



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103380416 A

(43) 申请公布日 2013. 10. 30

(21) 申请号 201280009420. 5

代理人 鄧迅

(22) 申请日 2012. 02. 16

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

G06F 11/10(2006. 01)

61/444, 534 2011. 02. 18 US

13/397, 434 2012. 02. 15 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2013. 08. 16

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2012/025482 2012. 02. 16

(87) PCT申请的公布数据

W02012/154255 EN 2012. 11. 15

(71) 申请人 马维尔国际贸易有限公司

地址 巴巴多斯圣米加勒

(72) 发明人 阳学仕

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

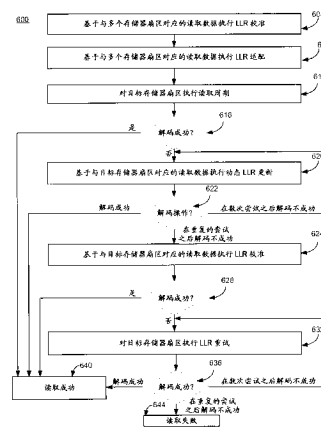
权利要求书3页 说明书10页 附图8页

(54) 发明名称

用于软解码的可靠性度量管理

(57) 摘要

各实施例提供一种用于读取存储器的目标存储器扇区的方法。该方法包括：基于与存储器的多个存储器扇区对应的读取数据，估计第一个或者多个参考电压，以及使用第一个或者多个参考电压，对目标存储器扇区执行第一读取操作。该方法还包括：确定第一读取操作的纠错码(ECC) 解码失败，以及响应于确定第一读取操作的ECC 解码失败并且基于与目标存储器扇区对应的读取数据，更新第一个或者多个参考电压的估计以生成第二个或者多个参考电压。该方法也包括：使用第二个或者多个参考电压，对目标存储器扇区执行第二读取操作。



1. 一种用于读取存储器的目标存储器扇区的方法,所述方法包括:  
基于与所述存储器的多个存储器扇区对应的读取数据,估计第一个或者多个参考电压;  
使用所述第一个或者多个参考电压,对所述目标存储器扇区执行第一读取操作;  
确定所述第一读取操作的纠错码 (ECC) 解码失败;  
响应于确定所述第一读取操作的所述 ECC 解码失败并且基于与所述目标存储器扇区对应的读取数据,更新所述第一个或者多个参考电压的估计以生成第二个或者多个参考电压;以及  
使用所述第二个或者多个参考电压,对所述目标存储器扇区执行第二读取操作。
2. 根据权利要求 1 所述的方法,还包括:  
基于与所述多个存储器扇区对应的所述读取数据,估计与所述第一个或者多个参考电压对应的第一对数似然比 (LLR) 集,其中 LLR 是针对给定的参考电压范围的针对从存储器单元读取的每个数据位的置信度的指示;  
其中确定所述第一读取操作的所述 ECC 解码失败还包括在使用所述第一 LLR 集对所述第一读取操作的结果进行 ECC 解码时确定所述第一读取操作的所述 ECC 解码失败,  
其中所述方法还包括:响应于确定所述第一读取操作的所述 ECC 解码失败并且基于与所述目标存储器扇区对应的所述读取数据,更新所述第一 LLR 集的估计以生成第二 LLR 集,以及  
其中执行所述第二读取操作还包括使用所述第二 LLR 集对所述第二读取操作的结果进行 ECC 解码。
3. 根据权利要求 2 所述的方法,其中估计所述第一个或者多个参考电压和估计所述第一 LLR 集还包括:  
接收与所述多个存储器扇区的第一子集对应的读取数据;  
在接收与所述第一子集对应的所述读取数据之后并且基于与所述第一子集对应的所述读取数据,估计第三个或者多个参考电压以估计第三个或者多个参考电压并且估计第三 LLR 集以形成估计的第三 LLR 集;以及  
基于接收与所述多个存储器扇区中的一个或者多个存储器扇区对应的新读取数据,自适应地更新所述估计的第三个或者多个参考电压和所述估计的第三 LLR 集以分别生成所述第一个或者多个参考电压和所述第一 LLR 集。
4. 根据权利要求 3 所述的方法,其中在所述存储器的初始化之后发生估计所述第三个或者多个参考电压和所述第三 LLR 集。
5. 根据权利要求 3 所述的方法,其中:  
在第一时间段期间写入所述目标存储器扇区中的将被读取的数据;以及  
在所述第一时间段期间或者附近还写入与所述多个存储器扇区中的所述一个或者多个存储器扇区对应的所述新读取数据。
6. 根据权利要求 2 所述的方法,其中更新所述第一个或者多个参考电压的所述估计和更新所述第一 LLR 集的所述估计还包括:  
响应于确定所述第一读取操作的所述 ECC 解码失败,对所述目标存储器扇区执行多个读取操作以生成与所述目标存储器扇区对应的当前读取数据;以及

基于与所述目标存储器扇区对应的所述当前读取数据,更新所述第一个或者多个参考电压的所述估计以生成所述第二个或者多个参考电压并且更新所述第一 LLR 集的所述估计以生成所述第二 LLR 集。

7. 根据权利要求 2 所述的方法,其中更新所述第一个或者多个参考电压的所述估计和更新所述第一 LLR 集的所述估计还包括:

接收与所述目标存储器扇区对应的所述读取数据;以及

基于与所述目标存储器扇区对应的所述读取数据,更新所述第一个或者多个参考电压的所述估计以生成所述第二个或者多个参考电压并且更新所述第一 LLR 集的所述估计以生成所述第二 LLR 集。

8. 根据权利要求 2 所述的方法,还包括:

基于未能使用所述第二 LLR 集对所述第二读取操作的结果进行成功地 ECC 解码,确定所述第二读取操作的第二 ECC 解码失败。

9. 根据权利要求 8 所述的方法,还包括:

响应于确定所述第二读取操作的所述第二 ECC 解码失败,使用第三 LLR 集对所述第二读取操作的结果进行 ECC 解码。

10. 根据权利要求 9 所述的方法,还包括:

使用不同 LLR 集重复对所述第二读取操作的结果进行 ECC 解码直至以下各项中的一项或者多项发生:所述 ECC 解码成功、将所述 ECC 解码重复阈值次数和将所重复的 ECC 解码执行至少持续阈值持续时间。

11. 一种存储器系统,包括:

包括目标扇区的存储器;

读取模块;

估计模块,被配置为基于与所述存储器的多个存储器扇区对应的读取数据而估计第一个或者多个参考电压;以及

解码器模块,

其中所述读取模块被配置为使用所述第一个或者多个参考电压对所述存储器的目标存储器扇区执行第一读取操作,

其中响应于所述解码器模块确定所述第一读取操作的纠错码 (ECC) 失败并且基于与所述目标存储器扇区对应的读取数据,所述估计模块还被配置为更新所述第一个或者多个参考电压的估计以生成第二个或者多个参考电压,以及

其中使用所述第二个或者多个参考电压,所述读取模块还被配置为对所述目标存储器扇区执行第二读取操作。

12. 根据权利要求 11 所述的存储器系统,其中:

基于与所述多个存储器扇区对应的所述读取数据,所述估计模块还被配置为估计与所述第一个或者多个参考电压对应的第一对数似然比 (LLR) 集,其中 LLR 是针对给定的参考电压范围的置信度的指示;

响应于所述解码器模块未能使用所述第一 LLR 集并且基于与所述目标存储器扇区对应的所述读取数据对所述第一读取操作的结果进行 ECC 解码,所述估计模块还被配置为更新所述第一 LLR 集的估计以生成第二 LLR 集;以及

其中使用所述第二 LLR 集,所述解码器模块还被配置为对所述第二读取操作的结果进行 ECC 解码。

13. 根据权利要求 12 所述的存储器系统,其中所述估计模块还被配置为:

接收与所述多个存储器扇区的第一子集对应的读取数据;

在接收与所述第一子集对应的所述读取数据之后并且基于与所述第一子集对应的所述读取数据,估计第三一个或者多个参考电压以形成估计的第三一个或者多个参考电压并且估计第三 LLR 集以形成估计的第三 LLR 集;以及

基于接收与所述多个存储器扇区中的一个或者多个存储器扇区对应的新读取数据,自适应地更新所述估计的第三一个或者多个参考电压和所述估计的第三 LLR 集以分别生成所述第一个或者多个参考电压和所述第一 LLR 集。

14. 根据权利要求 13 所述的存储器系统,其中:

在第一时间段期间写入所述目标存储器扇区中的将被读取的数据;以及

在所述第一时间段期间或者附近还写入与所述多个存储器扇区中的所述一个或者多个存储器扇区对应的所述新读取数据。

15. 根据权利要求 12 所述的存储器系统,其中:

响应于确定所述第一读取操作的所述失败,所述读取模块还被配置为对所述目标存储器扇区执行多个读取操作以生成与所述目标存储器扇区对应的当前读取数据;以及

基于与所述目标存储器扇区对应的所述当前读取数据,所述估计模块还被配置为更新所述第一个或者多个参考电压的所述估计以生成所述第二个或者多个参考电压并且更新所述第一 LLR 集的所述估计以生成所述第二 LLR 集。

16. 根据权利要求 12 所述的存储器系统,其中:

