

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97122491.9

[45] 授权公告日 2002 年 1 月 30 日

[11] 授权公告号 CN 1078719C

[22] 申请日 1997.11.14 [24] 颁证日 2002.1.30

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

[21] 申请号 97122491.9

代理人 马铁良 萧掬昌

[30] 优先权

[32] 1996.11.14 [33] DE [31] 19647159.1

[73] 专利权人 西门子公司

地址 联邦德国慕尼黑

[72] 发明人 H·爱卡尔特

[56] 参考文献

US 4757503	1988. 7. 12	G11C29/00
US 5377148	1994. 12. 17	G11C7/00
US 5535164	1996. 7. 9	G11C7/00

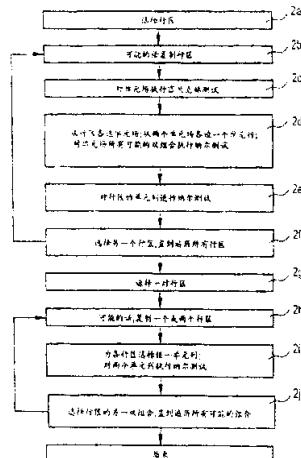
审查员 齐 篓

权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图页数 2 页

[54] 发明名称 测试分为单元场的存储器芯片的方法

[57] 摘要

为了在可靠性至关重要的应用中监视存储器芯片的功能,需要在计算机连续运行中进行存储器测试。另外,有意义的是在实时条件下进行,使应用程序不受影响地运行。通过测试,既可以识别固定故障,也可以识别耦合故障和模式敏感故障。本发明的存储器测试,在遵守实时条件下,在计算机的运行中,通过分成富兰克林测试和纳尔测试的适当组合予以实现;富兰克林测试揭示相邻存储器单元的模式敏感故障。而纳尔测试揭示引线中的耦合故障。



权 利 要 求 书

1. 在维持实时条件下，计算机连续运行时，测试分为单元场（Z F）的存储器芯片的方法，

其中存储器芯片（S C）按照一个矩阵分为行区（Z B）和列区（S B），其中行区和列区各至少具有一个单元场（Z F），以及一个单元行（Z Z）确定行区（Z B）的一个单个行，一个单元列（Z S）确定列区（S B）的一个单个列，

使用下述步骤：

a) 选择一个第一行区（Z B）；

10 b) 如果所述第一行区的内容由一个应用程序占用，则把该内容向另一个空闲的第二行区复制，并把该应用程序的地址相应地修改到有关该第二行区的地址；

c) 对第一行区的所有单元场（Z F）各执行一次富兰克林测试；

d) 从所述行区选择两个单元场；

15 e) 对两个选择的单元场的任一单元行（Z Z）执行一次纳尔测试；

f) 对另一对单元场重复步骤d) 到e)，直到遍历所有可能的单元场的双组合；

20 g) 对限制在所选第一行区上的任一单元列（Z S）执行一次纳尔测试；

h) 对存储器芯片（S C）的所有行区执行步骤b) 到g)；

i) 选择一对行区；

25 j) 如果行区之一或者两个行区都由一个应用程序占用，那么要把一个行区或两个行区的内容向一个或者两个空闲的行区复制，并把该应用程序的地址相应地修改到有关各复制行区的地址；

k) 从两个选择的行区各选择任一单元列；

l) 对两个选择的单元列执行一次纳尔测试；

m) 对另一对行区执行步骤j) 到l)，直到遍历行区所有可能的双组合，其中，在执行纳尔测试期间不允许任何中断。

30 2. 根据权利要求1的方法，其中，总存储器的多个存储器芯片同时并行测试，这是通过向所有存储器芯片内写入同一数据，并从所有存储器芯片读出同一数据而实现的。

3. 根据权利要求 1 或者 2 的方法，其中，

通过询问利用 EDC 机构的计算机系统中的 EDC 控制器检测一种故障的出现，并将该故障分类，其中在故障重复出现的前提下可以分为：

- 5 - 固定故障，当该单元包含与直接写入其内的值不同的值时；
- 耦合故障，当权利要求 1 的步骤 e) 到 g) 或者 l) 到 m) 揭示一种故障时；
- 模式敏感故障，当权利要求 1 的步骤 c) 揭示一种故障时。

