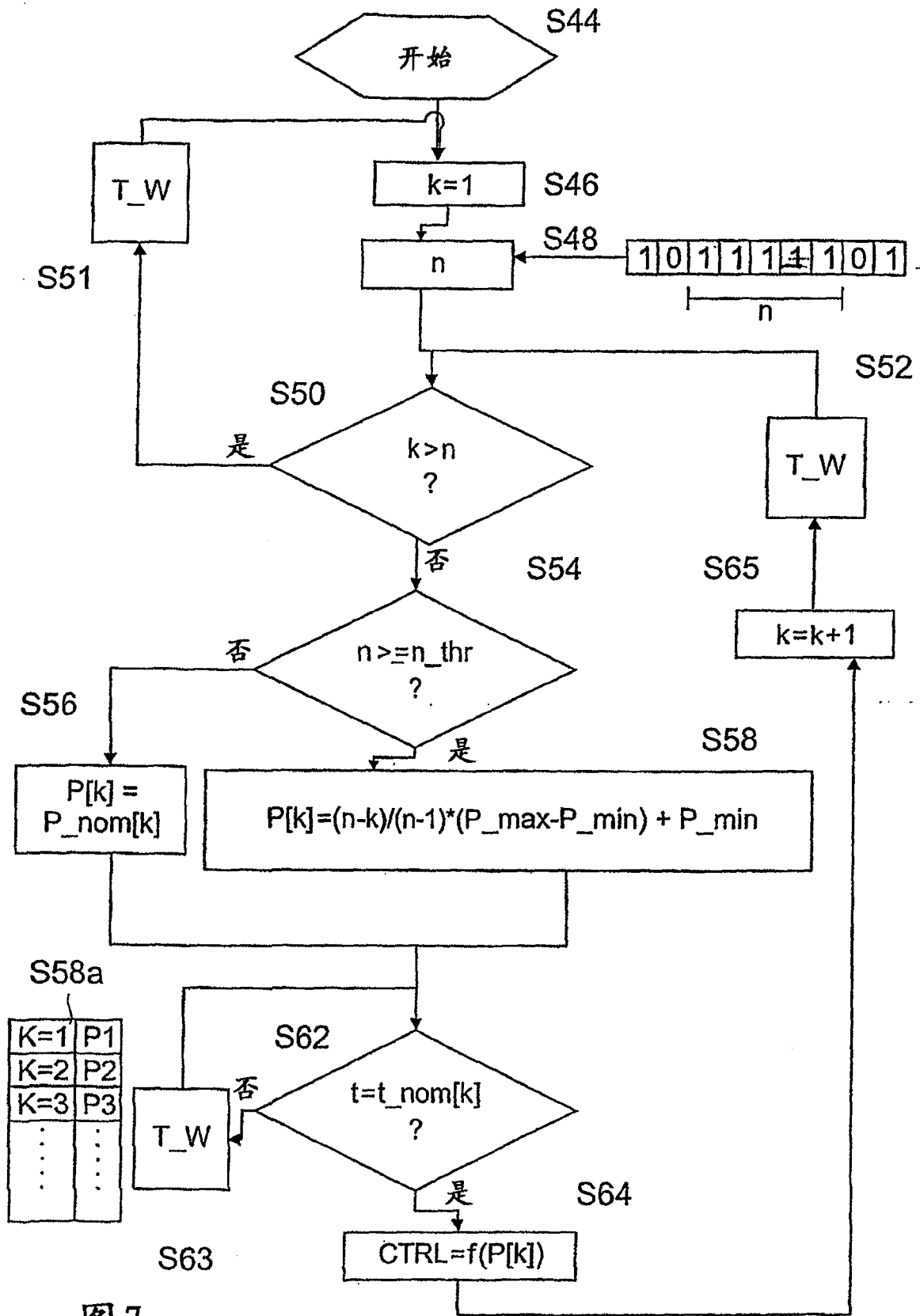


图 7