所述估计模块被配置为接收与所述目标存储器扇区对应的先前读取数据,其中与所述目标存储器扇区对应的所述先前读取数据来自对所述目标存储器扇区的先前读取操作;以及

基于与所述目标存储器扇区对应的所述先前读取数据,所述估计模块被配置为更新所述第一个或者多个参考电压的所述估计以生成所述第二个或者多个参考电压并且更新所述第一 LLR 集的所述估计以生成第二 LLR 集。

17. 根据权利要求 12 所述的存储器系统,其中所述解码器模块还被配置为使用所述第二 LLR 集对所述第二读取操作的结果进行 ECC 解码。

18. 根据权利要求 12 所述的存储器系统,其中:

如果使用所述第二 LLR 集对所述第二读取操作的结果进行 ECC 解码失败,则所述解码器模块还被配置为使用第三 LLR 集对所述第二读取操作的结果进行 ECC 解码。

19. 根据权利要求 12 所述的存储器系统,其中:

所述解码器模块还被配置为使用不同 LLR 集重复对所述第二读取操作的结果进行 ECC 解码直至以下各项中的一项或者多项发生:所述 ECC 解码成功、将所述 ECC 解码重复阈值次数和将所重复的 ECC 解码执行至少持续阈值持续时间。

20. 根据权利要求 12 所述的存储器系统,其中所述存储器是电可擦除可编程只读存储器 (EEPROM) 和闪存中的一个。

## 用于软解码的可靠性度量管理

### [0001] 有关申请的交叉引用

[0002] 本公开内容要求对 2012 年 2 月 15 日提交的第 13/397,434 号美国专利申请的优先权,该美国专利申请要求对 2011 年 2 月 18 日提交的第 61/444,534 号美国临时专利申请的优先权,通过完全引用该美国临时专利申请将它的全部公开内容结合于此,如果有与本公开内容不一致的那些章节则除外。本公开内容与以下美国专利申请有关:2009 年 9 月 02 日提交的第 12/552,925 号美国专利申请;2010 年 12 月 3 日提交的第 12/959891 号美国专利申请;2011 年 1 月 31 日提交的第 13/017430 号美国专利申请;2011 年 4 月 08 日提交的第 13/089,135 号美国专利申请;以及 2011 年 6 月 24 日提交的第 13/167,896 号美国专利申请,通过完全引用这些美国专利申请将它们的全部公开内容结合于此,如果有与本公开内容不一致的那些章节则除外。

### 技术领域

[0003] 本公开内容的实施例涉及软解码领域,并且更具体地,涉及用于软解码的可靠性度量管理。

### 背景技术

[0004] 本文提供的背景技术描述是出于总体呈现本公开内容的上下文的目的。当前署名的发明人的工作(到在本背景技术部分描述的工作的程度)以及在提交申请时可能无法以其他方式作为现有技术的衡量的说明书的多个方面,既没有明确地也没有暗示地被承认是本公开的现有技术。

[0005] 存储器设备(例如闪存)一般包括多个存储器扇区,其中每个存储器扇区包括多个存储器单元。通过将存储器单元编程为不同电压电平来存储数据。每个单元 k 位的闪存设备(其中 K 是适当整数)在单个单元中存储 K 位并且具有  $2^k$  个电压区域,其中每个区域对应于可能的  $2^k$  个 k 位模式中的一个模式。在对应电压区域中通过将存储器单元预先确定为标称电压值来存储 k 位模式。在特定存储器单元内实际存储的电压受到噪声并且因此可不同于标称值。存储的电压的确切值不能直接读取而仅能与读取参考电压比较。而且,在读取操作期间,主要目标是发现与存储的电压的对应的 k 位模式而不是电压本身。因此,通过比较存储器单元中存储的电压值与一个或者多个读取参考电压来读取存储器单元。

[0006] 闪存设备中的存储器单元的浮动栅极晶体管能够在它的浮动栅极上存储电压持续一段时间、通常为许多年。与浮动栅极晶体管的浮动栅极上的存储的电荷对应的阈值电压可能由于例如设备的物理改变而随时间改变。这样的物理改变可以归因于设备老化、重复的擦除和编程周期等。闪存存储器单元组因此可以表现它们的总阈值电压分布随时间改变。这样的改变可以造成更大的错误率,该错误率可以随着设备的老化而恶化。

### 发明内容

[0007] 在各种实施例中,提供一种用于读取存储器的目标存储器扇区的方法。该方法包

括：基于与存储器的多个存储器扇区对应的读取数据，估计第一个或者多个参考电压；以及使用第一个或者多个参考电压，对目标存储器扇区执行第一读取操作。该方法还包括：确定第一读取操作的纠错码 (ECC) 解码失败；以及响应于确定第一读取操作的 ECC 解码失败并且基于与目标存储器扇区对应的读取数据，更新第一个或者多个参考电压的估计以生成第二个或者多个参考电压。该方法也包括：使用第二个或者多个参考电压，对目标存储器扇区执行第二读取操作。

[0008] 根据一个实施例，该方法还包括：基于与多个存储器扇区对应的读取数据，估计与第一个或者多个参考电压对应的第一对数似然比 (LLR) 集，其中 LLR 是针对给定的参考电压范围的针对从存储器单元读取的每个数据位的置信度的指示。根据该实施例，确定第一读取操作的 ECC 解码失败还包括在使用第一 LLR 集对第一读取操作的结果进行 ECC 解码时确定第一读取操作的 ECC 解码失败，并且该方法还包括：响应于确定第一读取操作的 ECC 解码失败并且基于与目标存储器扇区对应的读取数据，更新第一 LLR 集的估计以生成第二 LLR 集。根据该实施例，执行第二读取操作还包括使用第二 LLR 集对第二读取操作的结果进行 ECC 解码。

[0009] 本公开内容也提供一种存储器系统，该存储器系统包括：包括目标扇区的存储器。该存储器系统也包括：读取模块；以及估计模块，被配置为基于与存储器的多个存储器扇区对应的读取数据而估计第一个或者多个参考电压。该存储器系统还包括解码器模块。读取模块被配置为使用第一个或者多个参考电压对存储器的目标存储器扇区执行第一读取操作。响应于解码器模块确定第一读取操作的纠错码 (ECC) 失败并且基于与目标存储器扇区对应的读取数据，估计模块还被配置为更新第一个或者多个参考电压的估计以生成第二个或者多个参考电压。使用第二个或者多个参考电压，读取模块还被配置为对目标存储器扇区执行第二读取操作。

[0010] 根据一个实施例，基于与多个存储器扇区对应的读取数据，估计模块还被配置为估计与第一个或者多个参考电压对应的第一对数似然比 (LLR) 集，其中 LLR 是针对给定的参考电压范围的置信度的指示。根据该实施例，响应于解码器模块未能使用第一 LLR 集并且基于与目标存储器扇区对应的读取数据对第一读取操作的结果进行 ECC 解码，估计模块还被配置为更新第一 LLR 集的估计以生成第二 LLR 集。而且，根据该实施例，使用第二 LLR 集，解码器模块还被配置为对第二读取操作的结果进行 ECC 解码。

## 附图说明

[0011] 结合附图通过以下具体描述将容易理解实施例。在附图的各图中通过示例而不是通过限制来图示实施例。

[0012] 图 1 示意地图示存储器系统的示例。

[0013] 图 2 和图 3 示意地图示作为电压的函数的与数据位为 0 和 1 的概率关联的概率密度函数 (PDF) 并且也图示对应仓直方图。

[0014] 图 4 图示与三个读取期间对应的仓直方图，在这些读取周期期间向存储器的一个或者多个存储器扇区的存储器单元施加三个参考电压。

[0015] 图 5 图示用于向各种参考电压范围分配对数似然比 (LLR) 的方法的示例。

[0016] 图 6 图示用于执行存储器的存储器扇区的读取操作的方法的示例。

[0017] 图 7 示意地图示作为电压的函数的与数据位为 0 或者 1 的概率关联的 PDF 并且也图示对应仓直方图。

[0018] 图 8 图示用于执行存储器的存储器扇区的读取操作的方法的另一示例。

### 具体实施方式

[0019] 图 1 示意地图示存储器系统 10 的示例。存储器系统 10 包括存储器 14。存储器 14 是任何适当类型的存储器、例如易失性存储器（例如适当类型的随机存取存储器）、非易失性存储器（例如只读存储器）等。在一个实施例中，存储器 14 是电可擦除可编程只读存储器（EEPROM）、例如闪存。

[0020] 虽然在图 1 中未图示，但是存储器 14 包括多个存储器扇区，其中每个存储器扇区包括多个存储器单元而每个存储器单元存储一位或者多位数据。例如存储器 14 的各个存储器单元可以是存储单位数据的单级单元（SLC）。在另一示例中，存储器 14 的各个存储器单元可以是存储多于一位数据的多级单元（MLC）。在一个实施例中，存储器扇区对应于存储器 14 的存储器页面。在一个实施例中，在单个读取周期期间读取在存储器扇区中包括的所有存储器单元。

[0021] 存储器系统 10 包括读取控制模块 16，该读取控制模块 16 包括估计模块 18、解码器模块 22、读取模块 26、仓直方图存储器模块 30 和 LLR 表模块 34。读取控制模块 16 被配置为读取来自存储器 14 的数据并且对数据解码。虽然在图 1 中未图示，但是存储器系统 10 也包括被配置为（例如可能在编码和 / 或加密数据之后）在存储器 14 中写入数据的写入控制模块。

