

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101217057 B

(45) 授权公告日 2010.06.16

(21) 申请号 200810001976.5

US 20040114432 A1, 2004.06.17, 全文.

(22) 申请日 2008.01.04

JP 特开 11-250695 A, 1999.09.17, 全文.

US 20060112230 A1, 2006.05.25, 全文.

(30) 优先权数据

11/620,704 2007.01.07 US

审查员 詹芊芊

(73) 专利权人 国际商业机器公司

地址 美国纽约

(72) 发明人 林仲汉

(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 11038

代理人 康建忠

(51) Int. Cl.

G11C 7/10(2006.01)

G11C 7/00(2006.01)

G11B 20/00(2006.01)

(56) 对比文件

EP 1696442 A2, 2006.08.30, 全文.

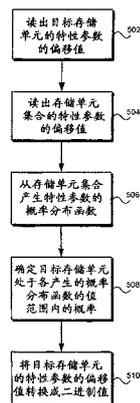
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 6 页

(54) 发明名称

存储器控制器、存储器芯片和用于操作存储单元集合的方法

(57) 摘要

本发明涉及存储器控制器、存储器芯片和用于操作存储单元集合的方法。操作过程提供用于使有关存储单元的特性参数的水平的数量最大化的成本有效方法。所述过程利用统计分析以确定与特性参数值相关的最可能的二进制值。在一个实施例中,接收单元读取包含目标存储单元的存储单元集合中的各存储单元的特性参数的值。产生单元对于存储单元集合的可能的二进制值中的每一个产生特性参数的概率分布函数。产生单元使用所述概率分布函数以确定目标存储单元的特性参数的偏移值的可能值范围。目标存储单元的特性参数值被转换成概率最高的二进制值。



1. 一种用于操作存储单元集合的方法,该存储单元集合包含多个存储单元,存储单元集合中的各个存储单元存储由特性参数的预设的值范围划界的至少一个可能的二进制值,其中,特性参数的值范围随时间偏移,该方法包括:

读出目标存储单元的特性参数的偏移值;

读出存储单元集合中的各个存储单元的特性参数的偏移值;

从存储单元集合中的各个存储单元的特性参数的偏移值产生用于可能的二进制值中的每一个的特性参数的概率分布函数;

对于可能的二进制值中的每一个,确定目标存储单元的特性参数的偏移值处于其概率分布函数中的概率;和

将目标存储单元的特性参数的偏移值转换成概率最高的二进制值。

2. 根据权利要求1的方法,还包括通过将存储单元的特性参数的值设为可能的二进制值中的一个的预设值范围的中心,对存储单元集合中的各个存储单元进行编程。

3. 根据权利要求1的方法,其中,通过使用最大可能性估计从存储单元集合中的各个存储单元的特性参数的偏移值确定特性参数的概率分布函数中的每一个。

4. 根据权利要求1的方法,其中,特性参数是动态随机存取存储器(DRAM)中的电荷存储变化。

5. 根据权利要求1的方法,其中,特性参数是电可擦可编程只读存储器(EEPROM)中的浮动栅极的阈值电压变化。

6. 根据权利要求1的方法,其中,特性参数是相变存储器(PCM)的电阻变化。

7. 根据权利要求1的方法,其中,特性参数是电阻随机存取存储器(RRAM)的电阻变化。

8. 根据权利要求1的方法,其中,特性参数是光存储装置的光折射率。

9. 一种用于操作存储单元集合的存储器控制器,该存储单元集合包含多个存储单元,存储单元集合中的各个存储单元存储由特性参数的值范围划界的至少一个可能的二进制值,该存储器控制器包括:

用于接收存储单元集合中的各个存储单元的特性参数的值的接收单元;和

用于对于存储单元集合的可能的二进制值中的每一个产生特性参数的概率分布函数的产生单元,该产生单元使用概率分布函数以确定目标存储单元的特性参数的偏移值的可能值范围,并且该产生单元将目标存储单元的特性参数值转换成概率最高的二进制值。

10. 根据权利要求9的存储器控制器,其中,存储器控制器与中央处理单元和存储单元集合分开。

11. 根据权利要求9的存储器控制器,其中,接收单元包含将模拟信号转换成代表特性参数的数字信号的模拟读出放大器。

12. 根据权利要求9的存储器控制器,其中,目标存储单元的特性参数的偏移值的可能值范围由最大可能性估计量产生。

13. 一种存储器芯片,包括:

包含多个存储单元的存储单元集合,存储单元集合中的各个存储单元存储由特性参数的值范围划界的至少一个可能的二进制值;

用于接收存储单元集合中的各个存储单元的特性参数的值的接收单元;

用于对于存储单元集合的可能的二进制值中的每一个产生特性参数的概率分布函数

的产生单元,该产生单元使用概率分布函数以确定目标存储单元的特性参数的偏移值的可能值范围,并且该产生单元将目标存储单元的特性参数值转换成概率最高的二进制值。

14. 根据权利要求 13 的存储器芯片,其中,多个存储单元集合被包含。

15. 根据权利要求 13 的存储器芯片,其中,接收单元包含将模拟信号转换成代表特性参数的数字信号的模拟读出放大器。

16. 根据权利要求 13 的存储器芯片,其中,目标存储单元的特性参数的偏移值的可能值范围由最大可能性估计量产生。

## 存储器控制器、存储器芯片和用于操作存储单元集合的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及二进制数据存储。更特别地,本发明针对存储和检索半导体计算机存储器中的信息的方法。

### 背景技术

[0002] 典型的半导体计算机存储器是在包含大量的物理存储单元的阵列的半导体衬底上制造的。一般地,二进制数据的一个位表示为与存储单元相关的物理参数的变化。一般使用的物理参数包含由于存储在非易失性电可擦可编程只读存储器 (EEPROM) 中的浮动栅极或捕获层中的电荷的量导致的金属氧化物场效应晶体管 (MOSFET) 的阈值电压变化、相变随机存取存储器 (PRAM) 或奥弗辛斯基统一存储器 (OUM) 中的相变存储器元件的电阻变化和易失性动态随机存取存储器 (DRAM) 中的电荷存储变化。

[0003] 增加存储在单一物理半导体存储单元中的位的数量是降低每位的制造成本的有效方法。当物理参数的变化可与多个位值相关时,数据的多个位也可被存储在单一存储单元中。该多位存储单元一般被称为多级单元 (MLC)。计算机存储器装置和电路设计中的大量的努力致力于使存储在单一物理存储单元中的位的数量最大化。对于诸如一般用作大容量存储装置的流行的非易失性闪存的存储类存储器尤其如此。

