

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01R 31/26 (2006.01)

G01R 31/00 (2006.01)

H01L 21/66 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200610008001.6

[43] 公开日 2006 年 9 月 20 日

[11] 公开号 CN 1834674A

[22] 申请日 2006.2.21

[21] 申请号 200610008001.6

[30] 优先权

[32] 2005. 3. 18 [33] JP [31] 2005 - 078529

[71] 申请人 安捷伦科技有限公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 竹内恭彦 滩仁志

[74] 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理有限公司
代理人 王 怡

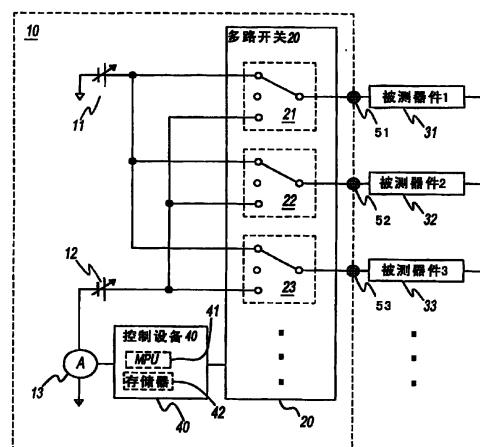
权利要求书 4 页 说明书 10 页 附图 10 页

[54] 发明名称

用于可靠性测试的方法和装置

[57] 摘要

本发明公开了一种用于对被测器件进行可靠性测试的方法和使用该方法的装置，所述方法包含以下步骤：第一步骤，在将第一电压施加到被测器件达预定时间之后施加第二电压，并测量流经该被测器件的电流；第二步骤，对同一被测器件接连进行两次或更多次第一步骤；第三步骤，对多个被测器件接连进行第二步骤；第四步骤，对同一被测器件进行一次或接连进行两次或更多次第一步骤；第五步骤，在进行第三步骤之后，接连对多个被测器件进行第四步骤；以及第六步骤，对每个被测器件得到施加第一电压的总时间与电流之间的关系。



1. 一种用于对被测器件进行可靠性测试的方法，所述方法包含：

第一步骤，在第一电压已被施加到被测器件达预定时间之后，在第二电压被施加时测量流至所述被测器件的电流；

第二步骤，对同一被测器件接连进行两次或更多次所述第一步骤；

第三步骤，对多个被测器件接连进行所述第二步骤；

第四步骤，对同一被测器件进行一次或接连进行两次或更多次所述第一步骤；

第五步骤，在进行所述第三步骤之后，接连对多个被测器件进行所述第四步骤；以及

第六步骤，对每个被测器件，得到施加所述第一电压的总时间与电流之间的关系。

2. 如权利要求 1 所述的用于对被测器件进行可靠性测试的方法，还包含：

第七步骤，根据所述关系，估计当所述电流达到预定值时的故障产生时间，以及

第八步骤，根据所述故障产生时间，估计被测器件的使用寿命。

3. 如权利要求 1 所述的用于进行可靠性测试的方法，还包含如下步骤：当第五步骤正在进行时，将所述第一电压施加到所述多个被测器件中还未进行所述第四步骤的一个被测器件。

4. 一种用于对被测器件进行可靠性测试的方法，所述方法包含：

第一步骤，将第一电压施加到多个被测器件达预定时间；

第二步骤，在第二电压被接连施加到所述多个被测器件时，测量流经被测器件的电流；

第三步骤，将所述第一步骤和所述第二步骤重复预定次数；

第四步骤，对于每个被测器件，根据所述第一电压被施加的总时间和所述电流，估计当所述电流达到预定值时的故障产生时间；以及

第五步骤，根据估计出的故障产生时间来估计被测器件的使用寿命。

5. 如权利要求 4 所述的用于可靠性测试的方法，其中所述第一电压和所述第二电压是相同的电压。

6. 如权利要求 4 所述的用于可靠性测试的方法，其中所述第二电压是处于所述被测器件正常使用时施加的范围之内的电压。

7. 一种计算机可读介质，其上记录了用于在计算机上使用的程序，所述程序包含：一种用于对被测器件进行可靠性测试的方法，所述方法包含：

第一步骤，在第一电压已被施加到被测器件达预定时间之后，在第二电压被施加时测量流至所述被测器件的电流；

第二步骤，对同一被测器件接连进行两次或更多次所述第一步骤；

第三步骤，对多个被测器件接连进行所述第二步骤；

第四步骤，对同一被测器件进行一次或接连进行两次或更多次所述第一步骤；

第五步骤，在进行所述第三步骤之后，接连对多个被测器件进行所述第四步骤；以及

第六步骤，对每个被测器件，得到施加所述第一电压的总时间与电流之间的关系。

8. 一种被测器件可靠性测试装置，包含：

第一和第二电源；

多个连接端子，用于连接被测器件；

多路开关，其包括多个开关，所述开关具有多个输入和一个输出，其中所述多个输入包括电连接到所述第一电源的第一输入、电连接到第二电源的第二输入，以及不连接到两个电源中任一者的第三输入；

电流表，其串联连接到所述第二电源；以及

控制器，其具有存储器和数据处理器，

其中所述控制器包含：第一功能，用于将所述多个连接端子中的一些端子连接到所述第二输入，并将其它连接端子连接到所述第三输入；第二功能，用于将所述第一电源的输出电压设置在应力电压，并将所述第二电源的输出电压设置在测量电压；第三功能，用于对流经连接到所述第二输

入的连接端子的电流接连进行多次测量，并在测量之后将所述连接到第二输入的连接端子连接到所述第一输入；第四功能，用于对所述多个连接端子接连进行所述第三功能；第五功能，用于在进行所述第三功能之后，接连将所述多个连接端子连接到所述第二输入，并接连测量流经所述连接端子的电流；

第六功能，用于在所述存储器中存储所述电流和所述应力电压被施加到已测量的连接端子的总时间；第七功能，用于根据存储在所述存储器中的所述电流和所述总时间，估计当所述电流达到预定值时的故障产生时间；以及第八功能，用于根据估计出的故障产生时间，估计被测器件的使用寿命。

9. 如权利要求 8 所述的用于可靠性测试的方法，其中所述测量电压和所述应力电压是相同的电压。

10. 如权利要求 8 所述的用于可靠性测试的方法，其中所述测量电压具有多个电压电平，所述多个电压电平包括所述应力电压和处于被测器件正常使用时施加的范围之内的电压。

11. 一种用于对被测器件进行可靠性测试的装置，包含：

电源；

多个连接端子，用于连接所述被测器件；

多路开关，其具有多个用于控制所述电源与连接端子之间的电连接的开关；

电流表，用于与所述电源串联连接；以及

控制器，其具有存储器和数据处理器，

其中所述控制器包含：用于控制所述多路开关和所述电源，并将第一电压施加到所述多个连接端子的功能；用于控制所述多路开关、所述电流表和所述电源，将第二电压施加到所述连接端子中的某些端子，并测量流经这些连接端子的电流的功能；用于在所述存储器中存储所述电流和所述第一电压被施加到已测量的连接端子的总时间的功能；用于根据存储在所述存储器中的所述电流和所述总时间，对每个被测器件估计流至该被测器件的电流达到预定值时的故障产生时间的功能；以及用于根据所述故障产