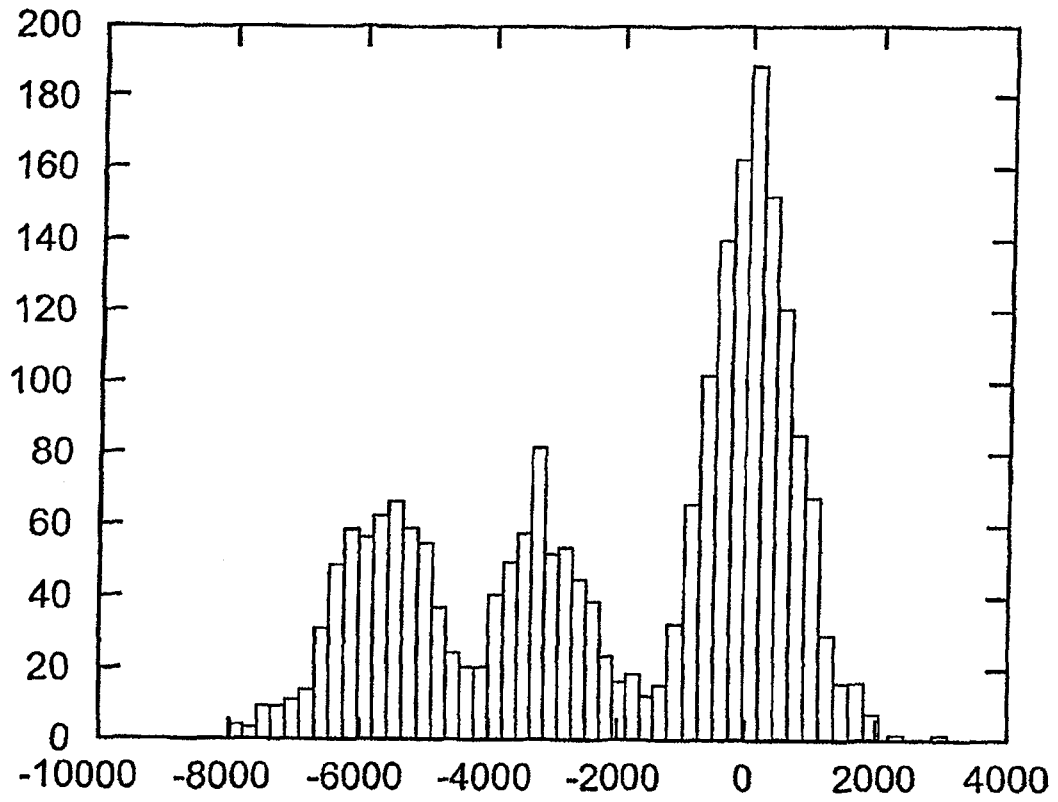


图8

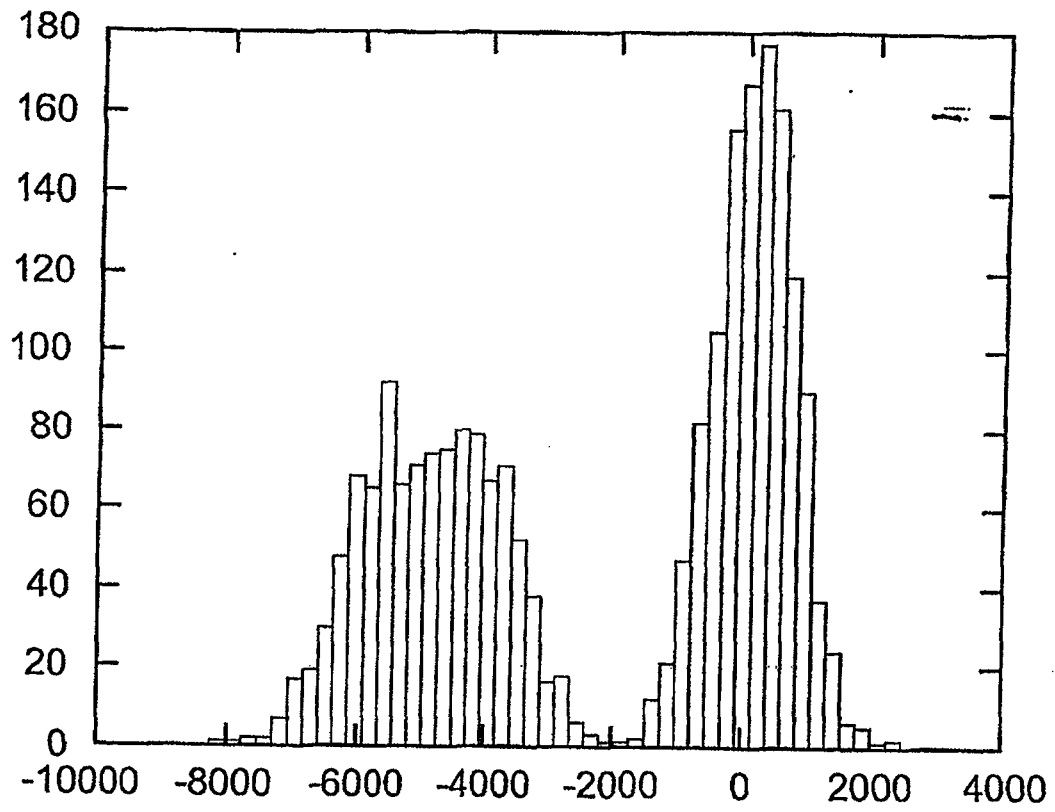