[0004] 半导体存储单元中的多位存储的基本需求是,使物理参数变化的幅度 (spectrum) 容纳值的多个非交迭的带。 $n$  位单元所需要的带的数量是  $2^n$ 。2 位单元需要 4 个带,3 位单元需要 8 个带,等等。因此,半导体存储单元中的物理参数的可用的幅度是多位存储器存储的限制因素。

[0005] 除了限制的幅宽以外,诸如温度、功率和时间的环境变量的波动影响典型半导体存储装置的所有操作和数据完整性。由于环境变量的波动,因此数据完整性是数据存储系统的主要问题。希望设计成本有效的方法以保护半导体存储系统中的存储的数据的完整性。

### 发明内容

[0006] 本发明的一个示例性实施例是一种用于操作存储单元集合 (collection) 的方法。存储单元集合包含多个存储单元,存储单元集合中的各个存储单元存储由特性参数的预设的值范围划界的至少一个可能的二进制值。另外,特性参数的值范围随时间偏移。

[0007] 用于存储器控制器操作的方法要求读出 (sense) 目标存储单元的特性参数的偏移值。另一读出操作读出存储单元集合中的各个存储单元的特性参数的偏移值。产生操作对于可能的二进制值中的每一个提供特性参数的概率分布函数。概率分布函数从存储单元集合中的各个存储单元的特性参数的偏移值产生。确定操作确定目标存储单元的特性参数的偏移值处于概率分布函数中的概率。转换操作将目标存储单元的特性参数的偏移值转换成概率最高的二进制值。

[0008] 该实施例可包括通过将存储单元的特性参数的值设为初始基准点对存储单元集合中的各个存储单元进行编程。但实际中,存储单元的制造中的自然变化导致存储在存储单元中的特性参数值形成正态分布,从而产生特性参数值范围。另外,可以通过使用最大可能性估计量(estimator)从存储单元集合中的各个存储单元的特性参数的偏移值确定特性参数值的概率分布函数。

[0009] 特性参数可以是动态随机存取存储器(DRAM)中的电荷存储变化、电可擦可编程只读存储器(EEPROM)中的浮动栅极的阈值电压变化、相变存储器(PCM)的电阻变化、电阻随机存取存储器(RRAM)的电阻变化或光存储装置的相变材料的光折射率。

[0010] 本发明的另一示例性实施例是用于操作存储单元集合的存储器控制器。存储单元集合包含多个存储单元,存储单元集合中的各个存储单元存储由特性参数的值范围划界的至少一个可能的二进制值。存储器控制器包含接收单元和产生单元。接收单元接收存储单元集合中的各个存储单元的特性参数的值。产生单元对于存储单元集合的可能的二进制值中的每一个产生特性参数的概率分布函数。产生单元使用概率分布函数以确定目标存储单元的特性参数的偏移值的可能值范围。并且,产生单元将目标存储单元的特性参数值转换成概率最高的二进制值。

[0011] 存储器控制器可包含将模拟信号转换成代表特性参数的数字信号的模拟读出放大器。另外,目标存储单元的特性参数的偏移值的可能值范围可在产生单元中由最大可能性估计量产生。

[0012] 在本发明的特定实施例中,存储器控制器与中央处理单元和存储单元集合分开。在其它的实施例中,存储器控制器可被封装在包含多个存储单元集合的存储器芯片内。因此,本发明的另一方面是包含存储单元集合的存储器芯片。存储单元集合包含多个存储单元,存储单元集合中的各个存储单元存储由特性参数的值范围划界的至少一个可能的二进制值。存储器芯片另外包含接收单元和产生单元。接收单元接收存储单元集合中的各个存储单元的特性参数的值。产生单元对于存储单元集合的可能的二进制值中的每一个产生特性参数的概率分布函数。产生单元使用概率分布函数以确定目标存储单元的特性参数的偏移值的可能值范围。并且,产生单元将目标存储单元的特性参数值转换成概率最高的二进制值。

[0013] 本发明的另一示例性实施例是计算机程序。计算机程序包含体现用于操作存储单元集合的计算机程序代码的有形计算机可读介质。存储单元集合包含多个存储单元,存储单元集合中的各个存储单元存储由特性参数的预设的值范围划界的至少一个可能的二进制值。特性参数的值范围随时间偏移。计算机程序代码包含被配置为用于完成以下步骤的可执行指令:接收目标存储单元的特性参数的偏移值;接收存储单元集合中的各个存储单元的特性参数的偏移值;对于可能的二进制值中的每一个,从特性参数的偏移值产生特性参数的概率分布函数;对于可能的二进制值中的每一个,确定目标存储单元的特性参数的偏移值处于其值范围内的概率;和将目标存储单元的特性参数的偏移值转换成概率最高的二进制值。

## 附图说明

[0014] 这里参照附图仅作为例子说明本发明,其中,

- [0015] 图 1 示出操作多个存储单元、存储单元集合和存储器单元的系统的示例性实施例。
- [0016] 图 2 是示出对于存储器操作中的数据编程、存储和检索的环境影响的流程图。
- [0017] 图 3 示出特性参数值偏移前后的特性参数值范围和基准点。
- [0018] 图 4 示出用于存储器系统的操作的存储器控制器。
- [0019] 图 5 是在从存储器系统读取数据中包含的逻辑操作的流程图。
- [0020] 图 6 是在向存储器系统写入数据中包含的逻辑操作的流程图。
- [0021] 图 7 示出用各个存储器单元封装存储器控制器的存储器系统的实施例。
- [0022] 图 8 示出存储器控制器位于各个体存储器单元外面并操作系统中的所有存储器单元的存储器系统的实施例。
- [0023] 图 9 示出存储器控制器包含于软件产品中的实施例的典型元件。

### 具体实施方式

[0024] 现在参照图 1 ~ 9 说明本发明。当参照附图时,类似的结构始终由类似的附图标记表示。

[0025] 图 1 示出由本发明构思的系统 102 的示例性实施例。系统 102 包含通过存储器总线 108 与一个或更多个存储器单元 106 耦接的存储器控制器 104。

[0026] 存储器单元 (memory unit) 106 可以是个体封装的存储器芯片。作为替代方案,存储器单元 106 可存在于单一封装件中并被复合在一起。并且,存储器控制器 104 可被单独封装或与存储器单元 106 合并。