说 明 书

测试分为单元场的存储器芯片的方法

5 今天，计算机常常用于需要在一个确定的时间间隔内反应的应用领域。这里说的是实时系统。此时，计算机可以作为“嵌入系统”集成在应用中，或者例如与其分开地作为存储器可编程控制器或者作为自动化计算机而实现。这样的应用需要无中断运行（高可用系统或 H 系统）。
10 在另外的使用场合，受控设备在有故障情况下不允许使之进入产生危及生命财产的安全危急的状态（故障预防系统或 F 系统）。也可能同时需要这两种系统（H + F 系统）。

15 在所有上述三种运行方式下，需要计算机能够在运行中自动测试。以此使得在导致系统出现故障状态之前，确定故障出现的位置，或许能识别故障部件。最易出故障的计算机部件是具有大量晶体管亦即存储器，处理器和外设逻辑部件。

这里提出的发明涉及存储器部件的测试。在使用许多兆字节存储器的计算机中，存储器包含大量的晶体管，因此表示为最重要需测试的部件。

20 有三种逻辑故障类别：固定故障，耦合故障和模式敏感故障 [1]。各根据这些故障的揭示程度，给存储器测试分配一个规定的有效性。为实现一次测试的高有效性，必须识别所有固定故障、大多数耦合故障和多数模式敏感故障。

已经公知，由纳尔 (Nair)，沙特 (Thatte) 和阿布拉罕 (Abraham) [2] 等人提出的简称纳尔测试的测试是最不复杂的，因而是测试执行时间最短的测试。

25 另外公知的是富兰克林 (Franklin) 测试 [3]，它在较高的复杂性和部件的高集成度下对重要的模式敏感故障的探测比纳尔测试要好。富兰克林测试可以视为纳尔测试合乎逻辑的扩充，因为它揭示任意三重故障，而纳尔测试只揭示所有参与的存储器单元是分离的这样的三重故障。因此，富兰克林测试和纳尔测试同样，归入高有效性一类。所有这些测试的共同之处在于，不需了解在芯片上实际的单元排列。为正确执行测试，通常的厂家报告就足够了。

参考文献 [4] 公开了几种测试运行中存储器芯片的方法，并在 [4] 中称作实时数据保护措施。

参考文献 [5] 公开了一种为测试分为单元场的存储器芯片的方法（参见那里的权利要求 9）。该公开方法中的存储器芯片，按照一个矩阵，分为行区和列区（参见权利要求 1，9；图 1）。

本发明针对下述问题提出，在实时条件下，在连续运行中，对存储器芯片的测试必须是可中断的，以便不限制（对高有效性测试十分重要）系统的反应能力（典型的为数 m s）。已知的存储器高有效性测试不具有这一特性，因此在实时计算机只能作为接通测试应用。在连续运行中人们满足于具有较低有效性的一些测试，这些测试每次只能在一个预定的时间间隙内对一个小的存储器区域进行。此时不允许任何中断，亦即计算机的中断机构被切断。

这一问题通过本发明按照下述的方法得以解决。

本发明允许在维持实时条件下，计算机在连续运行中对细分为单元场的存储器芯片进行测试，以此保证在测试的可中断性下的高有效性。

存储器芯片可以细分为按照矩阵排列的分立的单元场。该矩阵分为行区和列区，其中它们各自至少具有一个单元场。一个单元行由一个行区的一个分立行确定，一个单元列由一个列区的一个分立列确定。

测试存储器芯片的方法如下进行：

选择一个第一行区。如果该第一行区的内容被一个应用程序占用，则必须将该内容向另一空闲的第二行区复制，并且把该应用程序的地址相应地修改到有关该第二行区的地址。对第一行区的每一单元场各进行一次富兰克林测试。从该行区选择两个单元场。对这两个选择的单元场中的任何一个单元行进行纳尔测试。为了测试单元场的所有可能的双组合，每次用单元场的各另一对重复最后步骤的纳尔测试。一次纳尔测试，在局限于选择的第一行区上的一个任意单元列上进行。这里所述方法的各个步骤对存储器芯片的所有行区都要进行。

本方法的第二部分如下进行：

选择一对行区。如果一个行区或两个行区被一个应用程序占用，则把该一个行区或两个行区的内容向一个或两个空闲的行区复制，并且把该应用程序的地址相应地对每一复制行区修改。从两个所选择的行区，各选择一个任意的单元列。在两个选择的单元列上，执行一次纳尔测试。该第二部分的各个步骤各用另一对行区执行，直到行区的所有可能的双组合都执行完为止。