[0022] 在各种实施例中，读取控制模块 16 以存储器扇区为单位从存储器 14 读取数据。也就是说，在单个读取周期期间读取来自存储器 14 的存储器扇区的存储器单元的数据位。在读取周期期间，读取模块 26 向存储器扇区的各个存储器单元施加参考电压。对于给定的存储器单元，读取模块 26 确定存储器单元的电压电平与施加的参考电压比较是更高还是更低。基于这一确定，例如如果存储器单元是 SLC，则估计模块 18 和 / 或解码器模块 22 估计存储器单元中存储的位是零或者一。如果存储器单元是 MLC，则施加多个参考电压以估计存储器单元中存储的位。因此，读取周期与在读取周期期间向存储器 14 的存储器扇区的存储器单元施加的一个或者多个参考电压关联。

[0023] 当读取模块 26 从存储器 14 的存储器扇区读取数据时，估计模块 18 为存储器 14 的存储器扇区的存储器单元的数据位提供软估计。也就是说，估计模块 18 以似然比（LLR）的形式提供每个数据位为 0 或者 1 的概率。LLR 指示从存储器 14 读取的每个数据位为零（‘0’）或者一（‘1’）的置信度。基于所估计的用于数据位的 LLR，解码器模块 22 对数据解码。LLR 的估计直接影响解码器性能和存储器系统 10 的性能。可以将用于数据位的 LLR 定义为：

[0024]

$$\text{LLR} = \log \left( \frac{\text{数据位等于0的概率}}{\text{数据位等于1的概率}} \right)$$

[0025] 因此，正的 LLR 指示数据位等于 0 的更大概率，而负的 LLR 指示数据位等于 1 的更大概率。也就是说，LLR 的符号提供数据位的估计，并且 LLR 的量值提供估计的可靠性（例如

$|LLR| = 0$  意味着估计完全不可靠, 并且  $|LLR| = \infty$  意味着估计完全可靠并且位值已知)。

[0026] 解码器模块 22 使用迭代软解码技术来执行解码操作。例如解码器模块 22 运用纠错码 (ECC)、诸如例如低密度奇偶校验 (LDPC) 代码、Reed-Solomon (RS) 代码、Turbo 码或者用于数据 ECC 解码的任何其它适当的迭代软解码代码。

[0027] 如本文将更具体描述的那样, 仓直方图存储器 30 存储用于各种仓直方图的仓索引, 这些仓直方图对应于作为电压的函数的与数据位为 0 或者 1 的概率关联的概率密度函数 (PDF)。而且, LLR 表模块 34 包括查找表 (LUT), 该 LUT 将仓直方图的仓索引映射到与每个数据位为 0 或者 1 的概率对应的对应 LLR。

[0028] 图 2 示意地图示作为电压的函数的与数据位为 0 和 1 的概率关联的概率密度函数 (PDF) 并且也图示对应仓直方图。在图 2 的示例 PDF 中, 假设存储器 14 的存储器单元是 SLC (但是在另一实施例中, 存储器 14 的存储器单元可以是 MLC)。

[0029] 在图 2 中有两个图形, 其中顶部图形图示 PDF 并且底部图形图示仓直方图。图 2 的顶部图形中的电压是各个存储器单元的电压电平。PDF(1) 是用于存储器单元中的数据位为 1 的 PDF, 而 PDF(0) 是用于数据位为 0 的 PDF。例如, 如果存储器单元的电压电平相对高, 则关联的数据位为 0 的概率高; 而如果电压电平相对低, 则数据位为 1 的概率高 (但是在其它实施例中, 基于例如存储器 14 的配置, 相反情况也可以有可能)。所图示 PDF 为钟形, 但是任何其它形状也有可能。而且, 图示的两个 PDF 为对称, 但是在一些实施例中, 两个 PDF 可以不对称。

[0030] 在图 2 中, 竖直虚线 210 穿过 PDF(1) 和 PDF(0) 的交点。该线 210 对应于在读取周期期间向存储器扇区的存储器单元施加的参考电压  $v_1$ 。对于给定的存储器单元, 读取模块 26 确定存储器单元的电压电平与施加的参考电压  $v_1$  比较是更高还是更低。对于每个存储器单元, 基于这样的确定, 将两个仓直方图中的一个递增一。例如, 如果确定存储器单元的电压电平与施加的参考电压  $v_1$  比较更高, 则将虚线 310 右侧上的仓直方图递增一, 并且反之亦然。而且, 基于存储位 0 的存储器单元比存储位 1 的存储器单元具有更高的电压电平的假设 (也如两个 PDF 中所示, 但是这样的假设仅为示例而不限本公开内容的教导), 分配在虚线 210 右侧的仓直方图为用于位 0 的仓直方图 (下文也称为仓直方图 0), 并且分配在虚线 210 左侧的仓直方图为用于位 1 的仓直方图 (下文也称为仓直方图 1)。因此, 基于施加参考电压  $v_1$ , 读取模块 26 估计存储器单元存储位 0 还是位 1, 并且相应地递增两个仓直方图中的一个。仓直方图 0 因此反映存储器扇区中的与施加的参考电压比较具有更高电压的存储器单元的计数, 并且相应地, 反映存储器扇区中的存储位 0 的存储器单元的计数。类似地, 仓直方图 1 因此反映存储器扇区中的与施加的参考电压比较具有更低电压的存储器单元的计数, 并且相应地, 反映存储器扇区中的存储位 1 的存储器单元的计数。

[0031] 由于图 2 的两个 PDF 对称并且由于线 210 穿过两个 PDF 的交点, 所以约一半数据位将被估计为 0 而约一半数据位将被估计为 1 (假设存储器扇区中存储的 0 和 1 的数目几乎相等)。因此如图 2 中所示, 两个仓直方图具有几乎相同高度。电压  $v_1$  代表用于在读取周期期间向存储器 14 的存储器扇区施加的最优参考电压。

[0032] 在实践中, PDF(1) 和 PDF(0) 对于存储器系统 10 而言通常未知。因而, 参考电压 1 (代表用于在读取周期期间向存储器 14 的存储器扇区施加的最优参考电压) 在存储器 14 的读取操作期间也未知。另外, 针对闪存最优参考电压可以随时间改变 (例如随着闪存经



历数目越来越多的写入、留置和 / 或读取周期)、可以在存储器 14 的两个存储器扇区之间变化并且也可以在单个存储器扇区的两个存储器单元之间变化。因而通常不可能预先知道最优参考电压  $v_1$ 、因而不可能在读取周期期间向存储器 14 正确施加最优参考电压  $v_1$ 。

[0033] 因而在实践中,在读取周期期间,向存储器 14 的存储器扇区施加参考电压  $v_2$ ,其中参考电压  $v_2$  可以如图 3 中所示不同于最优参考电压  $v_1$  (例如  $v_2$  在图 3 的示例中大于  $v_1$ )。由于图 3 中的参考电压  $v_2$  大于最优参考电压  $v_1$ ,所以 (例如与确定数据位为 0 的概率比较) 而确定数据位为 1 的概率增加,从而如图 3 中的底部图形中所示产生仓直方图 1 的与仓直方图 0 比较的更高高度。也就是说,由于参考电压  $v_2$  大于最优参考电压  $v_1$ ,所以现在将实际上为 0 的一些数据位错误地估计为位 1、由此增加仓直方图 1 的高度。

[0034] 图 4 图示与三个读取周期对应的仓直方图,在这些读取周期期间向存储器 14 的一个或者多个存储器扇区的存储器单元施加三个参考电压。例如在第一读取周期期间施加参考电压  $v_{4a}$ 。在第一读取周期期间,读取模块 26 确定存储器单元的电压电平与参考电压  $v_{4a}$  比较是更高还是更低。在第二和第三读取周期期间,分别施加参考电压  $v_{4b}$  和  $v_{4c}$ 。基于三个读取周期,估计模块 18 构造如图 4 中所示四个仓直方图 A4、B4、C4 和 D4。

[0035] 例如仓直方图 A4 的高度指示电压电平被估计少于参考电压  $v_{4b}$  的存储器单元的数目,仓直方图 C4 的高度指示电压电平被估计在参考电压  $v_{4a}$  与  $v_{4b}$  之间的存储器单元的数目,仓直方图 D4 的数目指示电压电平被估计在参考电压  $v_{4a}$  与  $v_{4c}$  之间的存储器单元的数目,以及仓直方图 B4 的高度指示电压电平被估计大于参考电压  $v_{4c}$  的存储器单元的数目。

[0036] 在一个实施例中,仓直方图存储器模块 30 存储用于各种仓直方图的仓索引。在新读取周期的结果可用时动态更新仓直方图存储器 30 中的仓索引。在一个实施例中,LLR 表模块 34 包括将仓直方图的仓索引映射到对应 LLR 的查找表 (LUT)。在一个实施例中,向各种仓直方图分配的 LLR 的量值基于相应仓直方图的高度 (即基于对应仓索引)。作为示例,仓直方图的仓索引越高,对应 LLR 的量值就越高 (但是映射可以包括更复杂和不同类型的规则)。例如,如图 4 中所示分别向仓直方图 A4、B4、C4 和 D4 分配 LLR 值 -2.5、-1、0.8 和 3.4。