[0027] 存储器单元 106 不限于特定的存储器存储技术。本领域技术人员可以认识到,不同的存储器技术使用不同的特性参数以存储数据。例如,随机存取存储器 (DRAM) 技术使用电荷存储变化作为保持二进制数据的特性参数。相变存储器 (PCM) 和电阻随机存取存储器 (RRAM) 技术使用电阻变化作为存储二进制数据的特性参数。

[0028] 如图所示,各存储器单元 106 被分成多个存储单元集合 110。各存储单元集合 110 由多个存储单元 (memory cell) 112 构成。并且,各个体存储单元 112 包含初始由特性参数的预设值范围划界的至少一个可能的二进制值。如上面讨论的那样,特性参数可以是但不限于:DRAM 中的电荷存储变化、电可擦可编程只读存储器 (EEPROM) 的浮动栅极中的阈值电压变化、光存储器 (CD、DVD) 的光折射率和电阻变化 (PCM 和 RRAM)。

[0029] 如下面更详细地讨论的那样,存储器控制器 104 被配置为操作存储器单元 106。存储器控制器通过不仅读取目标存储单元 112 的特性参数值而且读取包含目标存储单元 112 的存储单元集合 110 的特性参数值,有益地补偿特性参数值随时间的偏移。

[0030] 单元集合 110 内的存储单元的物理位置接近目标单元 112 并因此经受类似的特性参数劣化。在一个实施例中,存储器控制器 104 通过存储器总线 108 接收目标存储单元 112 的特性参数的模拟值。存储器控制器 104 还从存储单元集合 110 读出特性参数值。存储器控制器 104 然后将目标存储单元 112 的特性参数值与存储单元集合 110 的特性参数值相比较。通过使用统计分析,存储器控制器 104 确定最可能存储在目标存储单元 112 中的二进制值。

[0031] 可以理解,存储器控制器 104 可通过使用本领域技术人员公知的各种技术与电子

装置接口。由存储器控制器 104 确定的二进制数据可例如被输出到计算机系统中央数据总线 114。数据总线 114 还可将二进制数据传送给存储器控制器 104 用于在存储器单元 106 中记录。

[0032] 对系统 102 中的目标存储单元 112 编程包含由存储器控制器 104 执行的统计操作。在一个实施例中,存储器控制器 104 从中央数据总线 114 接收数据。该数据包含一个或更多个目标存储单元 112 需要编程的指示和目标存储单元 112 需要存储的二进制值。

[0033] 作为响应,存储器控制器 104 通过将单元的特性参数设为预定值将目标存储单元 112 编程为希望的二进制值。例如,存储器控制器可将 01 的二进制值与存储在目标单元的浮动栅极中的 200 个电子的特性参数值相关联。

[0034] 一旦目标单元 112 被编程,那么存储器控制器 104 还对包含目标存储单元 112 的存储单元集合 110 中的所有存储单元进行编程。通过使用与用于读取目标单元 112 的统计分析技术相同的统计分析技术,控制器 104 读取存储单元集合 110 中的所有存储单元,并确定存储在其中的二进制值。存储器控制器 104 然后将各存储单元重新编程为与读取的二进制值对应的预定的特性参数值。这样,目标单元 112 和目标单元 112 属于的整个存储单元集合 110 均在大致相同的时间被编程。通过同时对存储器集合 110 中的所有单元编程,可以使用下述的统计技术对各单元中的寄生效应进行补偿。可以设想本发明的其它实施例可在对目标存储单元 112 编程之前对存储单元集合 110 进行编程。

[0035] 图 2 一般表示根据本发明的用于存储和检索存储单元中的数据的过程。在步骤 202 中,获得要被存储的数据。数据 202 可来自各种源,诸如中央处理单元 (CPU) 或与包含存储单元的存储器单元耦接的外围装置。

[0036] 在编程操作 204 中,获取的数据被写入存储单元中。根据使用的存储技术,写入数据可包含:将电荷存储在用于电荷存储的电容器中;向浮动栅极晶体管中的源极、漏极或控制栅极施加电压用于阈值电压变化;熔化并冷却相变材料以改变光折射率或熔化并冷却相变材料以改变电阻。在数据被写入存储器之后,它在存储操作 206 中被存储一段时间。

[0037] 在将来的某个时间,在读取操作 208 中从存储单元检索 (retrieve) 数据。用于检索数据的确切过程也依赖于使用的技术。例如,当读取 DRAM 存储器时,晶体管被激活,从而将存储单元电容器连接到读出线。当读取 PCM 存储单元时,晶化 / 结晶 (non-amorphizing/crystallizing) 电流穿过单元的相变材料。最终在步骤 210 中检索数据。

[0038] 如解释的那样,环境 212 (存储单元内外) 影响数据的编程 204、存储 206 和读取 208。诸如但不限于湿度、时间、温度、磁场和电场的环境因素可导致 DRAM 中的电荷泄漏、EEPROM 中的阈值电压偏移、光存储器的相变材料中的光折射率的变化或 PCM 和 RRAM 中的电阻水平的变化。更一般地,用于描绘存储单元中的二进制值的特性参数可能由于环境条件随时间偏移。环境因素 212 导致数据畸变,使得从存储单元提取的数据可能与输入存储单元的数据相同。如下面讨论的那样,本发明的实施例是补偿特性参数随时间的偏移的操作过程。通过这样做,存储单元的存储密度可增加。

[0039] 现在转到图 3,该图示出存储单元集合中的特性参数偏移的表示。理想情况下,存储在存储单元集合中的二进制值由精确的特性参数值 318、320、322、324 表示。但是,实际上,特性参数值形成以初始基准点 318、320、322、324 为中心的值范围 302、304、306、308 (一

一般为高斯分布曲线)。这一般是由于存储单元制造中的自然变化。因此,初始基准点 318、320、322、324 是最初在存储单元集合中对数据编程时的特性参数的平均值。值范围和基准点与数据的二进制值对应。例如,值范围 302 和基准点 318 可与二进制值 00 对应,值范围 304 和基准点 320 可与二进制值 01 对应,值范围 306 和基准点 322 可与二进制值 10 对应,值范围 310 和基准点 324 可与二进制值 11 对应。

[0040] 并且,如上面讨论的那样,特性参数值作为环境因素的结果随时间偏移。因此,偏移值范围 310、312、314、316 代表随时间从初始值范围 302、304、306、308 偏移的特性参数值范围。偏移值范围 310、312、314、316 以偏移基准点 326、328、330、332 为中心。例如,值范围 310 代表初始值范围 302 以前表示的二进制数据,值范围 312 代表初始值范围 304 曾经表示的二进制数据,等等。