生时间来估计被测器件使用寿命的功能。

12. 如权利要求 11 所述的用于可靠性测试的方法，其中所述电源能提供所述应力电压与处于被测器件正常使用时施加的范围之内的电压之间的输出切换。

用于可靠性测试的方法和装置

技术领域

本发明涉及用于半导体器件可靠性测试的方法和装置，尤其涉及使用 TDDB（时间相关电介质击穿）测试进行的可靠性测试的方法和装置。

背景技术

在日本未实审专利申请（特开）5[1993]-308,094 中描述的 TDDB 测试是一种用于评估半导体器件使用寿命的可靠性测试方法。TDDB 测试是这样一种测试方法，其利用了时间相关击穿现象，其中当击穿电压或更低电压被长时间施加到 MOS 栅极氧化膜（电介质薄膜）时，该栅极氧化膜取决于该施加时间而击穿。即，TDDB 是这样一种测试，其中应力电压（stress voltage）被持续施加到用于测试的半导体器件的栅极氧化膜，并基于栅极氧化膜击穿进行的程度来测试栅极绝缘膜的可靠性，所述应力电压等于或低于击穿电压但高于通常使用电压。当栅极氧化膜击穿时，流经氧化膜的电流逐渐增加。TDDB 测试是这样一种用于可靠性测试的方法，其包括测量在此电流达到作为估计使用寿命指示符的预定电流之前施加应力电压的总时间，以及估计器件在正常使用状况下的使用寿命。

半导体技术近来的进步带来了器件可靠性的极大提高。因此，必须施加应力电压，并且必须在非常长的一段时间里监测电流，直到达到作为故障指示符的电流。从而，通常以如下方式使用该方法，其中由施加应力电压的总时间与电流变化之间的关系来估计发生故障的电流出现时已施加应力电压的总时间（故障产生时间），而非对器件进行实际监测直到达到发生故障的电流。

图 11 示出了传统的用于可靠性测试的装置 410 的结构。用于可靠性测试的装置 410 包含：两个电源 11 和 12；串联连接到电源 12 的电流表 13；用于连接被测器件 31、32 和 33 的连接端子 51、52 和 53；用于将电

源 11 和 12 的输出选择性地连接到连接端子 51、52 和 53 的多路开关 20；以及用于控制电源 11 和 12、电流表 13 和多路开关 20 的控制设备 440。用于可靠性测试的装置 410 具有 100 个连接端子，能够对 100 个半导体器件进行并行可靠性测试。通过增加连接端子 51、52 和 53 等的数目以及开关 21、22 和 23 等的数目，可以增加能进行并行测试的器件数目，并且按照这一增加可以降低测试成本。

电源 11 和 12 是可变电压源，输出电压由控制设备 440 控制。多路开关 20 包含开关 21、22 和 23，这些开关为连接端子 51、52 和 53 的每一个而设置。通过开关 21、22 和 23 的切换，连接端子 51、52 和 53 中的每一个都可在如下三个状态之间切换：电连接到电源 11、电连接到电源 12，以及不电连接到任一电源。这里的用语“电连接”不仅包括两个组件通过电路图案或接线直接连接的情况，而且包括通过开关、电阻器等导电的情况。用于可靠性测试的装置 410 具有 100 个连接端子，因而多路开关 20 具有 100 个开关。控制设备 440 具有存储器 442 和微处理器（MPU）441，MPU 441 是数据处理装置。可以使用计算机。应当注意，用于可靠性测试的装置 410 具有一个连接了电流表 13 的电源 12。因此，开关 21、22 和 23 是三极开关。然而，当存在多组可能的电流表与电源的组合时，所述开关将具有的极数是组数+2。

接下来，将使用用于可靠性测试的装置 410，基于图 2 的操作流程图和图 3 的时序图来描述传统的用于可靠性测试的方法。本申请的时序图将通过电流表 13 测量电流的时间和测量所伴随的操作所需的时间表示为“测试”，所述操作包括多路开关 20 的开关和存储器 42 中测量结果的写入。当开始可靠性测试时，将变量 c 和变量 n 初始化为 1（步骤 100），其中变量 c 指示第一被测器件被测试的次数，变量 n 示出当前正被测试的器件号。在此情况下，多路开关 20 的所有开关 21、22、23 等都被设置以使它们不连接到电源 11 和电源 12 中任一者。而且，电源 11 和电源 12 的输出电压都被设置为应力电压。

然后启动对被连接的器件的测试。首先，控制多路开关 20，切换开关 21，并且第一被测器件 31 电连接到电流表 13（步骤 101）。另外，通过

电流表 13 测量从电源 12 流到器件 31 的电流，并将该电流（初始）存储在存储器 442 中（步骤 102）。一旦测量了电流，就切换开关 21 并将连接端子 51 连接到电源 11（步骤 103）。对被测器件 31 的初始值的测量完成。

然后增加变量 n （步骤 104），并测量下一被测器件 32 的初始电流。以这种方式接连测量 100 个器件的初始值（步骤 105）。对每个器件电流的测量都伴随对开关 21 的切换操作；因此，每次测试至少花费 1 秒。从而，测量所有 100 个器件的初始电流花费 100 秒。接下来，增加变量 c ，将变量 n 的值初始化为 1（步骤 106），并从第一被测器件 31 开始接连执行第二测试。从测得初始值时开始直到第二测试，应力电压都是由电压源 11 施加到器件 31 的；因此，利用第二测试获得的器件 31 的电流是应力电压已被施加了 100 秒时的电流。从第二测试开始，对于每个被测器件，将在测试期间测得的电流和应力电压已被施加的时间存储在存储器 442 中。

以这种方式，对每个被测器件重复 3000 次测试（步骤 107）。一旦测试完成，就得到每个器件的施加应力电压的时间与电流之间关系的公式（步骤 108）。所述关系随器件类型的不同而不同，但一般地通过线性函数、高阶函数、指数函数等来近似，其中 x 轴作为对数标度的时间轴。图 4 示出了被测器件 31 的测试结果与近似公式之间的关系。图中示出了典型的四点曲线图，但近似公式实际上是基于 3000 次测试的结果得到的。

接下来，由所得到的近似公式来估计故障产生时间（步骤 109）。作为故障指示符的电流是考虑到栅极氧化膜中的击穿程度而预先规定的；因此，通过用近似公式往回计算获得所讨论的电流时的施加时间，来估计在出现故障之前施加应力电压的总时间（故障产生时间）。如图 4 所示，在被测器件 31 的情况下，估计在应力电压已被施加 10^{10} 秒之后将会发生故障。该估计出的故障产生时间是在施加高于器件正常使用电压的应力电压的同时测量电流而得到的。因此，通过转换到在正常使用电压下使用时的使用寿命，来估计半导体器件 31、32、33 等的使用寿命（步骤 110）。对每个被测器件进行上述的使用寿命估计，然后可靠性测试完成。