[0037] 图 5 图示用于向各种参考电压范围分配 LLR 的方法 500 的示例。在 504, (例如由读取模块 26) 对存储器 14 的一个或者多个存储器扇区执行多个读取周期。在 508,基于多个读取周期生成仓直方图 (例如关于图 2-4 讨论的那样)。例如在新读取周期的结果可用时更新 (例如仓直方图存储器模块 30 中存储的) 与仓直方图对应的仓索引。在 512 针对各种参考电压范围 (例如基于 LLR 表模块 34) 向各种仓直方图分配 LLR (例如关于图 4 讨论的那样)。

[0038] 如先前略为提及的那样,存储器 14 的存储器单元的浮动栅极晶体管能够在它的浮动栅极上存储电压持续一段时间、通常为许多年。与浮动栅极晶体管的浮动栅极上存储的电荷对应的阈值电压将由于例如存储器 14 的物理改变而随时间改变。这样的物理改变可以归因于存储器 14 的各种存储器扇区的老化、重复的擦除和编程周期等。存储器 14 的存储器单元组因此将表现它们的总阈值电压分布随时间改变。例如阈值电压分布的均值可能随时间移位、阈值电压分布的方差可能随时间移位和 / 或阈值电压分布可能随时间变成不对称。这样的改变可以造成更大的读取错误率,该读取错误率可以随着存储器 14 老化而

恶化。此外,由于例如在制造两个存储器(例如存储器 14 和另一存储器)时的变化因此在两个存储器的阈值电压分布之间一般有变化。另外,由于例如存储器 14 的一个存储器扇区比另一存储器扇区的相对更高使用量、制造可变性等因此在两个存储器扇区的阈值电压分布之间可能有变化。此外,如果存储器 14 的存储器单元为 MLC,(例如对于三位 MLC,最低有效位(LSB)、中心有效位(CSB)和最高有效位(MSB))则存储器 14 的每个存储器单元具有多于一位存储。与 LSB、CSB 和 MSB 对应的阈值电压分布也可能不同从而需要用于 LLR 值的各个校准和适配。

[0039] 在一个实施例中,需要定期校准和适配用于存储器 14 的 LLR 值以反应阈值电压分布的变化,以便实现读取操作期间的相对更低错误率。LLR 值基于在读取周期期间施加的参考电压,并且确定适当参考电压也是重要任务。

[0040] 图 6 图示用于执行存储器 14 的存储器扇区的读取操作的方法 600 的示例。在图 6 的读取操作期间,读取控制模块 16 尝试从例如存储器 14 的目标存储器扇区读取数据。在一个实施例中,目标存储器扇区是存储器 14 的将从其读取数据的存储器页面(例如目标存储器页面)。在一个实施例中,在读取周期期间读取来自目标存储器扇区的所有存储器单元的数据。

[0041] 参照图 1 和图 6,在 604,读取控制模块 16(例如在读取控制模块 16 中包括的估计模块 18)基于读取与存储器 14 的多个存储器扇区对应的数据而执行 LLR 校准。在一个实施例中,多个存储器扇区对应于存储器扇区组(例如存储器页面组)。在 604 的操作例如在存储器 14 的初始化期间(例如在制造存储器 14 之后、每次存储器 14 上电时等)执行和/或在周期间隔执行。在一个实施例中,离线执行在 604 的 LLR 校准。例如在 604 的 LLR 校准在执行存储器 14 的实际读取操作之前使用例如虚读取操作(例如仅为 LLR 校准过程执行的读取操作)在存储器 14 的初始化或者上电期间执行。

[0042] 在执行在 604 的 LLR 校准之时,在一个实施例中,为存储器 14 的多个存储器扇区发出多个读取命令,并且(如关于图 2-4 讨论的那样)生成关联直方图。附加地或者备选地,来自先前读取命令的结果用来生成直方图。在 604 的 LLR 校准期间,估计模块 18 针对各种存储器扇区估计阈值电压分布(例如估计各种阈值电压分布参数、例如均值、方差等)。在 2009 年 9 月 02 日提交的第 12/552,925 号美国专利申请中更详细地讨论在执行 LLR 校准时估计阈值电压分布,通过引用该美国专利申请将它的全部公开内容结合于此,如果有与本公开内容不一致的章节则那些章节除外。

[0043] 在执行 604 的 LLR 校准时并且基于估计的阈值电压分布,还为将来的读取操作估计一个或者多个期望的(例如最优或者接近最优)参考电压。例如,如果将仅执行单个读取周期(例如,如果在一个读取周期之后解码成功),则读取操作仅需单个参考电压。如果将执行两个读取操作,则读取操作将需要两个参考电压,并且以此类推。估计模块 18 生成用于一个读取周期、两个读取周期、三个读取周期和/或任何其它适当数目的读取周期(例如四个、五个等)的参考电压。估计模块 18 也通过校准和/或更新 LLR 表 34 并且基于关联的直方图索引生成用于各种参考电压范围的 LLR。

[0044] 图 7 示意地图示作为电压的函数的与数据位为 0 或者 1 的概率关联的 PDF 并且也图示对应直方图。图 7 的图形用于估计期望的参考电压和关联的 LLR。例如在执行在 604 的 LLR 校准操作时生成图 7 的直方图。根据图 7 的直方图,将电压  $v_7$  估计为在存储器

14上的将来的读取操作期间用于单个读取周期的期望的（例如最优或者接近最优）参考电压。例如使用图 1 的 LLR 表 34 从图 7 的直方图生成与参考电压 v7 关联的 LLR。

[0045] 在 2011 年 6 月 24 日提交的第 13/167,896 号美国专利申请中更详细地讨论在执行 LLR 校准时估计期望的参考电压,通过完全引用该美国专利申请将它的全部公开内容结合于此,如果有与本公开内容不一致的章节则那些章节除外。

[0046] 再次参照图 6,在 608,估计模块 18 基于读取与多个存储器扇区（例如存储器扇区组,其与例如存储器页面组对应）对应的数据而执行 LLR 适配。在示例中,在离线执行在 604 的 LLR 校准时,（例如在存储器 14 的一般使用（例如一般读取操作）期间）例如在新读取数据的结果可用于估计模块 18 时,在线执行在 608 的 LLR 适配。在一个实施例中,在 608 的 LLR 适配基于将来自解码器模块 22 的数据解码（例如将来自解码器模块 22 的数据硬解码和 / 或软解码）反映阈值电压分布的改变。在 608 的 LLR 适配期间,与更新对应 LLR 值一起更新（在 604 的 LLR 校准期间初始地确定的）参考电压的期望的（例如最优或者接近最优）值（例如基于与参考电压关联的仓直方图,其中在 608 的 LLR 适配期间也更新仓直方图）。在 2011 年 1 月 31 日提交的第 13/017430 号美国专利申请中更详细地讨论 LLR 适配,通过完全引用该美国专利申请将它的全部公开内容结合于此,如果有与本公开内容不一致的章节则那些章节除外。

[0047] 在一个实施例中,对存储器单元组执行 LLR 校准和 / 或 LLR 适配。作为示例,在多个存储器扇区组中划分存储器 14。这样的划分基于例如从上次向各个存储器扇区的存储器单元写入数据起已经流逝的持续时间。作为示例,上次在一个月之前写入数据的存储器 14 的存储器扇区形成第一存储器扇区组;上次在两个月之前写入数据的存储器 14 的存储器扇区形成第二存储器扇区组;并且以此类推。在一个实施例中,存储器扇区组的每个存储器扇区可以在某一程度上表现阈值电压分布中的相似改变（因为在基本上相似时间向这些存储器扇区中的每个存储器扇区写入数据）。因此,从读取存储器扇区组的一个或者多个存储器扇区接收的信息用来分别为存储器扇区组的其它存储器扇区执行 608 的 LLR 适配和 / 或 604 的 LLR 校准。

[0048] 再次参照图 6,在 612,读取模块 26 对目标存储器扇区执行读取周期。例如使用在 604 的 LLR 校准和 / 或在 608 的 LLR 适配期间确定和 / 或更新的期望的参考电压来执行读取周期。虽然在图 6 中未图示,但是在 612,解码器模块 22 使用估计模块 18 在 604 的 LLR 校准和 / 或在 608 的 LLR 适配期间生成的 LLR 估计对读取模块 26 读取的数据解码（例如使用适当软解码算法和 / 或硬解码的 ECC 解码）。

[0049] 在一个实施例中,在先前讨论的第一存储器扇区组中包括目标存储器扇区。基于在读取第一存储器扇区组的其它存储器扇区期间接收的信息,在 LLR 校准和 / 或 LLR 适配期间确定在 612 用于目标存储器扇区的读取周期上的参考电压和 LLR。

[0050] 在 616,解码器模块 22 确定在 612 从目标存储器扇区读取的数据的解码是否成功。如果解码成功,则在 640,读取控制模块 16 成功完成读取目标存储器扇区。