[0041] 如下面说明的那样,根据本发明的存储器控制器基于接近要被读取的目标存储单元的存储单元集合构建偏移特性参数曲线 310、312、314、316。将目标单元的特性参数值与构建的偏移特性参数曲线 310、312、314、316 相比较,并确定对于目标存储单元来说最可能的二进制值。在本发明的一个实施例中,每当读取目标存储单元或存储单元块时重建存储单元集合的偏移特性参数曲线 310、312、314、316。可以设想,本发明的其它实施例可在从最后的曲线构建过去阈值时间间隔之后重建参数曲线 310、312、314、316。这要求数据应在阈值时间间隔之后并且 / 或者当存储单元被编程或被重新编程时被重写。

[0042] 如上面讨论的那样,时间、热和其它的环境因素使特性参数值和它们的范围偏移。在一段时间上,值范围偏移得足以使得它们可变成一条连续的曲线。例如,偏移值范围 310、312、314、316 不表现出较大的交迭区域,但很显然给予足够的时间值范围将明显交迭。虽然最大可能性估计量可被用于对于位于交迭区域中的值产生良好的估计,但随着交迭增加,最大可能性估计量的精度降低。

[0043] 通过重建和重写偏移值范围 310、312、314、316 和它们的相应的基准点 326、328、330、332,防止值范围中的有害的交迭。通过用在偏移之前写入的初始特性参数值对存储单元集合中的单元进行重新编程,实现这一点。因此,偏移基准点 326、328、330、332 基本上分别设回初始基准点 318、320、322、324。这样,曲线返回最小的交迭,并且数据较好地保持在存储单元内。以下讨论该过程的逻辑操作。

[0044] 在本发明的一个实施例中,通过概率分布函数产生特性参数曲线,

$$[0045] \quad P(x_1^k, \dots, x_{n_k}^k | \mu_k, \sigma_k^2) = \left( \frac{1}{2\pi\sigma_k^2} \right)^{\frac{n_k}{2}} e^{-\frac{\sum_{i=1}^{n_k} (x_i^k - \bar{x}^k)^2 + n_k (\bar{x}^k - \mu_k)^2}{2\sigma_k^2}}$$

[0046] 这里,  $n_k$  是在第  $k$  个值范围中具有特性参数的存储单元的数量,  $m$  是每个存储单元的位存储值的数量,  $x^k$  是与特定曲线相关的存储单元读取的特性参数值的值,不是  $x$  的  $k$  次方;因此,  $x_1^1$  指示来自存储单元集合中的第一特性参数值范围的第一特性参数。值范围 / 曲线的数量 ( $k$ ) 和读取的特性参数值的平均值 ( $\bar{x}^k$ ) 由  $k = 1, \dots, 2^m, \bar{x}^k = \frac{1}{n_k} \sum_{i=1}^{n_k} x_i^k$  限定。另外,  $\mu_k$  是第  $k$  个值范围的平均值,也被用作图 3 中的基准点,  $\sigma_k^2$  是第  $k$  个值范围的方差。

[0047] 最大可能性估计量由下式给出:

$$[0048] \quad \hat{\theta}_k = (\hat{\mu}_k, \hat{\sigma}_k^2) = (\bar{x}^k, \sum_{i=1}^{n_k} (x_i^k - \bar{x}^k)^2 / n_k)$$

[0049] 这里,  $\hat{\mu}_k$  是第 k 个值范围的平均估计量,  $\hat{\sigma}_k^2$  是第 k 个值范围的方差估计量。最大可能性估计量被用于通过使用最小二乘法确定特定值属于的值范围从而确定存储单元包含的二进制数据。来自存储单元的读出的值被放在存储单元集合的各个体值范围中, 并且, 基于该值及其与值范围的平均值的关系向各个值范围分配概率。

[0050] 如果各个体存储单元被单独地编程, 那么出现构建新的分布曲线的问题。由于各存储单元可能在编程之间的不同的持续时间上暴露于环境因素, 因此各特性参数的偏移将不同。例如, 在 EEPROM 中, 作为时间和热的结果, 存储在浮动栅极中的电子可能泄漏。在不同的时间编程的存储单元将根据初始编程之后的环境暴露的持续时间具有不同的电子泄漏量。并且, 特性参数曲线可在存储单元集合之间大大不同。

[0051] 不管需要编程的存储单元的数量如何, 在它们整体上被编程的存储单元集合考虑到存储单元集合中的一致数据偏移。这防止在单一存储单元集合中特性参数值偏移量在存储单元之间不同的上述问题。现在可通过使用概率分布函数和最大可能性估计量用一致偏移的数据产生新的分布曲线。

[0052] 图 4 表示根据本发明的用于操作存储单元的示例性存储器控制器 104。存储器控制器 104 包含接收单元 404 和产生单元 406。接收单元 404 接收用于存储器阵列 402 中的各存储单元的特性参数的值。可例如通过使用输入存储器阵列 402 的块地址对接收单元 404 检查的存储单元寻址。产生单元 406 与接收单元 404 耦接, 并被配置成为存储器阵列 402 的可能的二进制值中的每一个产生特性参数的概率分布函数。

[0053] 更具体地, 通过定位包含希望的数据的存储器阵列 402 的块地址, 存取数据。原始数据作为模拟信号被模拟读出放大器 408 读取。模拟读出放大器 408 放大信号并将信号发送给模数转换器 410。模数转换器 410 将模拟信号转换成可被产生单元 406 读取和处理的数字数据。在本发明的一个实施例中, 模数转换器 410 的分辨率是存储在各个存储单元中的位的数量的倍数。例如, 模数转换器 410 的分辨率可具有三倍于每个存储单元存储的位的数量的分辨率。对于存储两个位的存储单元, 分辨率因此等于六位。

[0054] 产生单元 406 中的分布参数估计器 412 用概率分布函数为存储器块产生正态分布曲线。还通过分布参数估计器 412 计算这些分布曲线的平均值和方差。与参数估计器 412 耦接的二进制数据检索单元 414 将目标存储单元的特性参数的值转换成概率最高的二进制值。

[0055] 图 5 表示由本发明的实施例设想的用于操作存储单元集合的流程图。应当注意, 可以用这里一般均可称为“电路”、“模块”或“系统”的完全为硬件的实施例、完全为软件的实施例(包含固件、驻留软件、微码等)或组合软件和硬件方面的实施例实现示出的逻辑操作。并且, 本发明可采取具有在介质中实现的计算机可用程序代码的计算机可用存储介质上的计算机程序产品的形式。