本方法的第一部分的富兰克林测试找出基于相邻单元耦合出现的动态的、模式敏感故障。这些故障通过富兰克林测试识别，而无需知道行的逻辑地址的实际分配。本方法的第一部分和第二部分中的纳尔测试找出静态故障（短路）和在导线之间的耦合。

5 在进行纳尔测试期间不允许中断是有利的。如果纳尔测试不在其内进行的话，那么可以排除由主存储器存取引起的页面效应。

另一有利之点在于，整个存储器的多个存储器芯片通过并行测试同时进行。为此在所有存储器芯片中写入同一数据，并从所有存储器芯片中读出同一数据。

10 另外的有利之处在于，在使用 EDC 机构的计算机系统中，通过询问 EDC 控制器确定一个存储器故障是否已改正，以及可能的话是否需对故障种类进行分类。在故障可复制的前提下，可以区分固定故障、耦合故障和模式敏感故障。当单元包含与直接写入其内的值不同的值时，就会出现固定故障类。另两种故障，耦合故障和模式敏感故障，将在下面进一步说明。

15 本发明的方法另外的改进方案从相关权利要求给出。

下面根据附图中表示的一个实施例进一步叙述本发明。

图 1 是表示一个存储器芯片的实际结构的略图；

图 2 是表示单个方法步骤的流程图。

20 图 1 表示一个存储器芯片 SC 的可能的实际结构。其中单元场 ZF 以矩阵方式安排为行区 ZB 和列区 SB。一个单元行 ZZ 由行区 ZB 的一个单个的行确定，一个单元列 ZS 由列区 SB 的一个单个的列确定。一个单个的单元场 ZF 具有场宽 FB n 和场高 FH m。另外还有行引线 ZZL 和列引线 SZL。

25 图 2 表示本发明方法的各个方法步骤。对于一个高有效性存储器测试重要的是：识别由相邻单元耦合而产生的动态的模式敏感故障和由导线之间的耦合而产生的静态故障。为能够在实时条件下在连续运行中进行高有效性存储器测试，提出了一种两级方法，首先检查动态的模式敏感故障，然后检查由列引线和 / 或行引线在一个行区出现的静态故障，这一点对于所有行区重复执行，并在对行区所有可能的双组合的第二步骤里相对于另一些行引线测试自己行区的行引线。对于也表示在图 2 中的本方法在下面详细说明。

首先选择一个第一行区（参见图 2，步骤 2 a）。如果该第一行区的内

容由一个应用程序占用，则把该内容向另一个空闲的行区复制。该应用程序的地址相应地改变为该行区（步骤 2 b）。对第一行区的所有单元场各进行富兰克林测试（步骤 2 c）。之后，从该行区选择两个单元场。每次选择所研究的单元场的任一单元行。通过对所述行区的单元场的所有可能的双组合执行一次纳尔测试的方式，测试列引线之间的耦合，其中，每次对选择的单元行执行纳尔测试就够了（步骤 2 d）。通过对所选择的第一行区的任一单元列执行一次纳尔测试的方式，测试行引线之间的耦合（步骤 2 e）。之后，只要所有行区尚未测试完的话，那么就选择另一个行区并跳回步骤 2 b（步骤 2 f）。如果所有行区各自按照上述方法测试完毕，那么就选择一对行区（步骤 2 g）。如果一个应用程序需要一个行区或者两个行区的存储器的话，那么必须把每一个被占用的行区向一个空闲的行区复制，并把该应用程序的地址相应地修改为各复制行区（步骤 2 h）。现在从两个选择的行区中各选择一个任意的单元列。对两个选择的单元列各执行一次纳尔测试（步骤 2 i）。以此对行区之间的行引线执行一次静态故障和引线之间耦合的检验。只要行区所有可能的两种组合尚未选遍，则选择行区一种新的可能的双组合（步骤 2 j），并到步骤 2 h。

富兰克林测试比纳尔测试更高综合度，为此在部件高集成度的场合更好地检测了重要的模式敏感故障。富兰克林测试是纳尔测试的一个逻辑扩展，因为它揭示任意的三重故障，而纳尔测试只揭示所有参与的存储器单元是分离的这样的三重故障。因为本发明的方法要在实时条件下在计算机连续运行时执行存储器测试，所以较高综合度的富兰克林测试只应用在单个单元场。那里应该揭示动态模式敏感故障。静态故障（短路）和引线间耦合在本发明的方法中用纳尔测试识别。在基于富兰克林测试更高综合度的基础上的时间化费是合理的情况下，为揭示静态故障，同样可以使用富兰克林测试。

在本发明文件中引用了下列公开文献。

[1] DIN V VDE 0801/A1: 1994-10. Grundsaezze fuer Rechner in Systemen mit Sicherheitsaufgaben.