[0051] 如果在 616 解码不成功,则在 620,读取控制模块 16 执行动态 LLR 更新。如先前讨论的那样,基于读取来自多个存储器扇区的数据而执行在 604 的 LLR 校准和 / 或在 608 的 LLR 适配。然而（对其执行读取操作的）目标存储器单元可以具有与存储器 14 的多个存储器扇区（例如包括目标存储器扇区属于的存储器扇区组中的存储器扇区）中的其它存储器

扇区基本上不同的特性（例如阈值电压分布）。这样的不同可能由于例如制造变化、目标存储器扇区的过度使用等。也就是说，目标存储器扇区可以是存储器 14 的多个存储器扇区中的局外存储器扇区（out-liner）（即目标存储器扇区与各种其它存储器扇区的平均阈值电压分布比较可以具有基本上不同的阈值电压分布）。

[0052] 在一个实施例中，使用与目标存储器扇区对应的读取数据和 / 或使用当前代码字来执行在 620 的动态 LLR 更新，其中使用更高分辨率的参考电压集来重新读取所读取的数据。例如将来自目标存储器扇区的读取数据（例如新读取数据）（和 / 或使用当前代码字的读取数据）用来更新期望的参考电压和 / 或关联 LLR。作为示例，在动态 LLR 更新期间，对目标存储器扇区执行具有三个不同参考电压的三个读取周期，并且基于三个读取周期的结果动态更新期望的参考电压和 LLR。随后，使用更新的期望的参考电压来重复读取周期并且使用对应的更新的 LLR 来执行解码。

[0053] 在 622 确定解码是否成功。如果成功，则该方法在 640 结束。如果解码不成功，则读取控制模块 16 可以决定用对应的更高分辨率的新参考电压、用数次更多（例如一个、两个或者其它适当数目）的读取周期来执行动态 LLR 更新并且在 628 再次检查解码是否成功。

[0054] 在 2011 年 4 月 08 日提交的第 13/089,135 号美国专利申请中更详细地讨论动态 LLR 更新（例如针对目标存储器扇区用一个或者多个对应参考电压来执行一个或者多个读取周期），通过完全引用该美国专利申请将它的全部公开内容结合于此，如果有与本公开内容不一致的章节则那些章节除外。还在 2011 年 6 月 24 日提交的第 13/167,896 号美国专利申请中更详细地讨论动态 LLR 更新（例如针对目标存储器扇区用另外一个或者多个对应参考电压来执行另外一个或者多个读取周期来重复动态 LLR 更新），通过完全引用该美国专利申请将它的全部公开内容结合于此，如果有与本公开内容不一致的章节则那些章节除外。

[0055] 再次参照图 6，如果解码在重复的尝试之后在 622 不成功，则读取控制模块 16 基于与目标存储器扇区对应的读取数据执行 LLR 校准。在一个实施例中，在 624 的 LLR 校准与在 604 的 LLR 校准相似。然而不同于在 604 的 LLR 校准，基于来自目标存储器扇区的读取数据来执行在 624 的 LLR 校准。例如基于来自多个存储器扇区的读取数据来执行在 604 的 LLR 校准。如果（用于在 604 的 LLR 校准的）先前数据可用于目标存储器扇区，则这样的读取数据用于在 624 为目标存储器扇区具体执行 LLR 校准。例如基于在 624 的 LLR 校准来更新用于执行目标存储器扇区的读取操作的期望的参考电压和关联 LLR。在一个实施例中，使用与目标存储器扇区对应的新读取数据和 / 或自从一个或者多个先前读取周期可用的与目标存储器扇区对应的读取数据来执行在 624 的 LLR 校准。在 2009 年 9 月 02 日提交的第 12/552,925 号美国专利申请中更详细地讨论执行 LLR 校准，通过完全引用该美国专利申请将它的全部公开内容结合于此，如果有与本公开内容不一致的章节则那些章节除外。

[0056] 在执行在 624 的 LLR 校准之后，使用更新的期望的参考电压和对应 LLR 值对目标存储器扇区重复读取周期。在 628，解码器模块 22 确定关联解码操作是否成功。如果解码成功，则该方法在 640 结束。

[0057] 如果解码在 628 不成功，则在 632，读取控制模块 16 对目标存储器扇区执行 LLR 重试。在 632 的 LLR 重试期间，使用多个参考电压来重复读取周期。附加地或者备选地，解码

模块 32 尝试使用多个 LLR 值对读取数据解码。解码器模块 22 在每个读取周期之后和 / 或在使用各种 LLR 值之后在 636 检查解码是否成功。如果成功,则该方法在 640 结束。如果解码在数次尝试之后不成功,则重复 LLR 重试直至解码成功。如果解码在重复的尝试之后(例如在重复阈值次数和 / 或阈值持续时间之后)不成功,则读取控制模块 16 在 644 声明读取目标存储器扇区失败。

[0058] 在一个实施例中,至少部分使用(例如来自目标扇区和 / 或其它存储器扇区的)新近成功 LLR 重试历史来执行 LLR 重试。在 2010 年 12 月 3 日提交的第 12/959891 号美国专利申请中更详细地讨论使用(例如来自目标扇区和 / 或其它存储器扇区的)新近成功 LLR 重试历史的 LLR 重试,通过完全引用该美国专利申请将它的全部公开内容结合于此,如果有与本公开内容不一致的章节则那些章节除外。

[0059] 图 8 图示用于执行存储器的存储器扇区(例如目标存储器扇区)的读取操作的方法 800 的示例。在 804,基于与存储器(例如存储器 14)的多个存储器扇区对应的读取数据,估计模块 18 估计 (i) 第一个或者多个参考电压和 (ii) 对应第一 LLR 集。可以例如根据分别在图 6 的方法 600 的 604 和 608 讨论的 LLR 校准和 / 或 LLR 适配来执行这样的估计。

[0060] 在 808,使用第一个或者多个参考电压,读取模块 26 对目标存储器扇区执行第一读取操作,并且解码器模块 22 使用第一 LLR 集对第一读取操作的结果进行解码。在 812,读取模块 26 和 / 或解码器模块 22 确定第一读取操作的解码失败(例如与第一读取操作关联的解码器操作失败)。

[0061] 在 816,基于与目标存储器扇区对应的读取数据,估计模块更新 (i) 第一个或者多个参考电压的估计以生成第二个或者多个参考电压和 (ii) 第一 LLR 集的估计以生成第二 LLR 集。可以例如根据分别在图 6 的方法 600 的 620 和 624 讨论的动态 LLR 更新和 / 或 LLR 校准来执行这样的更新。

[0062] 在 820,使用第二个或者多个参考电压,读取模块 26 对目标存储器扇区执行第二读取操作,并且解码器模块 22 使用第二 LLR 集对第二读取操作的结果进行解码。在 824,读取模块 26 和 / 或解码器模块 22 确定第二读取操作的解码失败(例如解码器模块 22 的关联解码操作失败)。在 828,解码器模块 22 使用不同 LLR 集来重复对第二读取操作的结果进行解码。在一个实施例中,解码器模块 22 重复对第二读取操作的结果进行解码直至以下各项中的一项或者多项发生:(i) 解码成功、(ii) 将解码重复阈值次数以及 (iii) 将重复的解码执行至少持续阈值持续时间。可以例如根据在图 6 的方法 600 的 632 讨论的 LLR 重试来执行这样的更新。

[0063] 根据一个实施例,可以提供包括存储介质的制品,该存储介质具有在其上存储的指令,这些指令如果被执行则产生本文分别关于图 5、6 和 8 的方法 500、600 和 / 或 800 描述的操作(和 / 或在本公开内容中讨论的各种其它操作)。在一个实施例中,指令如果被执行则产生图 1 的存储器系统 10 执行的操作。在一个实施例中,存储介质包括某一类型的非瞬态存储器(未示出)。根据各种实施例,制品可以是诸如例如软件或者固件的计算机可读介质。

[0064] 如本文所用,术语“模块”可以指代以下各项、作为以下各项的一部分或者包括以下各项:专用集成电路(ASIC)、电子电路、执行一个或者多个软件或者固件程序的处理器

(共享、专用或者组)和/或存储器(共享、专用或者组)、组合逻辑电路和/或提供描述的功能的其它适合部件。

[0065] 已经以最有助于理解要求保护的主题的方式来将各种操作描述为多个不连续的动作或者依次的操作。然而,描述的顺序不应被理解为暗含这些操作必须依赖于顺序。具体而言,这些操作可以不按呈现的顺序执行。这些操作可以按与描述的实施例不同的顺序执行。在附加实施例中可以执行各种附加操作和/或可以省略描述的操作。

[0066] 该描述可以使用术语“实施例”,该术语可以各自指代相同或者不同实施例中的一个或者多个实施例。另外,术语“包括”、“包含”、“具有”等如关于实施例而使用的那样是同义的。

[0067] 虽然本文已经图示和描述某些实施例,但是本领域普通技术人员将理解,在不偏离本公开内容的范围的前提下,所示出和描述的实施例可以被计算的用以实现相同目的多种替代的和/或等效的实施例或实施方式所取代。本领域技术人员将容易理解,可以用广泛多种方式来实现实施例。本申请旨在于覆盖本文讨论的实施例的任何适配或者变化。因此,明显地,实施例意图仅受限于权利要求及其等效形式。