如图 4 所示，利用传统的可靠性测试方法，施加应力电压之后的第一次电流测试是在应力电压施加 100 秒之后执行的。因此，电流的测量结果

分布在 10^2 至 10^5 秒之间。从而，利用传统的可靠性测试方法，近似公式是由此分布范围得到的，并且使用寿命的估计值高达 10^{10} 秒。即，近似公式是由集中于狭窄范围内的测试结果得到的，并且估计值是一个大大超过此范围的点。因此，对有显著波动的器件的测试精度差，很难以稳定的精度测试其可靠性。

发明内容

上述问题是通过一种对被测器件进行可靠性测试的方法和使用该方法的装置来解决的，所述方法的特征在于其包含以下步骤：第一步骤，在将第一电压施加到被测器件达预定时间之后施加第二电压，并测量流经该被测器件的电流；第二步骤，对同一被测器件接连进行两次或更多次第一步骤；第三步骤，对多个被测器件接连进行第二步骤；第四步骤，对同一被测器件进行一次或接连进行两次或更多次第一步骤；第五步骤，在进行第三步骤之后，接连对多个被测器件进行第四步骤；以及第六步骤，对每个被测器件得到施加第一电压的总时间与电流之间的关系。

可以在广阔的电流范围上测量应力电压施加总时间很短时的电流，并由包括各测量结果的广泛分布的测量结果来估计故障产生时间；因此，与过去相比可以以更高的精度来进行可靠性测试。结果，可以在保持现有技术装置基本结构的同时进行高精度可靠性测试。

附图说明

图 1 是本发明第一实施方式的可靠性测试装置的略图。

图 2 是传统的可靠性测试装置的操作流程图。

图 3 是传统的可靠性测试装置的时序图。

图 4 描述了传统的可靠性测试装置的使用寿命估计。

图 5 是本发明第一实施方式的可靠性测试装置的操作流程图。

图 6 是本发明第一实施方式的可靠性测试装置的时序图。

图 7 描述了本发明第一实施方式的可靠性测试装置的使用寿命估计。

图 8 是本发明第二实施方式的可靠性测试装置的略图。

图 9 是本发明第二实施方式的可靠性测试装置的操作流程图。

图 10 是本发明第二实施方式的可靠性测试装置的时序图。

图 11 示出了传统的可靠性测试装置。

具体实施方式

现在参照附图来描述本发明的典型实施例。本发明的用于可靠性测试的装置 10 除了控制设备 40 的控制方法不同以外，与用于可靠性测试的装置 410 结构相同。因此，给图 1 中与图 11 中具有相同功能的硬件指定了相同的标号。而且，控制设备 40 内所容纳的 MPU 41 和存储器 42 的硬件结构与控制设备 440 的 MPU 441 和存储器 442 的相同。

现在描述本发明的用于可靠性测试的装置 10，重点是用于可靠性测试的装置的操作。

图 5 是第一实施方式的用于可靠性测试的装置 10 的操作流程图。

首先，用户将 100 个被测器件 31、32、33 等连接到各个连接端子 51、52、53 等。每个被测器件 31、32、33 等正常时在 3V 的施加电压下使用。当连接完成后，用户指示控制设备 40 开始可靠性测试。结果，控制设备 40 将指示被测器件测量数目的变量 c、指示同一器件已被测量次数的变量 m，以及指示当前正被测量的器件号的变量 n 初始化为 1（步骤 200）。多路开关 20 的所有开关 21、22、23 等都被设置以使它们不连接到电源 11 和电源 12 中任一者。而且，电源 11 和电源 12 的输出电压都被设置为应力电压。在本实施例中，应力电压是 10V，或者器件正常使用时的施加电压的大约 3 倍，但不一定设置在这个电压，而是可以考虑到器件属性、测试所需时间和类似的考虑因素而根据需要设置。

然后开始对所连接的被测器件的测量。首先，控制设备 40 切换多路开关 20 的开关 21，将第一器件 31 电连接到电流表 13（步骤 201）。而且，通过电流表 13 测量从电源 12 流到器件 31 的电流，并将初始电流存储在存储器 42 中（步骤 202，图 6 的 A 到 B）。然后增加变量 m（步骤 203），并且执行两次相同的测试（步骤 204，图 6 的 B 到 C）。在第一与第二测试之间或第二与第三测试之间都不执行开关 21 的切换操作；因

此，可以每隔 10ms 进行测试。即，3 次测试提供了 3 条数据：初始电流、应力电压施加 10ms 的总时间之后的电流，以及应力电压施加 20ms 的总时间之后的电流。测量结果和总时间一起被存储在存储器 42 中。

接下来，切换开关 21，端子 51 连接到电源 11（步骤 205）。对器件 31 的第一组测试完成（图 6 的点 C）。而且，增加变量 n，并将变量 m 初始化为 1（步骤 206）。然后开始对下一被测器件 32 的电流的第一组测试。为了测试器件 32，开关 21 和 22 的切换是必需的。因此，直到测试开始时大约花费 1 秒。然而，如图 6 所示，在切换操作期间应力电压未施加到器件 32；因此，对于器件 32，3 次测试同样提供 3 条数据：初始电流、应力电压施加 10ms 的总时间之后的电流，以及应力电压施加 20ms 的总时间之后的电流（图 6 的 C 到 D）。

类似地，接连对 100 个器件进行包含 3 次连续测试的第一组测试（图 6 的 A 到 E）。一旦对所有器件的第一组测试完成（步骤 207），控制设备 40 就增加变量 c 并将变量 m 和 n 初始化为 1（步骤 208），然后从第一器件 31 开始进行第二组测试。第二组测试对每个器件连续执行 3 次。

为了切换被测器件，开关 21 的切换操作是必需的；因此，对每个器件完成一组测试要花费 1 秒。从而，完成对所有器件的测试所花费的时间是一组测试的时间与测量器件数的乘积。在本实施例中，测量器件数是 100，因此完成对每个器件的测试花费 100 秒。当其它设备被测试时，应力电压由电源 11 施加到器件 31。从而，第二组测试测量在应力电压被施加的总时间是 100 秒、100.01 秒和 100.02 秒之后的电流。

这样，对每个器件重复 3000 组测试（步骤 209）。一旦测试完成，控制设备 40 就使用 MPU 41 得到如下近似公式，该近似公式示出应力电压被施加的总时间与每个器件的电流之间的关系（步骤 210）。该关系随器件类型而改变，但一般地通过最小二乘法或其它方法，利用线性函数、高阶函数、指数函数等来近似，其中 x 轴作为对数标度的时间轴。图 7 示出了被测器件 31 的测试结果与近似公式之间的关系。图中示出了典型的六点曲线图，但线性近似公式实际上是基于 9000 个点的测量结果，通过最小二乘法得到的。