图9

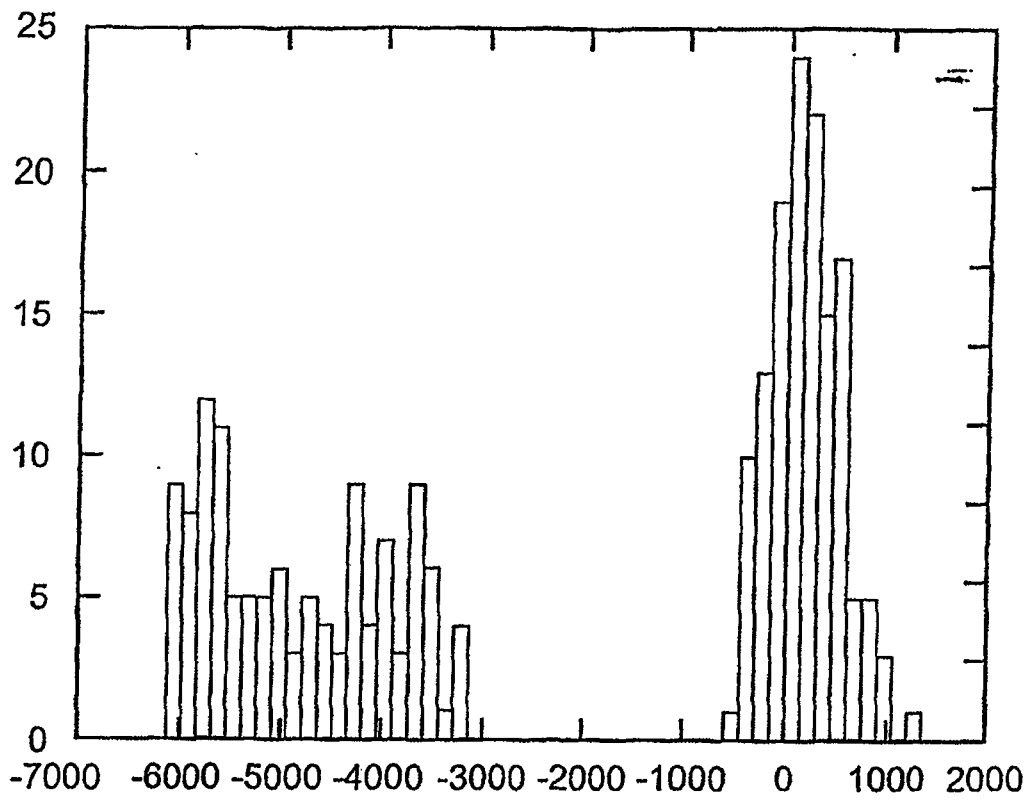


图10