[0056] 可以利用任何适当的计算机可用或计算机可读介质。计算机可用或计算机可读介质可以为, 例如但不限于, 电子、磁、光、电磁、红外或半导体系统、设备或装置。计算机可读介质的更具体的例子(非详尽的列表)包含: 具有一根或更多根导线的电连接、便携式计算机磁盘、硬盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可擦可编程只读存储器(EPROM 或

闪存)、光纤、便携式光盘只读存储器(CD-ROM)、光存储装置或磁存储装置。

[0057] 可以以诸如 Java、Smalltalk 或 C++ 等的面向对象的编程语言编写用于实施本发明的操作的计算机程序代码。但是,也可以以诸如“C”编程语言或类似的编程语言的常规过程编程语言编写用于实施本发明的操作的计算机程序代码。

[0058] 在读出操作 502 中,接收目标存储单元的特性参数的偏移值。换句话说,目标存储单元的特性参数值被读取。其例子是使用晶化 / 结晶电压的电流以检测 PCM 单元的电阻。在完成读出操作 502 后,控制转到读出操作 504。

[0059] 在读出操作 504 中,接收存储单元集合中的各存储单元的特性参数的偏移值。如上面讨论的那样,偏移值是随时间改变特性参数的寄生因素的结果。可以设想,在读出操作 504 中读出的存储单元集合包含数量足够多的存储单元,使得可产生用于所有的二进制值的精确的特性参数曲线。在本发明的一个实施例中,存储单元集合中的单元的数量是 1028 个单元。可以设想,可以使用许多其它的数量单元以限定单元集合。在完成读出操作 504 之后,流程前进到产生操作 506。

[0060] 在产生操作 506 中,对于存储单元能够存储的可能的二进制值中的每一个产生特性参数的概率分布函数。还从概率分布函数提取偏移值的平均值和方差。在本发明的特定实施例中,从在读出操作 504 中读出的各存储单元的模拟信号获得概率分布函数。由于如上面讨论的那样存储单元集合中的所有存储单元同时被编程,因此概率分布函数反映所有的存储单元在从初始编程算起的相同的时间间隔中的特性参数偏移。在完成产生操作 506 之后,控制转到确定操作 508。

[0061] 在确定操作 508 中,通过使用最大可能性估计量和偏移值的平均值和方差计算目标存储单元的特性参数的偏移值处于各个产生的概率分布函数的值范围内的概率。因此,将在读出操作 502 中从目标存储单元读出的模拟数据与在产生操作 506 中构建的概率分布函数的值范围相比较。一旦完成确定操作 508,控制就转到转换操作 510。

[0062] 在转换操作 510 中,目标存储单元的特性参数的偏移值被转换成在确定操作 508 中计算的概率最高的二进制值。存储器控制器向请求二进制值的数据总线或其它的电路输出二进制值。

[0063] 图 6 所示的流程图详述示例性存储器控制器将数据编程到存储单元集合中的目标存储单元时执行的操作。同样,可以在完全为硬件的实施例、完全为软件的实施例或组合硬件和软件的实施例中实现这些逻辑操作。

[0064] 对目标存储单元编程从读出操作 602 开始。在该操作中,对于包含目标存储单元的存储器集合中的各个存储单元检测特性参数的偏移值。如上面讨论的那样,可以通过从与存储器集合中的各个单元电耦接的模拟读出放大器读取模拟信号执行读出偏移的特性参数值。模数转换器可被用于将模拟信号转换成数字数据。在完成读出操作 602 之后,控制转到确定操作 604。

[0065] 在确定操作 604 中,通过使用上述的统计分析确定由存储单元集合中的各个单元存储的二进制值。简言之,对于存储单元集合中的各个可能的二进制值产生偏移的特性参数的概率分布函数。计算存储单元集合中的各个单元的偏移的特性参数处于各个函数中的概率。最后,与概率分布函数对应的二进制值被分配给存储单元。在完成确定操作 604 之后,控制转到重写操作 606。

[0066] 在重写操作 606 中,在确定操作 604 中计算的二进制值被编程回存储单元集合中的单元。在该步骤中,各单元的特性参数基本上恢复到其预定值。考虑例如在其浮动栅极中初始用 200 个电子编程以存储二进制值 01 的单元。随着时间的过去,电子电荷可降为 175 个电子。确定操作 604 基于存储单元集合计算出 175 个电子的特性参数值与二进制值 01 对应。重写操作 606 使用该信息以将存储单元重新编程回其 200 个电子的初始电荷。

[0067] 可以设想,可以在操作 604 中确定所有的二进制值之后立即执行重写操作 606。作为替代方案,可以在存储器控制器逐步通过存储单元集合时对于各个单元以递归的方式执行读出操作 602、确定操作 604 和重写操作 606。

[0068] 在写入操作 608 中,目标存储单元被编程为与分配给该单元的二进制值对应的预定特性参数值。可以设想,可以在读出操作 602 之前执行写入操作 608。

[0069] 图 7 示出由本发明设想的存储器系统的实施例,其中,存储器控制器 104 被加入各个体存储器单元 106 中。在本实施例中,各个存储器单元 106 包含其自身的存储器控制器 104。因此,在各个存储器单元 106 中独立地执行数据的处理(转换数据、产生曲线、检索二进制数据)。各个存储器单元 106 将二进制数据发送给数据总线 114,该数据总线 114 可将二进制数据发送给中央处理单元(未示出)。可以设想,存储器控制器 104 能够执行同步交换或被另外配置为避免同时将数据写入数据总线 114。

[0070] 图 8 表示由本发明设想的存储器系统的另一实施例。在本实施例中,存储器控制器 104 位于存储器单元 106 外面。在存储器单元 106 中读出的模拟值被发送给中央存储器控制器 104。存储器控制器 104 如上面讨论的那样处理数据(转换数据、产生曲线、检索二进制数据)。存储器控制器 104 进一步将二进制数据发送给数据总线 114,该数据总线 114 可将数据传送给中央处理单元(未示出)。

[0071] 可以设想,存储器控制器可以实现为嵌入的计算机。在图 9 中给出这种计算机的元件中的一些,其中,示出具有输入/输出(I/O)单元 904、中央处理单元(CPU)909 和主存储单元 908 的处理器 902。主存储单元 908 一般存储处理器 902 使用的程序指令和数据。例如可以在存储器 908 中实现实施本发明的指令和指令序列。可以在主存储单元 908 中利用各种类型的存储器技术,诸如随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)和闪存。