接下来，由所得到的近似公式估计发生故障的时间（步骤 211）。作为故障指示符的电流是考虑到栅极氧化膜中的击穿程度而预先规定的；因此，通过用近似公式往回计算获得所讨论的电流时的施加时间，来估计在出现故障之前施加应力电压的总时间（故障产生时间）。如图 7 所示，在被测器件 31 的情况下，估计在应力电压已被施加 10^{10} 秒之后将会发生故障。该估计出的故障产生时间是在施加高于器件正常使用电压的应力电压的同时测量电流而得到的。因此，通过转换到在正常使用电压下使用时的使用寿命，来估计半导体器件 31、32、33 等的使用寿命（步骤 212）。对每个被测器件进行上述的使用寿命估计，然后可靠性测试完成。

将图 4 中的传统示例与图 7 中本发明的实施例比较来看很清楚的是，通过本发明的方法可以获得比现有技术精确得多的稳定的使用寿命估计结果，这是因为当时间轴是对数标度时，测试结果分布在 10^{-2} 到 10^5 的广阔范围内。

应当注意，在上述实施例中将电源 11 和电源 12 的输出电压设置在应力电压，但不一定将这两者设置在相同的电压。例如，可以通过将电源 11 的输出电压设置在应力电压，并将电源 12 的输出电压设置在处于正常使用的施加范围之内的电压，从而在更接近于正常使用电压的电压下进行测试。当在此情况下进行上述实施例的步骤 202 至 204 时，在测量电流时，电源 12 的输出电压被设置在处于正常使用期间施加范围之内的电压（例如器件 31 被设置为 3V），并且可以在重复切换输出电压的同时执行一组测试（3 次），以使得在图 6 中的“测试”周期执行期间除了电流表 13 的测量操作以外的任意时刻（例如写存储器 42 等），电压都是应力电压。

本发明的用语“测试步骤‘连续’进行 x 次”的意思是，在从多个被测器件中测试了预定器件之后，再次测试同一器件而不测试其它器件。从而，如下情况是包括在“连续”测试的概念当中的：在利用电流表 13 对预定器件的电流进行测量之后施加应力电压预定时间，然后使用电流表 13 再次测量同一器件的电流。

另外，可以进一步通过改变器件的测试次数，例如当从第二组测量开始无须每组获得 3 次测试时，通过从第二组开始每组测试 1 次（步骤 204

的条件是 $m > 1$), 来缩短测试时间。一组的具体时间由测试数目和控制时间决定, 所述测试数目由用户设置, 所述控制时间例如是多路开关 20 的切换时间。而且, 在第二组初始化之前施加应力电压的总时间由一组所需的时间和被测器件数目之积决定。简言之, 可以利用在第一组中增加电流测量次数, 来从短暂的应力电压施加总时间中获得数量可观的电流数据, 但在第二组初始化之前施加应力电压的总时间将会延长。从而, 用户必需考虑到所需测试点来设置测试数目, 以便提高关系和使用寿命的估计精度。

图 8 示出了本发明第二实施方式的用于可靠性测试的装置 80。本实施例的用于可靠性测试的装置 80 的结构与图 1 中的用于可靠性测试的装置 10 之间有三点不同: 没有电源 11; 因此, 在多路开关 81 的开关 82、83、84 等中仅有一个极 (在图中仅有一个包含电流表和电源的组, 因而存在两极开关, 但当存在多个组时, 开关中的极数是组数+1); 并且控制设备 85 的控制方法不同。从图中看得很清楚, 可靠性测试装置 80 具有简化了可靠性测试装置 10 的结构; 因此, 可以使用可靠性测试装置 10 的结构且仅改变控制设备 40 的控制方法, 来通过本实施例的测试方法进行可靠性测试。

接下来, 将参照图 9 的流程图和图 10 的时序图来详细描述可靠性测试装置 80 的操作。用户将 100 个被测器件 31、32、33 等连接到各个连接端子 51、52、53 等。当连接完成时, 用户指示控制设备 85 开始可靠性测试。结果, 控制设备 85 将变量 t 设置为 1, 变量 t 是应力电压施加时间的指示符 (步骤 300)。其还将多路开关 81 的所有开关 82、83、84 等切换到与电源 12 电连接 (步骤 301)。此时电源 12 的输出电压是 0。

然后, 控制设备 85 施加电源 12 的输出电压 $t \times 10\text{ms}$, 并施加应力电压 (10V) (步骤 302, 图 10 的 A 到 B)。开始时 $t=1$; 因此, 向所有器件施加应力电压 10ms。然后, 控制设备 85 控制多路开关 81 并切换除开关 82 以外的所有开关 (步骤 303)。即, 只有连接到连接端子 51 的器件 31 电连接到电流表 13。在此状态下, 将电源 12 的输出电压设置在 3V, 这是一个处于器件 31 正常使用时施加范围内的电压, 通过电流表 13 测量流

经连接端子 51 的电流，并将测试结果与应力电压被施加的总时间（10ms）一起存储在存储器 42 中（图 10 的 B 到 C）。另外，切换开关 82 和开关 83，以使得只有连接到连接端子 52 的器件 32 电连接到电流表 13，然后类似地进行电流测量和随后存储器 42 中的存储。这样，对每个器件测量应力电压施加总时间为 10ms 时的电流（步骤 304，图 10 的 B 到 D）。

接下来，将变量 t 加倍（步骤 305）。而且，重复从步骤 301 到步骤 305 的操作，直到变量 t 超过 3000（步骤 306）。即，通过第二次重复测试，向每个器件施加应力电压 20ms（图 10 的 D 到 E），然后对每个设备测量总应力电压施加时间为 30ms 时的电流（图 10 的 E 到 F）。通过第三次重复测试，施加 40ms 的应力电压时间，并获得总应力电压施加时间为 70ms 时的数据。

一旦变量 t 超过 3000，控制设备 40 就使用 MPU 41，得到每个器件的总应力电压施加时间与电流间关系的公式（步骤 307）。该关系随器件类型而改变，但一般地通过最小二乘法或其它方法，利用线性函数、高阶函数、指数函数等来近似，其中 x 轴作为对数标度的时间轴。接下来，由所得到的公式估计发生故障的时间（步骤 308）。作为故障指示符的电流是考虑到栅极氧化膜中的击穿程度而预先规定的；因此，通过往回计算当公式给出所讨论的电流时的施加时间，来估计在将会发生故障时的应力电压施加时间（故障产生时间）。该估计出的故障产生时间是在施加高于正常使用电压的应力电压的同时进行测试的结果；因此，将该结果转换成正常使用条件下的时间，从而估计半导体器件 31、32、33 等的使用寿命（步骤 309）。对每个器件接连进行上述的使用寿命估计，以完成可靠性测试。

利用本发明的装置和方法，在电流正被测量时，应力电压不施加到其它器件；因此，无论连接到可靠性测试装置 80 的器件数目是多少，都在总应力电压施加时间的广阔范围上获得测试数据。另一方面，因为应力电压是间歇性施加的，所以本发明无法用于对具有重复效应（repetitive effect）的器件（栅极氧化膜击穿在应力电压持续施加和间歇施加时不同的