5 [2] R.Nair, S.M.Thatte, J.A.Abraham, Efficient Algorithms for Testing Semiconductor Random-Access Memories IEEE Trans. on Comp. C-27,6 (1978) 572-576.

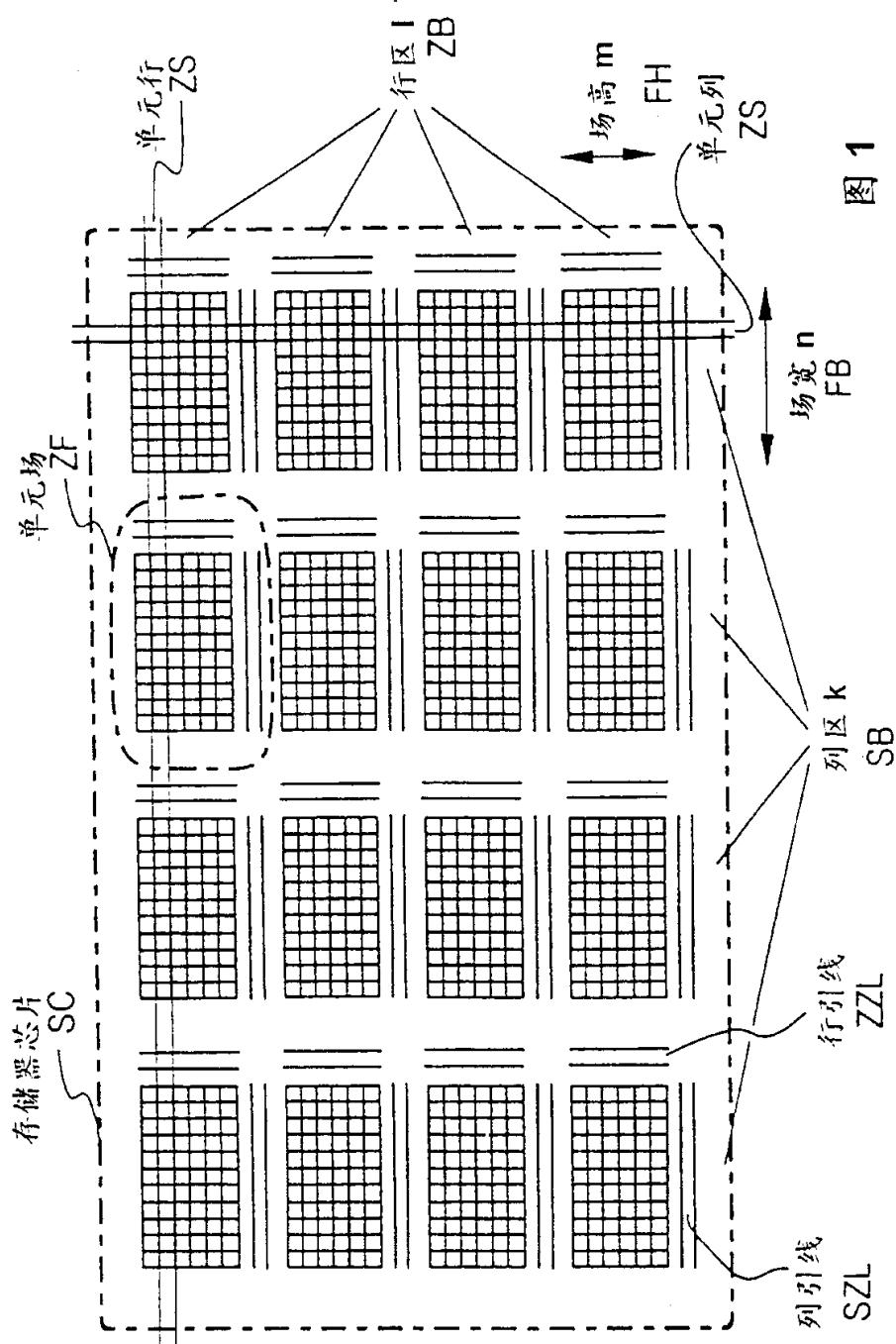
[3] M.Franklin, K.K.Saluja, Hypergraph Coloring and Reconfigured RAM Testing. IEEE Trans. on Comp. 43,6(1994) 725-736

M.Franklin, K.K.Saluja, An Algorithm to Test Reconfigured RAMs. 7th Intl. Conf.on VLSI Design,Calcutta,India, 5-8 Jan.1994, Comp.Soc.Press (1994) 359-364.