[0072] I/O 单元 904 与输入装置单元 912 与输出装置单元 914 连接。输入装置单元 912 可包含诸如模数转换器的输入硬件。输出装置单元 914 可以是诸如数据缓冲器的输出硬件。图 9 中的箭头代表计算机的系统总线结构,但是,这些箭头仅用于示意目的。

[0073] 这里使用的术语目的仅是用于说明特定的实施例,并且意图不在于限制本发明。如这里使用的那样,除非上下文另外清楚地指出,单数形式“一”、“一个”和“该”意图在于还包含复数形式。还应理解,在本说明书中使用的术语“包含”和/或“包括”规定陈述的特征、整数、步骤、操作、元件和/或部件的存在,但不排除一个或更多个其它的特征、整数、步骤、操作、元件、部件和/或它们的组的存在或添加。

[0074] 以下的权利要求中的所有装置或步骤加功能元件的相应的结构、材料、动作和等同物意图在于包含用于执行与特别要求权利的其它要求权利的元件组合的功能的任何结构、材料或动作。已出于解释和说明的目的给出本发明的说明,但其意图不在于详尽无遗或限于所公开的形式发明。在不背离本发明的范围和精神的条件下,本领域技术人员很容易想到许多修改和变化。实施例的选择和说明是为了最好地解释本发明的原理和实际应