器件)进行可靠性测试。

以上参照具体实施例详细讨论了本发明的技术原理。然而,对本发明所属技术领域的技术人员来说清楚的是,可以进行各种修改和变化而不会偏离权利要求书的要点和范围。例如,在第二实施例中,应力电压施加时间是 10ms 的倍数,但当器件处理速度快时,也可以以更短的时间为时间单位来设置施加时间。而且,实施例描述了作为一种可靠性测试的半导体器件的使用寿命测试,但本发明可以用于热载流子测试和其它类型的可靠性测试。

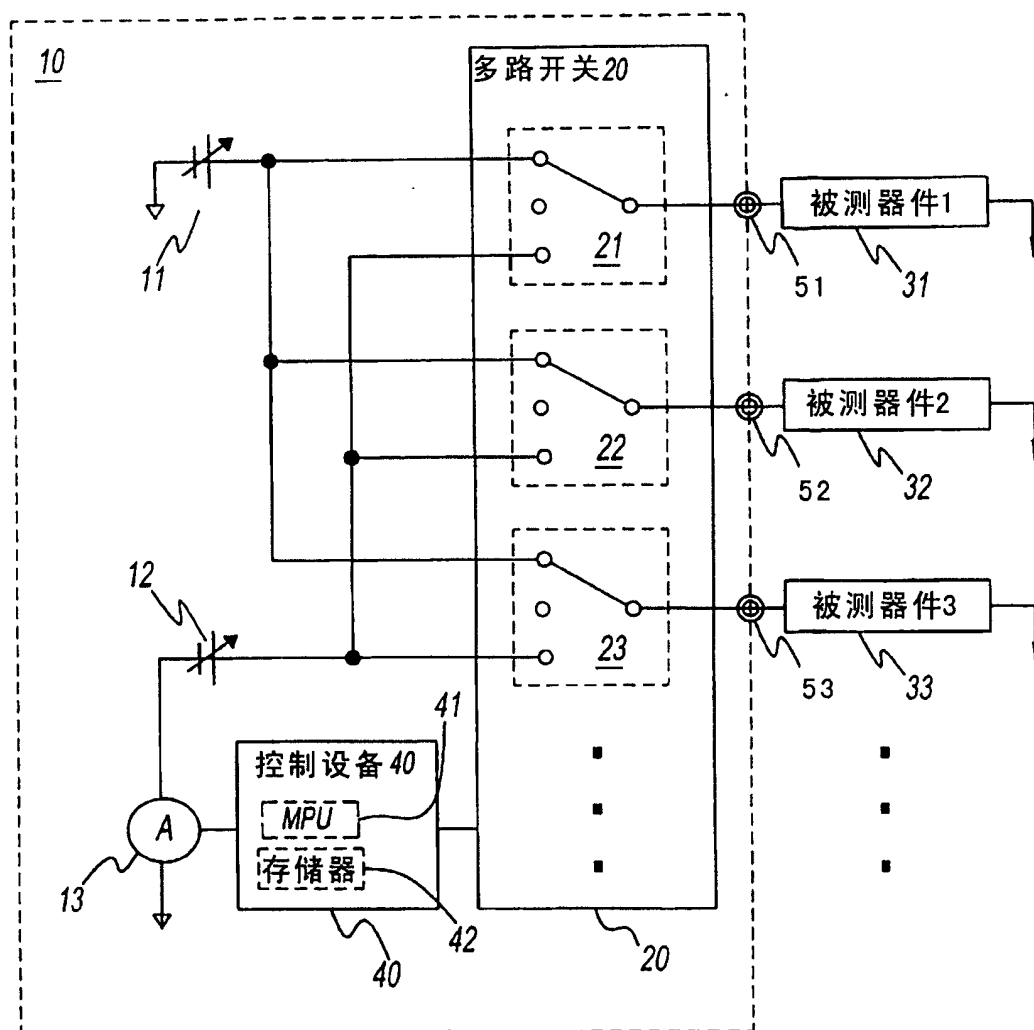


