



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102326204 B

(45) 授权公告日 2014. 04. 02

(21) 申请号 201080008973. X

(22) 申请日 2010. 02. 22

(30) 优先权数据

12/390, 006 2009. 02. 20 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 08. 19

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2010/024928 2010. 02. 22

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/096768 EN 2010. 08. 26

(73) 专利权人 希捷科技有限公司

地址 美国明尼苏达州

(72) 发明人 Y·郑 Y·陈 王小斌 Z·高

D·季米特洛夫 朱文忠 Y·陆

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 钱慰民

(51) Int. Cl.

G11C 11/16(2006. 01)

(56) 对比文件

EP 1553601 A2, 2005. 07. 13, 全文.

US 2006/0092734 A1, 2006. 05. 04, 全文.

US 2008/0247222 A1, 2008. 10. 09, 全文.

CN 101297371 A, 2008. 10. 29, 全文.

审查员 宁如花

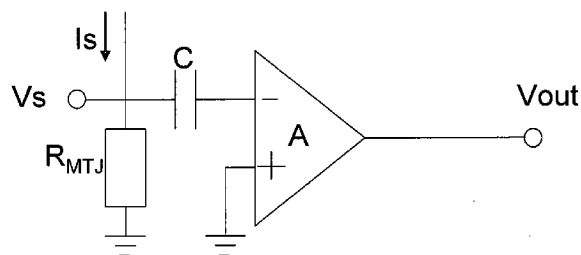
权利要求书2页 说明书6页 附图7页

(54) 发明名称

自旋转移转矩存储器自基准读取方法

(57) 摘要

披露一种自基准读取磁性隧道结数据单元方法。该示例性方法包括跨磁性隧道结数据单元地施加读取电压并形成读取电流。磁性隧道结数据单元具有第一阻态。该读取电压足以切换磁性隧道结数据单元阻抗。该方法包括检测读取电流并判断在施加步骤期间读取电流是否保持恒定。如果读取电流在施加步骤期间保持恒定,则磁性隧道结数据单元的第一阻态是读取电压足以将磁性隧道结数据单元切换至的阻抗状态。



1. 一种自基准读取磁性隧道结数据单元的方法,包括:

在磁性隧道结数据单元上施加读取电压并形成读取电流,所述磁性隧道结数据单元具有初始阻态,所述读取电压足以将所述磁性隧道结数据单元阻态切换至目标阻态;

检测所述读取电流;以及

判断所述读取电流在所述施加步骤期间是否保持恒定,并且

如果所述读取电流在所述施加步骤期间保持恒定,则所述磁性隧道结数据单元的初始阻态就是所述读取电压足以将所述磁性隧道结数据单元切换至的所述目标阻态,以及

如果所述读取电流在所述施加步骤期间改变,则将所述初始阻态回写至所述磁性隧道结数据单元。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述施加步骤具有 0.1-50 纳秒范围内的时长。

3. 如权利要求 2 所述的方法,其特征在于,所述施加步骤具有 0.1-25 纳秒范围内的时长。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述读取电压足以将所述磁性隧道结数据单元从高阻态切换至低阻态,并且所述初始阻态是低阻态。

5. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述读取电压足以将所述磁性隧道结数据单元从低阻态切换至高阻态,并且所述初始阻态是高阻态。

6. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,还包括判断所述读取电流是否在所述施加步骤期间增加,并且如果所述读取电流在所述施加步骤期间增加,则所述磁性隧道结数据单元的初始阻态是高阻态。

7. 如权利要求 6 所述的方法,其特征在于,还包括将高阻态回写至所述磁性隧道结数据单元。

8. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,还包括判断所述读取电流是否在所述施加步骤期间减小,并且如果所述读取电流在所述施加步骤期间减小,则所述磁性隧道结数据单元的初始阻态是低阻态。

9. 如权利要求 8 所述的方法,其特征在于,还包括将低阻态回写至所述磁性隧道结数据单元。

10. 一种自基准读取磁性隧道结数据单元的方法,包括:

在磁性隧道结数据单元上施加读取电流并形成读取电压,所述磁性隧道结数据单元具有初始阻态,所述读取电流足以将所述磁性隧道结数据单元阻态切换至目标阻态;

检测所述读取电压;以及

判断所述读取电压在所述施加步骤期间是否保持恒定,并且如果所述读取电压在所述施加步骤期间保持恒定,则所述磁性隧道结数据单元的初始阻态就是所述读取电流足以将所述磁性隧道结数据单元切换至的目标阻态,以及