用,以及使得本领域技术人员能够理解本发明的具有适于所设想的特定用途的各种修改的各种实施例。

[0075] 由此参照其实施例详细说明了本申请的发明,很显然,在不背离在所附的权利要求中限定的本发明的范围的条件下,修改和变化是可能的。

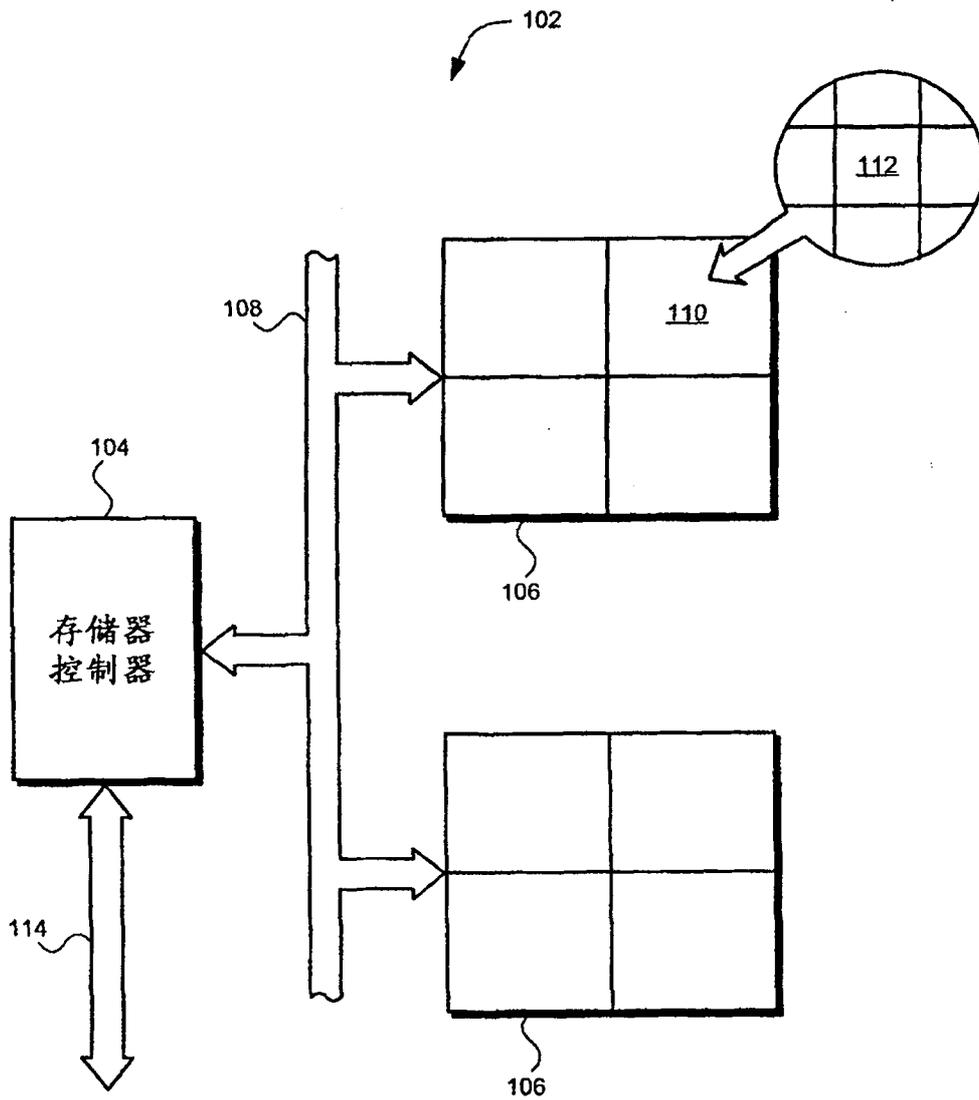


图 1

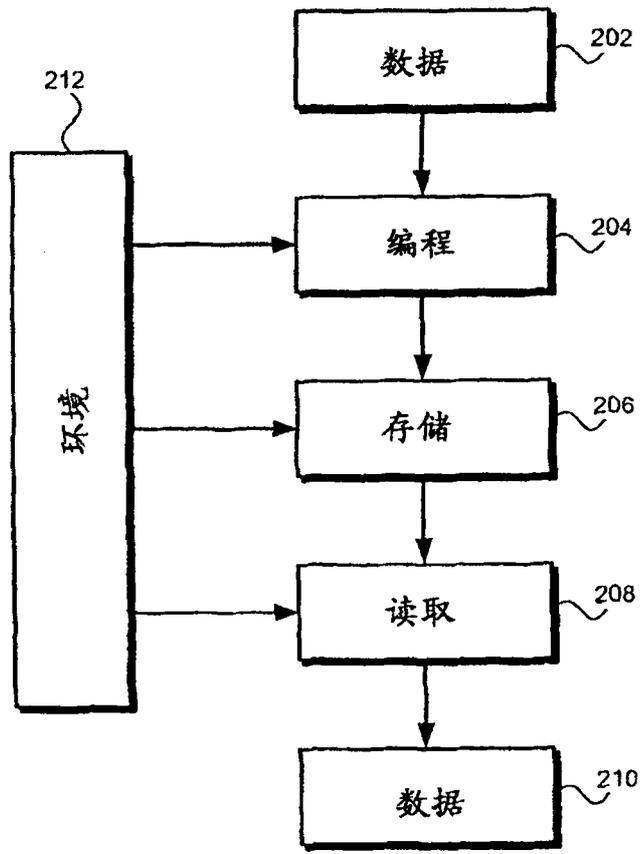


图 2

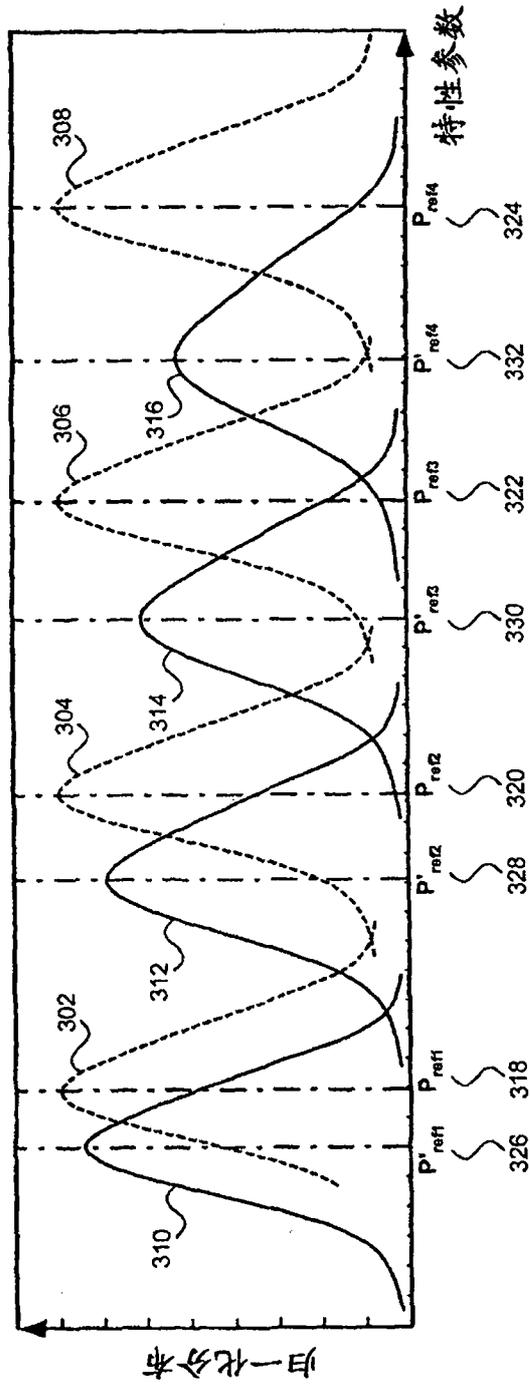


图 3