图1

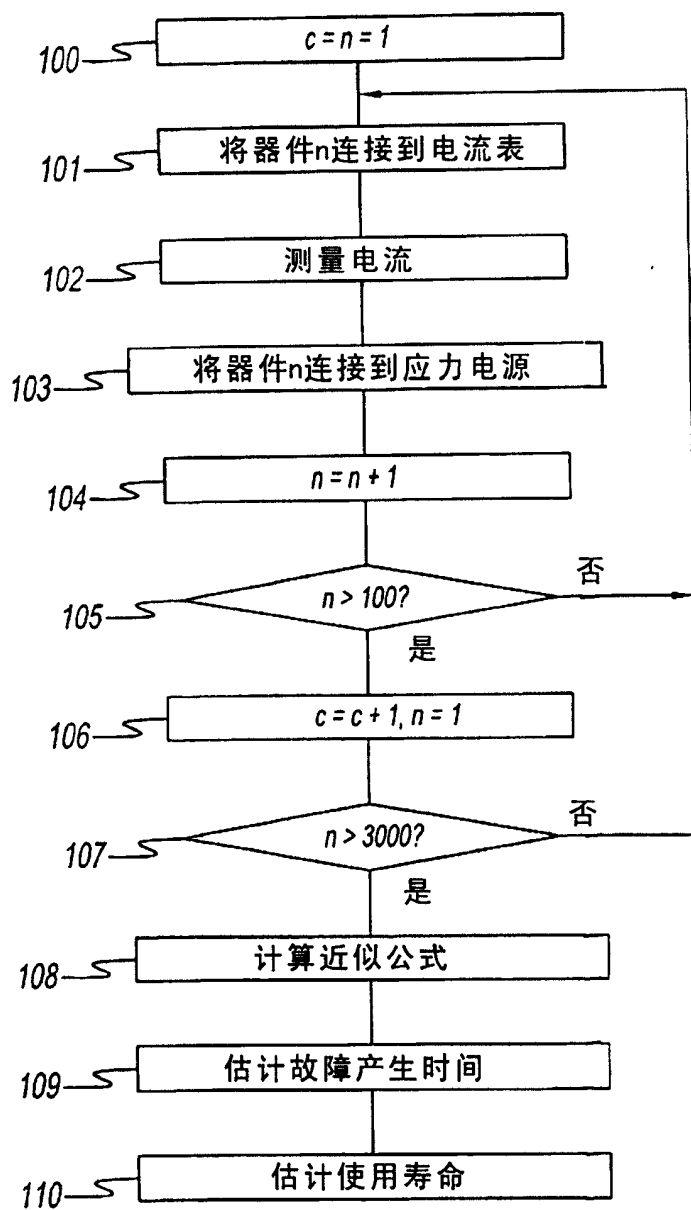


图2

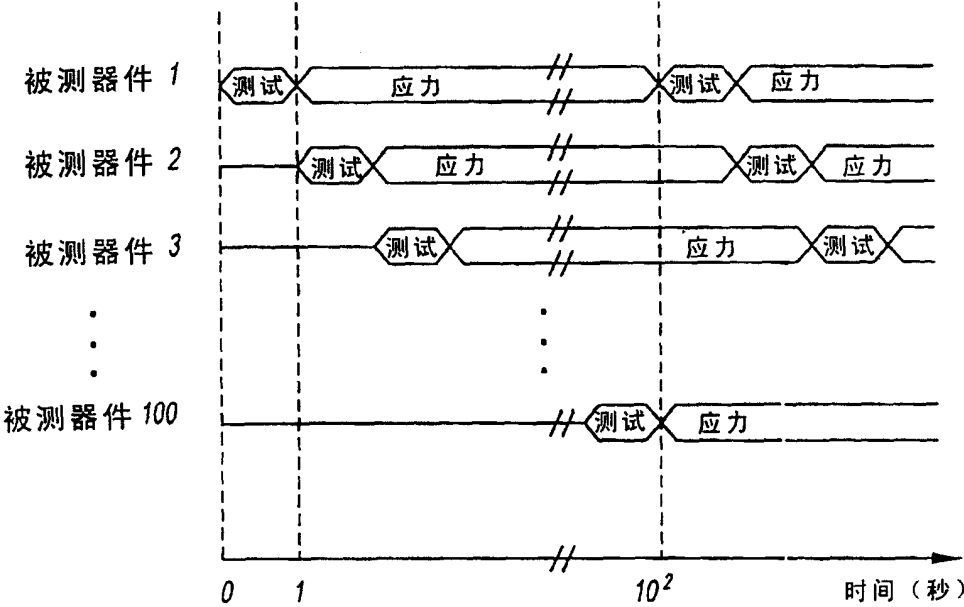


图3

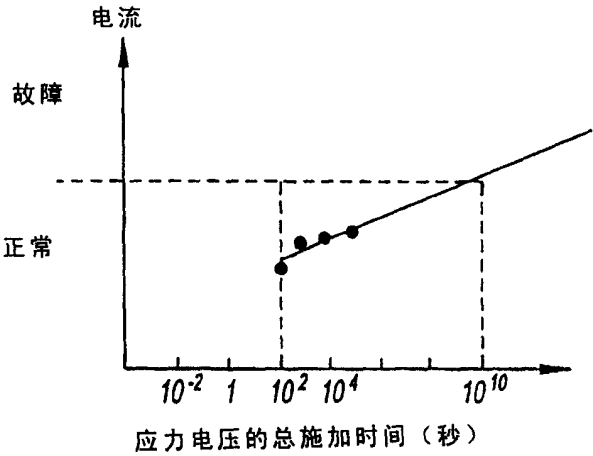


图4

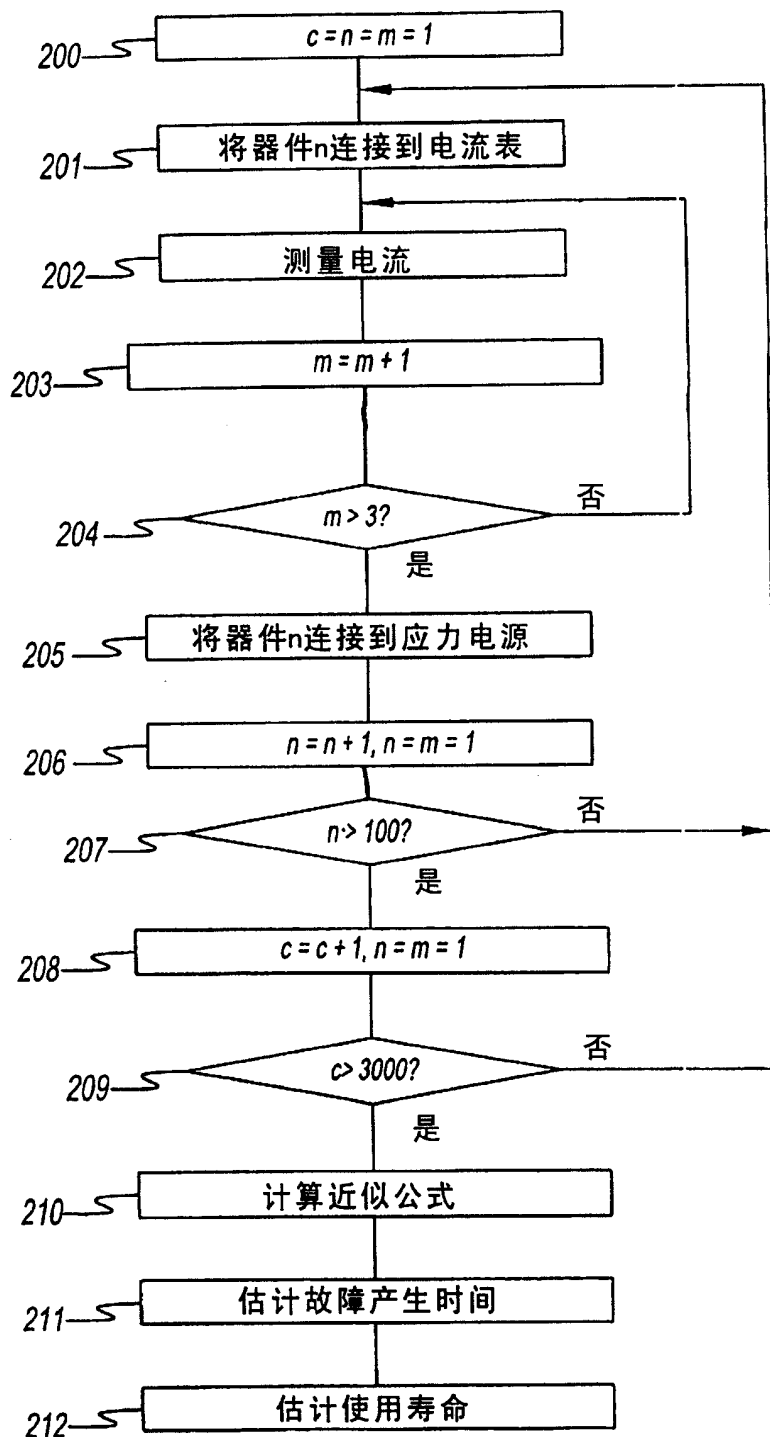
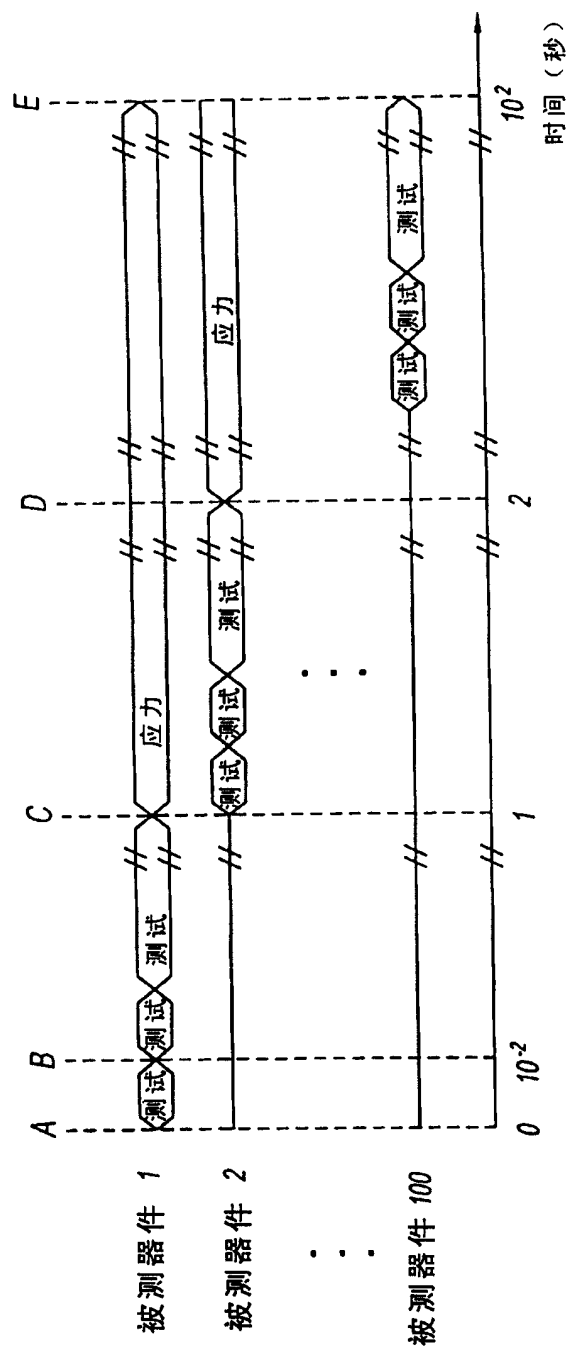