[4] D. Rhein, H. Freitag: Mikroelektronische Speicher, Springer-Verlag Wien, New York 1992.

15 [5] Deutsche Patentschrift 40 11 987 C2

说 明 图



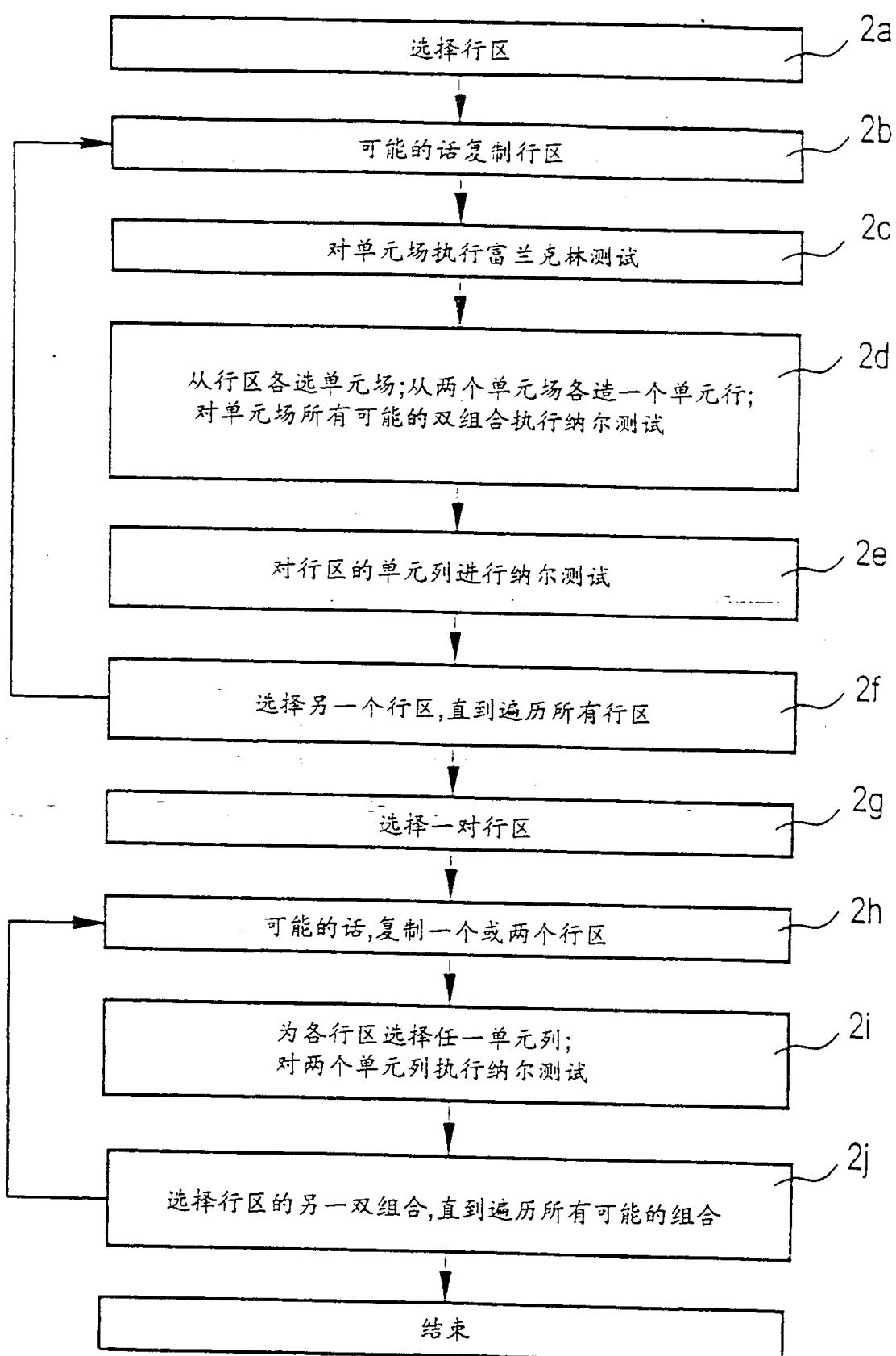


图 2