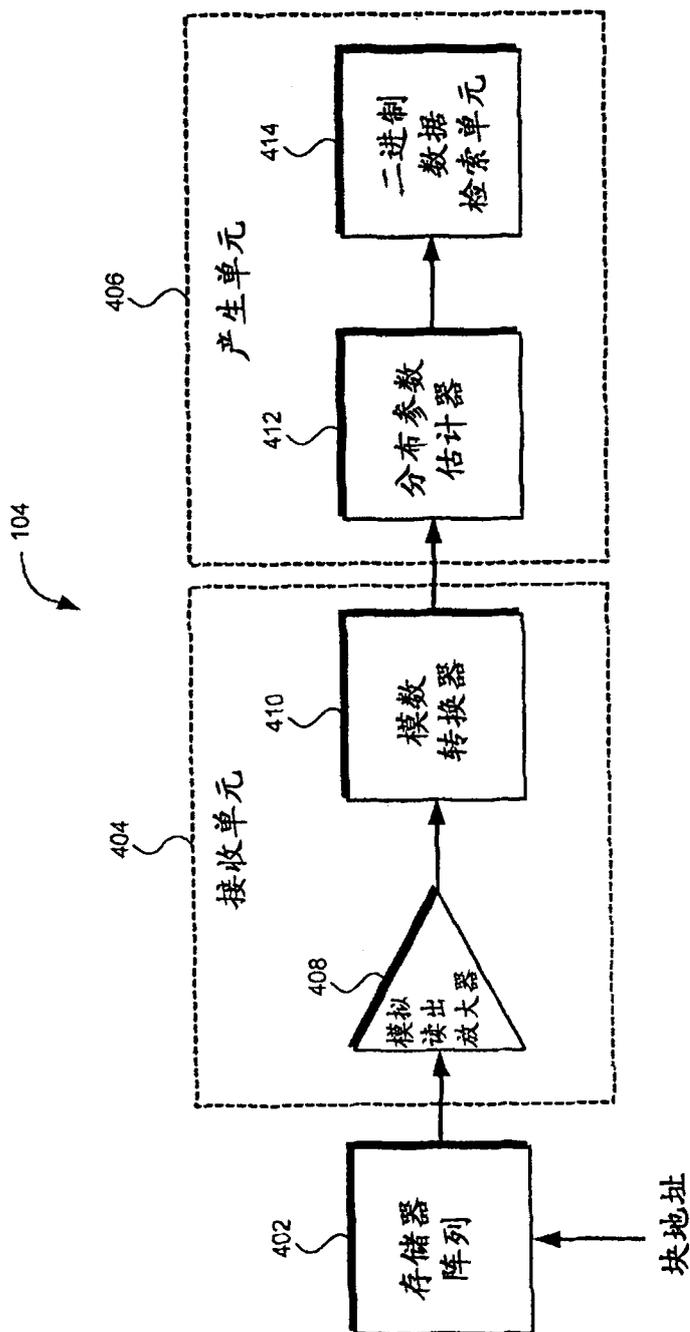


图 4

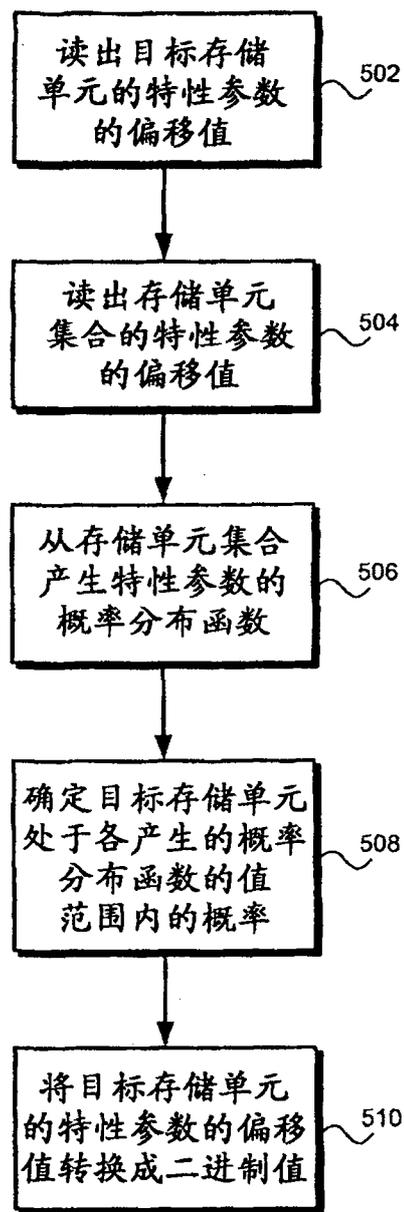


图 5

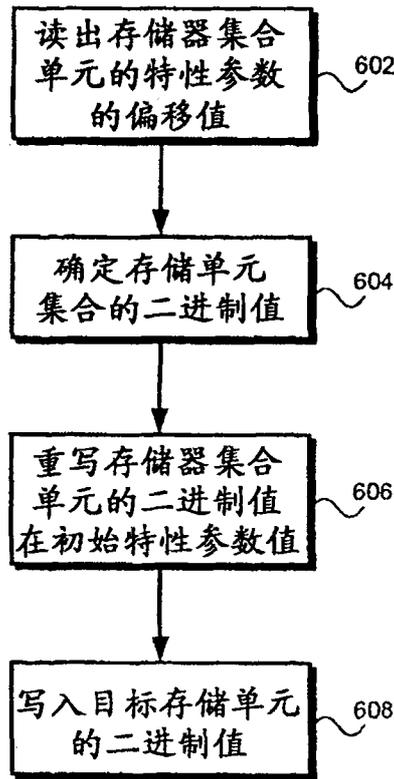


图 6

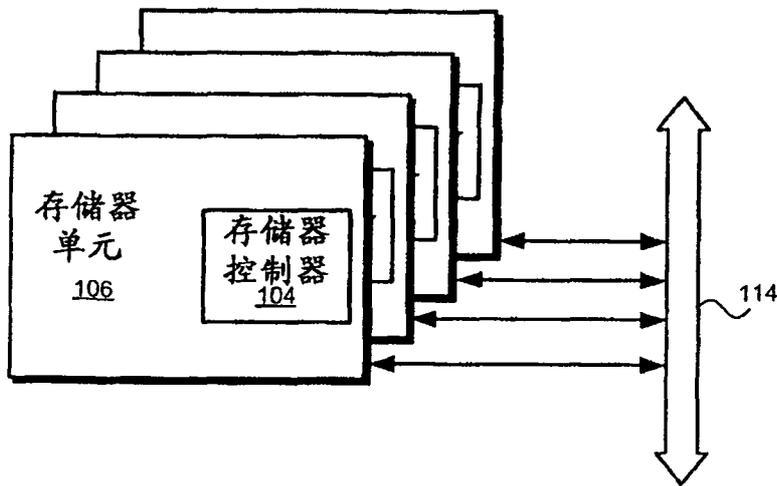


图 7

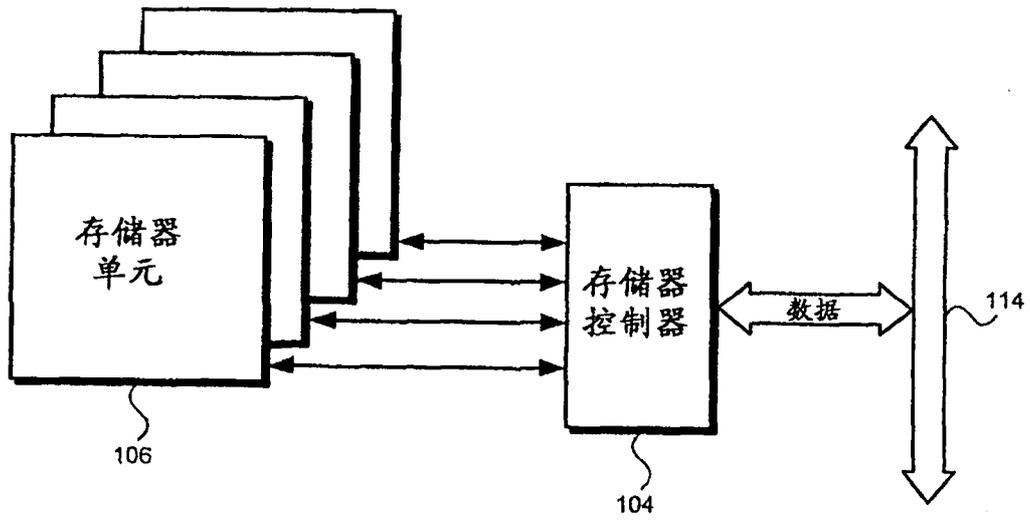


图 8

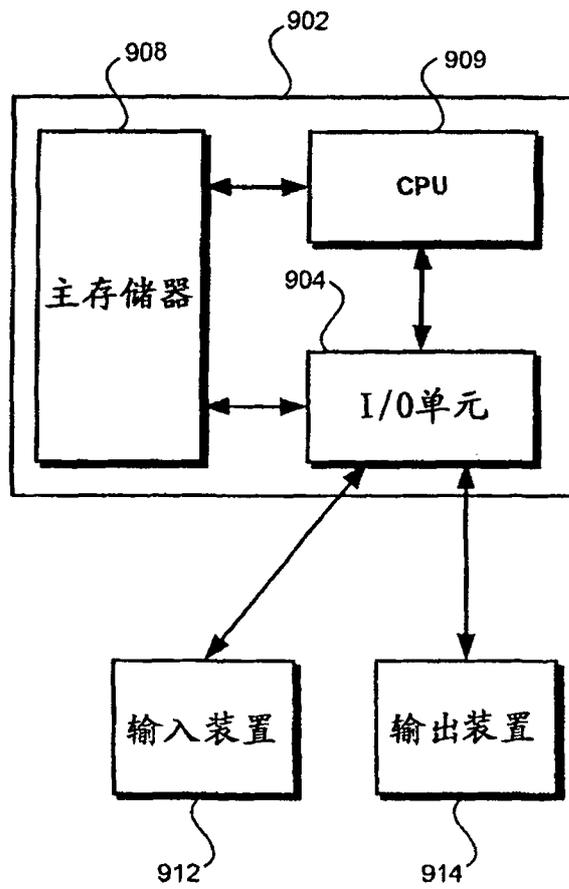


图 9