图5



9
圖

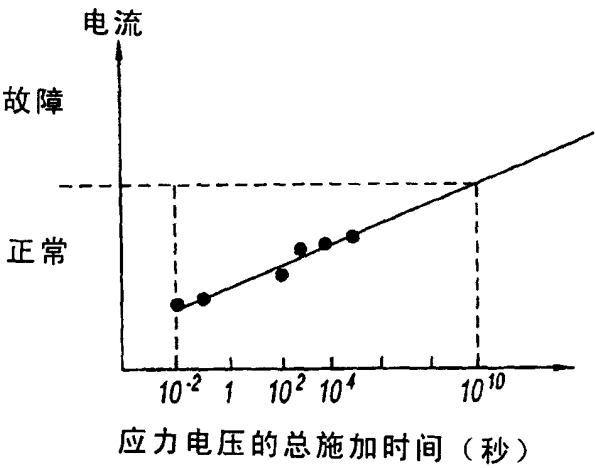


图7

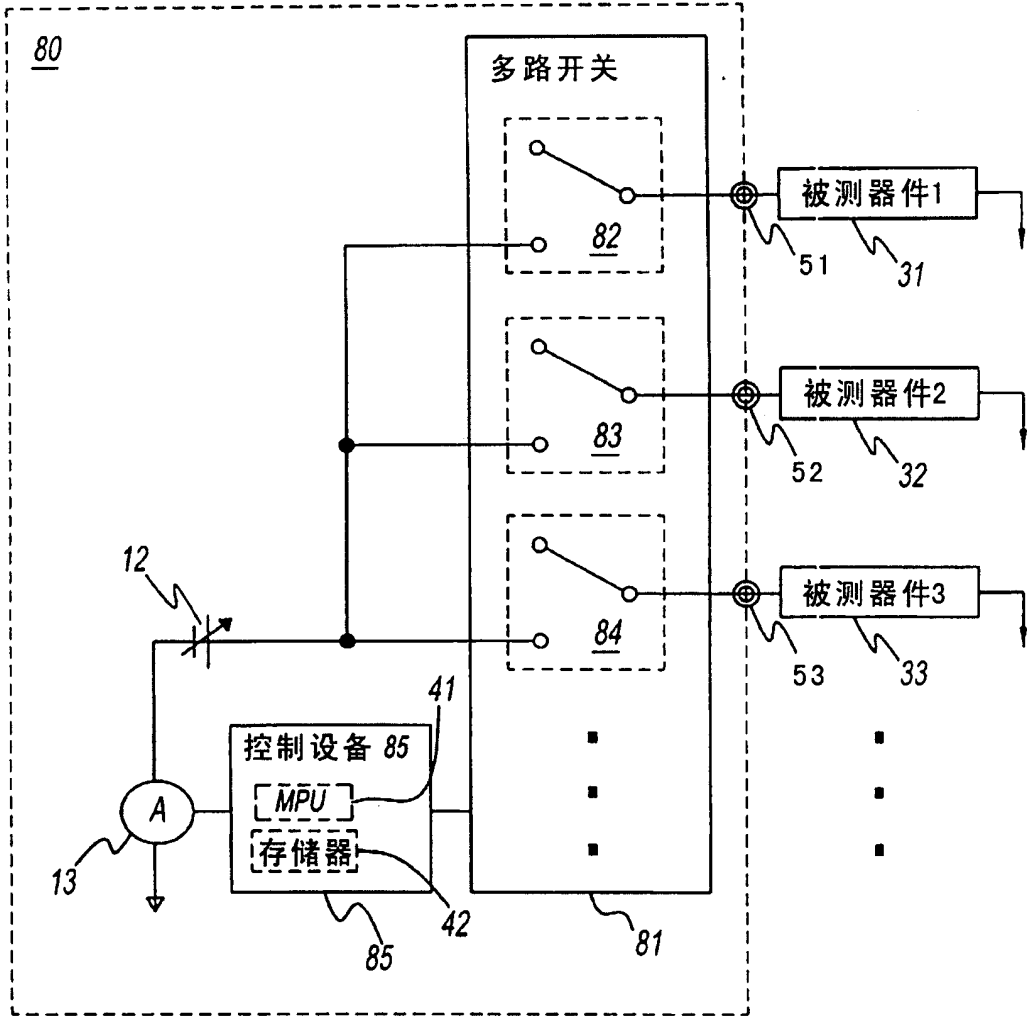


图8