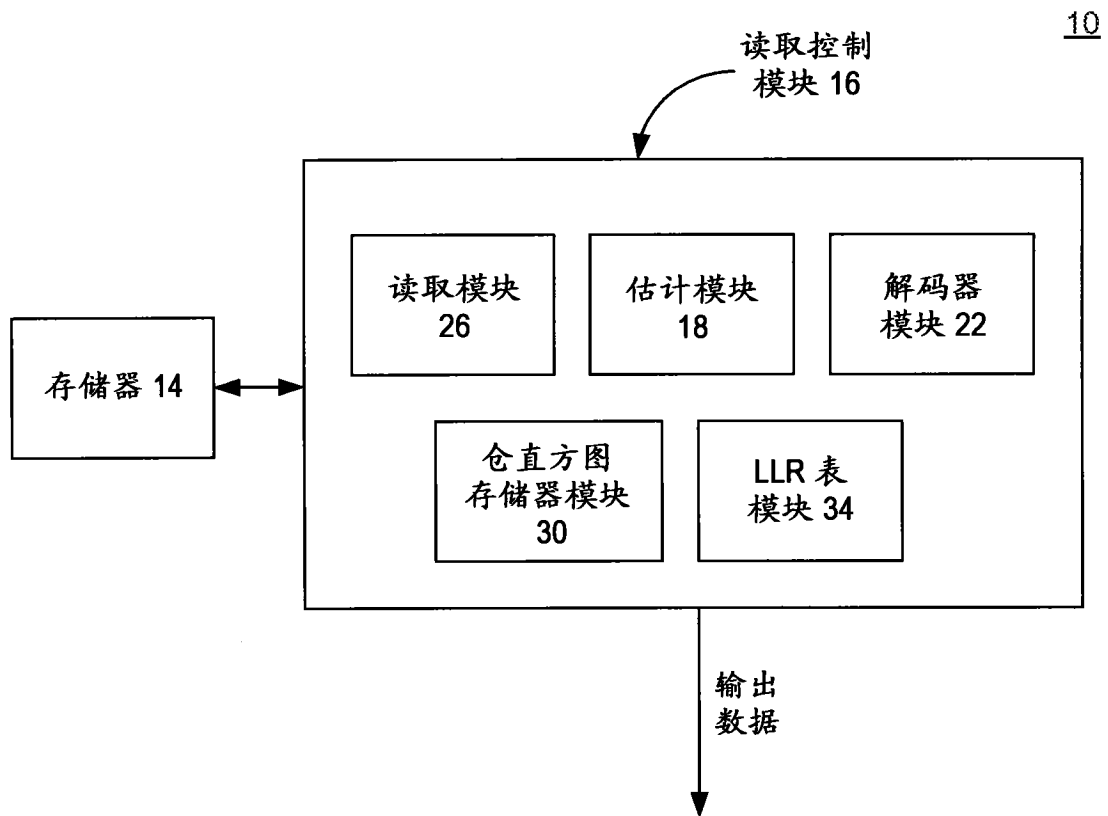


图 1

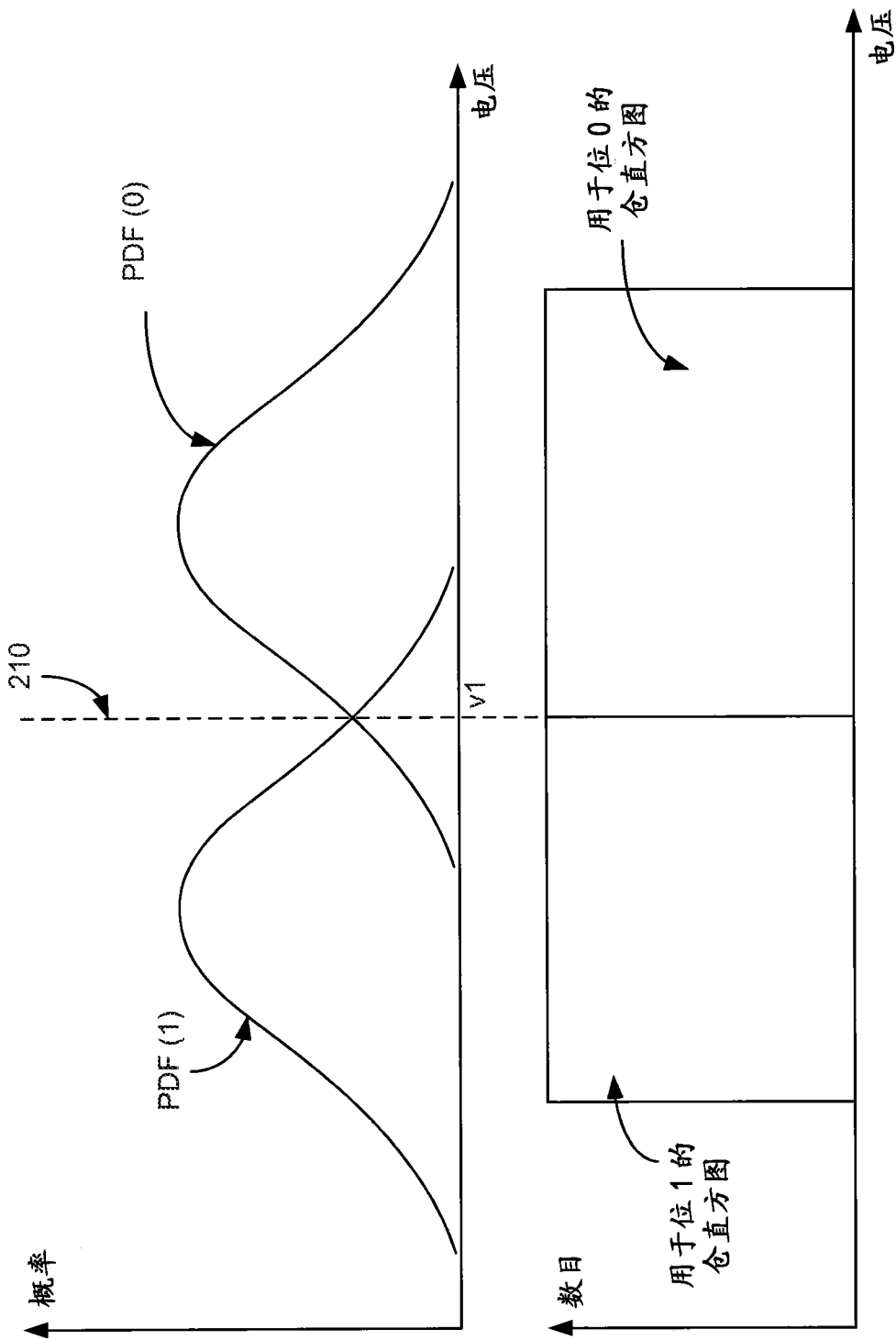


图 2



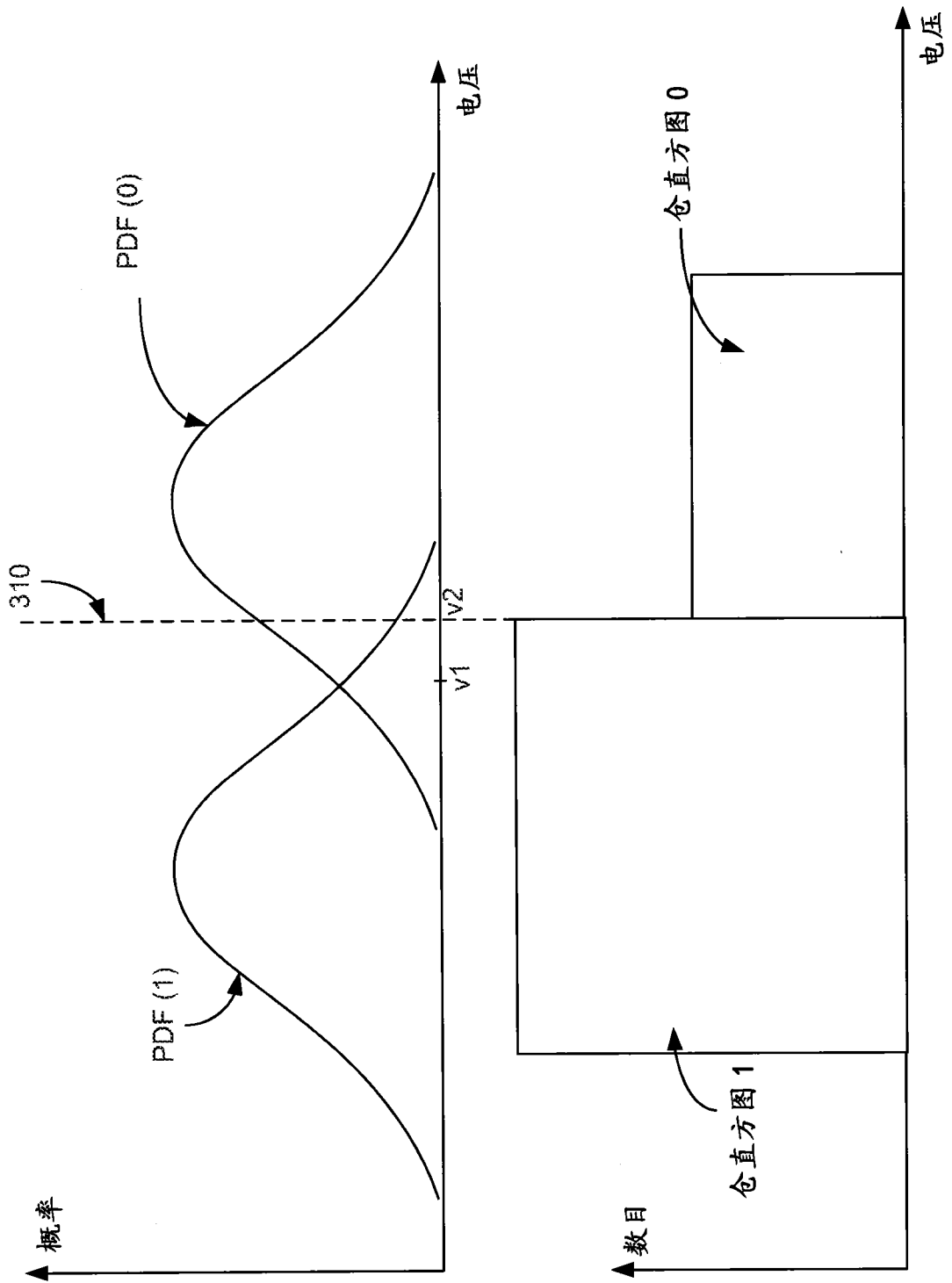