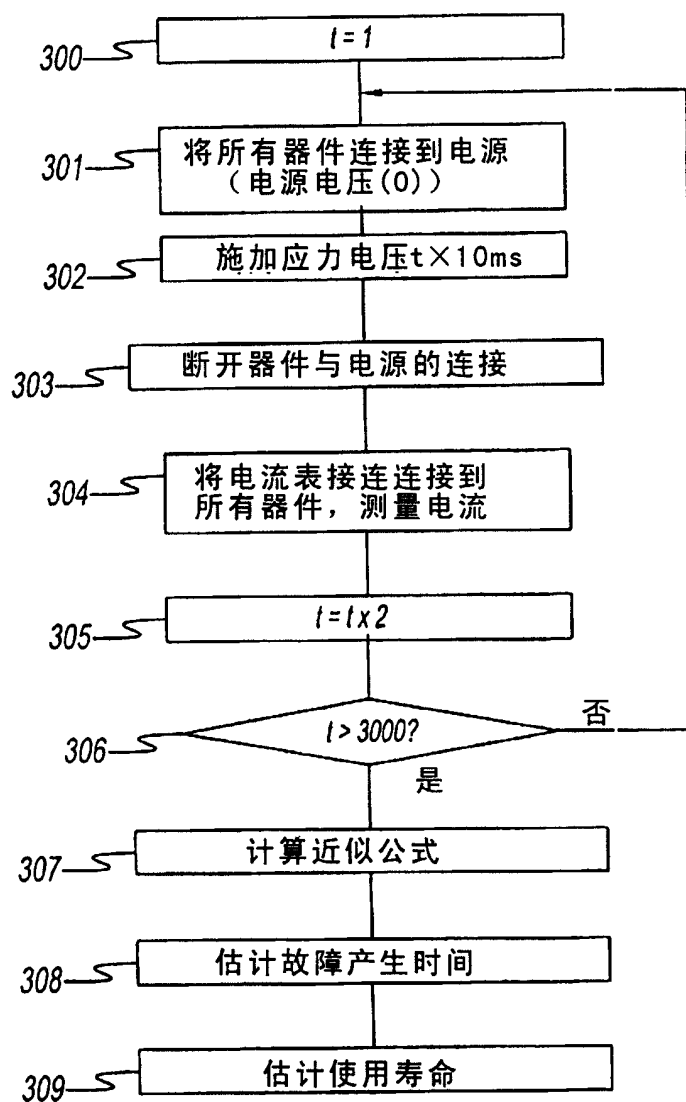


图9

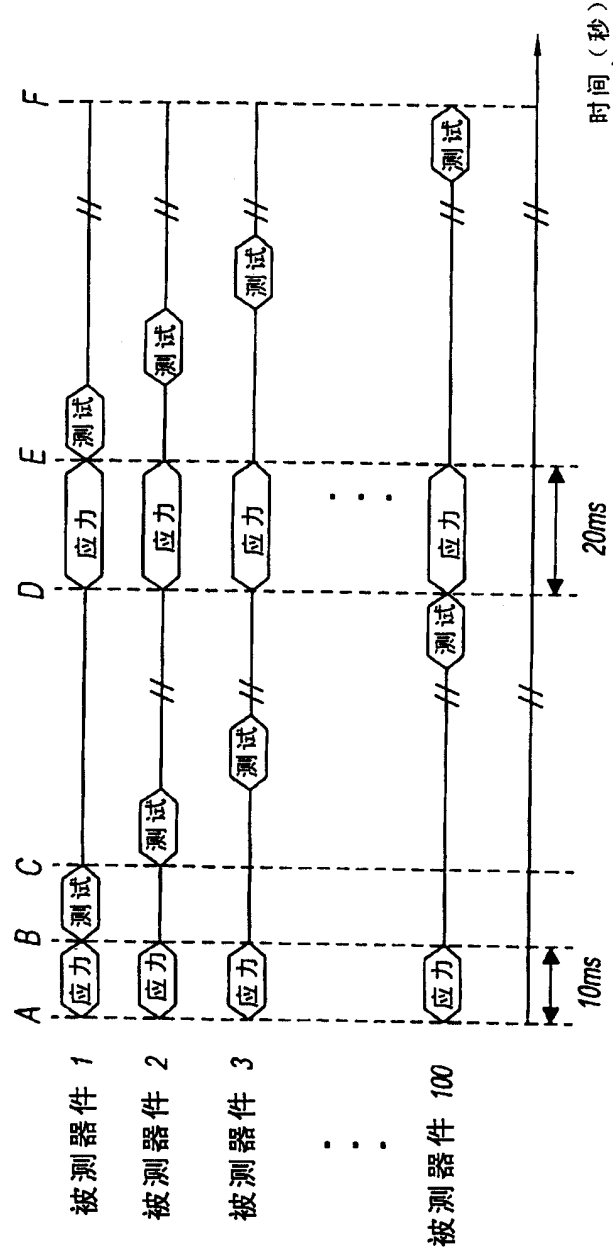


图10

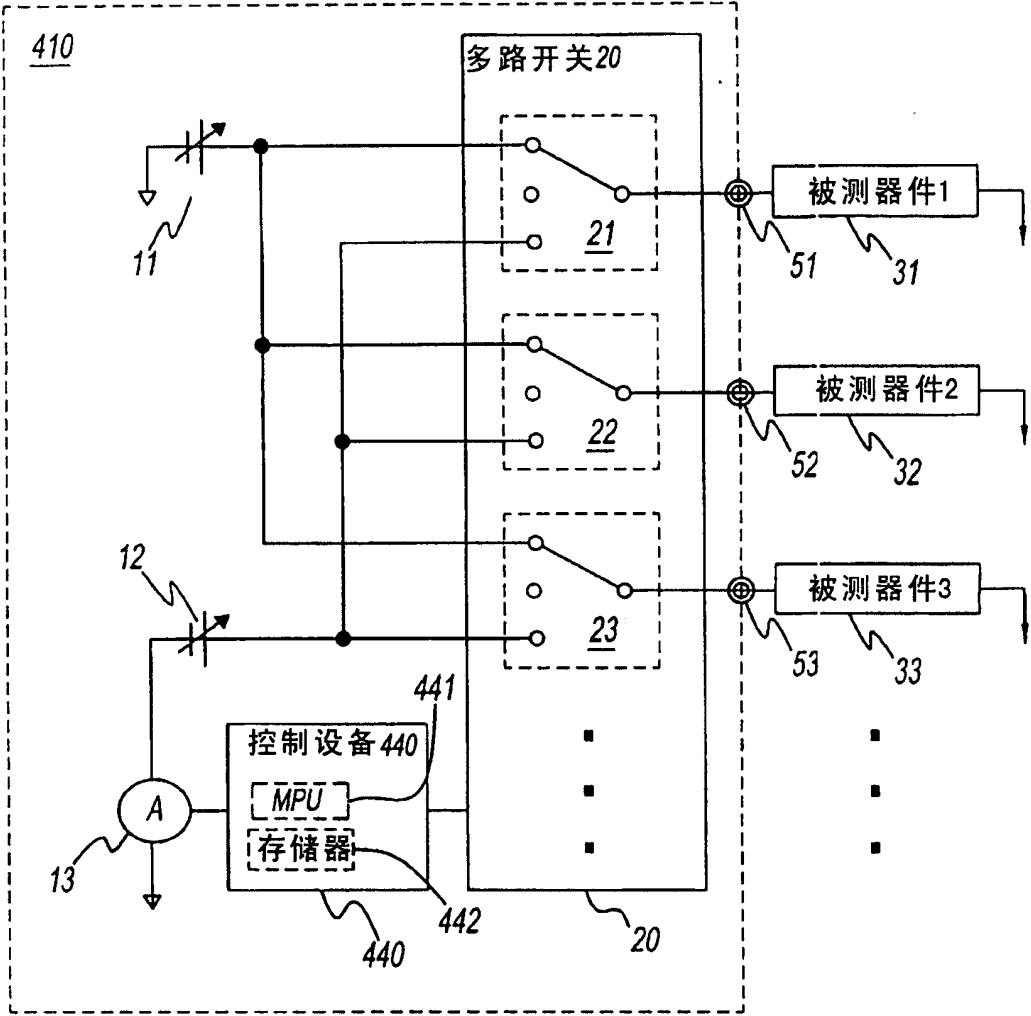


图11