图 3

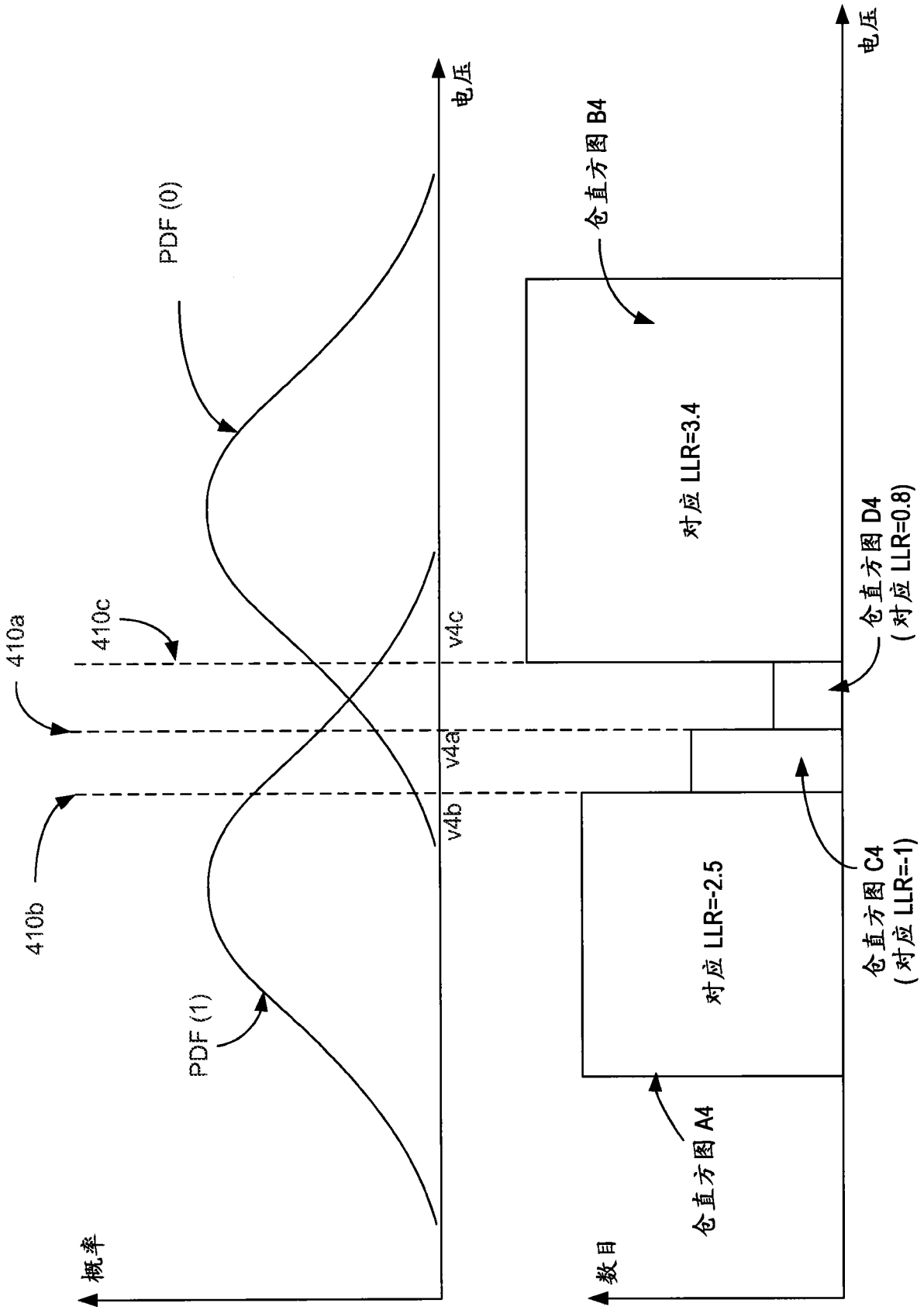


图 4

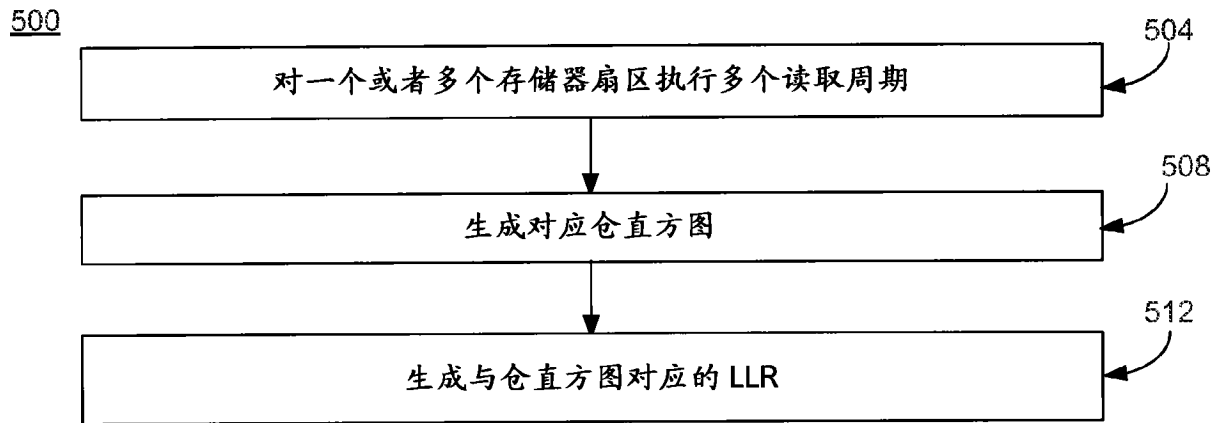


图 5

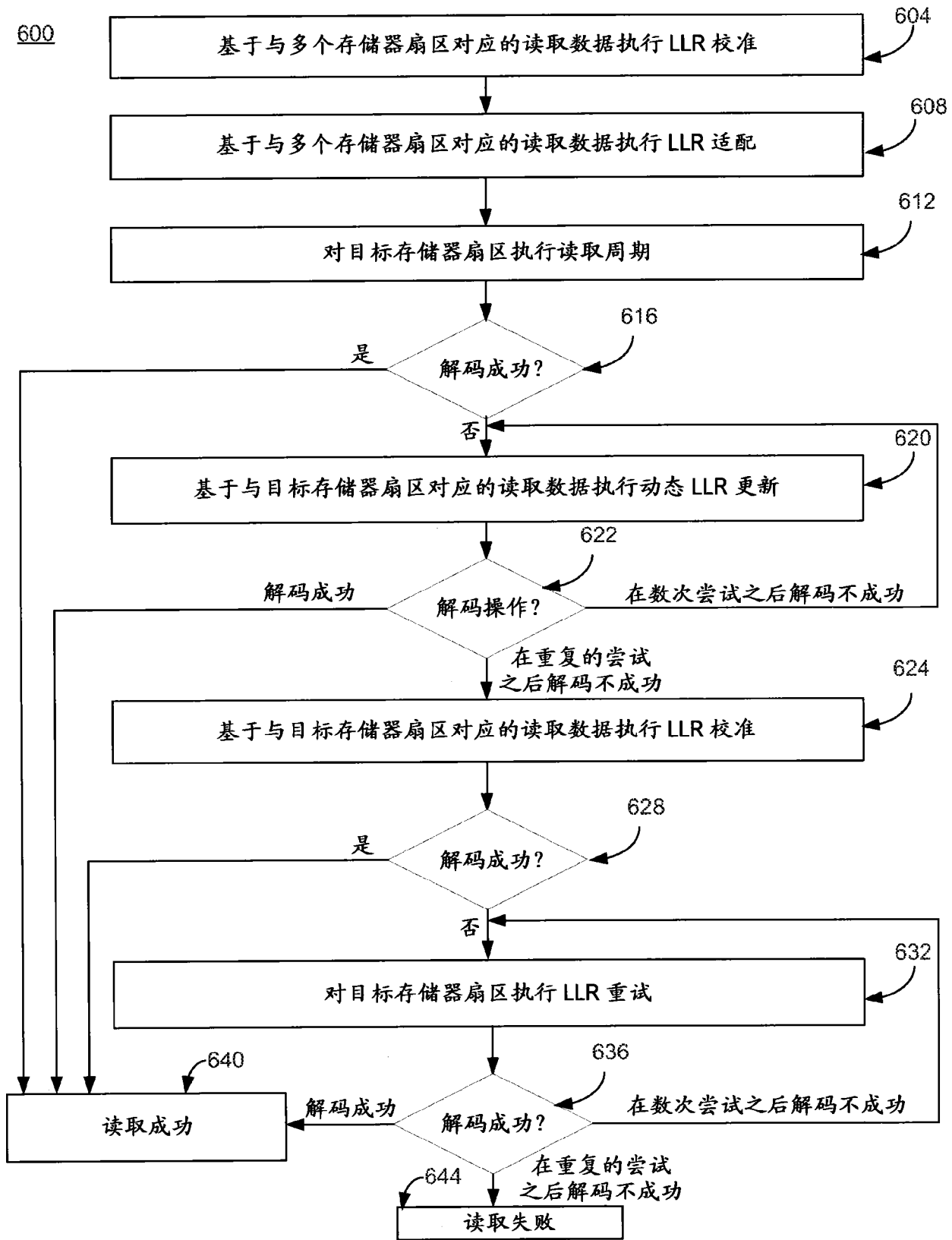


图 6

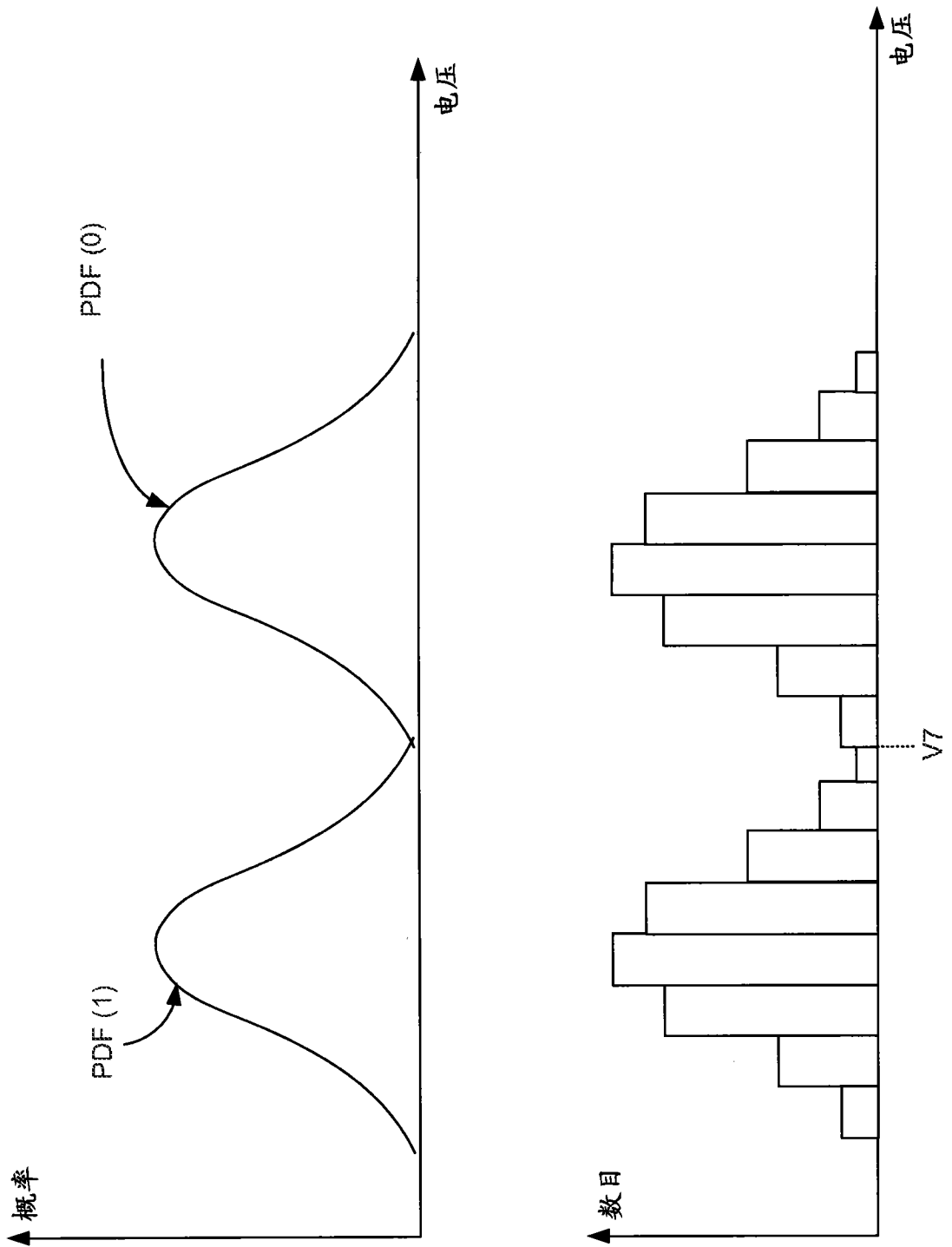


图 7

800

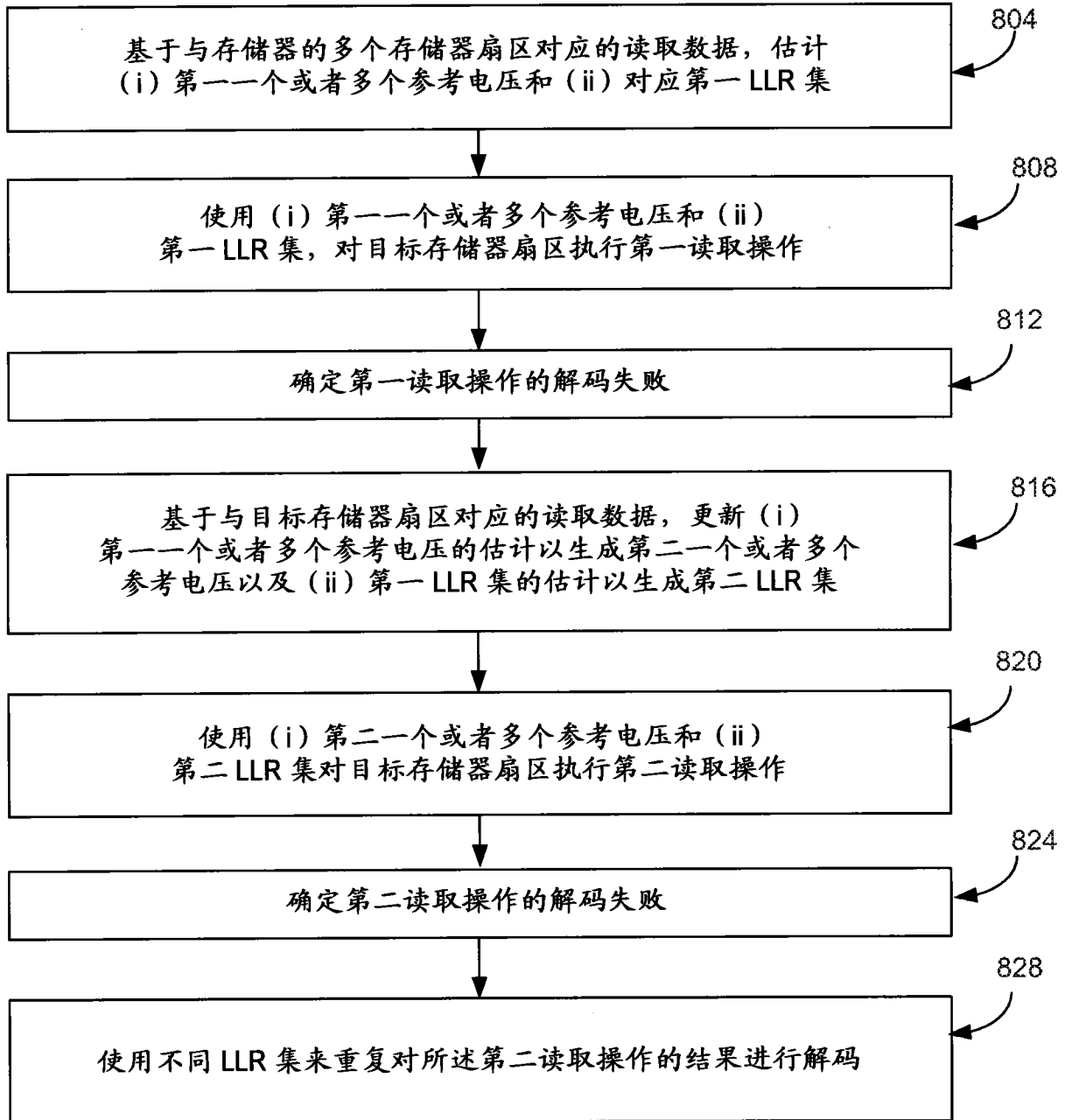


图 8