如果所述读取电流在所述施加步骤期间改变,则将所述初始阻态回写至所述磁性隧道结数据单元。

11. 如权利要求 10 所述的方法,其特征在于,所述施加步骤具有 0.1-50 纳秒范围内的时长。

12. 如权利要求 10 所述的方法,其特征在于,所述读取电流足以将所述磁性隧道结数

据单元从高阻态切换至低阻态,并且所述初始阻态是低阻态。

13. 如权利要求 10 所述的方法,其特征在于,所述读取电流足以将所述磁性隧道结数据单元从低阻态切换至高阻态,并且所述初始阻态是高阻态。

14. 如权利要求 10 所述的方法,其特征在于,还包括判断所述读取电压是否在所述施加步骤期间减小,并且如果所述读取电压在所述施加步骤期间减小,则所述磁性隧道结数据单元的初始阻态是高阻态。

15. 如权利要求 14 所述的方法,其特征在于,所述读取电压的减小超过 100mV。

16. 如权利要求 14 所述的方法,其特征在于,还包括将高阻态回写至所述磁性隧道结数据单元。

17. 如权利要求 10 所述的方法,其特征在于,还包括判断所述读取电压是否在所述施加步骤期间增加,并且如果所述读取电压在所述施加步骤期间增加,则所述磁性隧道结数据单元的初始阻态是低阻态。

18. 如权利要求 17 所述的方法,其特征在于,还包括将低阻态回写至所述磁性隧道结数据单元。

19. 一种磁性存储装置,包括:

磁性隧道结数据单元,一旦施加自旋极化切换电流,所述磁性隧道结数据单元即可在高阻数据态和低阻数据态之间切换;

切换电流或电压源,所述切换电流或电压源电连接于所述磁性隧道结数据单元;以及

电压或电流差示器,所述电压或电流差示器电耦合于磁性隧道结数据单元以当切换电流或电压施加于磁性隧道结数据单元时检测小于 50 纳秒的时间间隔内的读取电流和读取电压变化。

20. 如权利要求 19 所述的磁性存储装置,其特征在于,所述电压或电流差示器检测小于 10 纳秒时间间隔内的读取电流或读取电压变化。

自旋转移转矩存储器自基准读取方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求 2008 年 11 月 5 日提交的美国临时专利申请 No. 61/111,354 的权益，其整个内容通过引用结合于此。

背景技术

[0003] 普及性计算和手持 / 通信产业的快速发展引起对大容量非易失性固态数据存储设备的爆炸式需求。闪存是一种这样的设备，但闪存具有若干缺陷，例如慢存取速度（ $\sim$ ms 写和 $\sim$ 50–100 ns 读）、有限的使用寿命（ $\sim 10^3$ – 10^4 次编程循环）以及片上系统（SoC）的集成难度。闪存（NAND 或 NOR）在 32 nm 节点及以上也面对重大的缩放（scaling）问题。

[0004] 磁阻随机存取存储器（MRAM）是非易失性和通用存储器的另一种候选。MRAM 具有非易失、快的写 / 读速度（ < 10 ns）、几乎无限的编程寿命（ $> 10^{15}$ 次循环）和零待机功率的特征。MRAM 的基本组件是磁性隧道结（MTJ）。数据存储是通过在高阻态和低阻态之间切换 MTJ 的阻抗来实现的。MRAM 通过使用电流感应的磁场来切换 MTJ 的磁化从而切换 MTJ 阻抗。随着 MTJ 尺寸缩小，切换磁场幅度增大且切换变化变得更严重。

[0005] 自旋极化电流可用来诱发 MRAM 设计中的磁化切换。自旋转移转矩 RAM（STRAM）使用流过 MTJ 的（双向）电流以实现阻抗切换。STRAM 的切换机构是局部约束的并且相信 STRAM 具有比传统 MRAM 更好的缩放特性。然而，读取 STRAM 单元随着单元减小而受到挑战。

发明内容

[0006] 本公开涉及自旋转移转矩随机存取存储器自基准读操作以及执行该操作的装置。具体地说，本公开涉及自旋转移转矩随机存取存储器自基准读操作。

[0007] 一种读取磁性隧道结数据单元的示例性方法包括在磁性隧道结数据单元上施加读取电压并形成读取电流。磁性隧道结数据单元具有初始阻态。读取电压足以将磁性隧道结数据单元阻态切换至目标阻态。该方法包括检测读取电流并确定在施加步骤期间读取电流是否保持恒定。如果读取电流在施加步骤期间保持恒定，则磁性隧道结数据单元的初始阻态就是读取电压足以将磁性隧道结数据单元切换至的目标阻态。

[0008] 自基准读取磁性隧道结数据单元的另一示例性方法包括在磁性隧道结数据单元上施加读取电流并形成读取电压。磁性隧道结数据单元具有初始阻态。读取电流足以将磁性隧道结数据单元阻态切换至目标阻态。该方法包括检测读取电压并确定在施加步骤期间读取电压是否保持恒定。如果读取电压在施加步骤期间保持恒定，则磁性隧道结数据单元的初始阻态就是读取电流足以将磁性隧道结数据单元切换至的目标阻态。

[0009] 另一实施例包括磁性存储装置，该磁性存储装置具有：一旦施加自旋极化切换电流就可在高阻数据状态和低阻数据状态之间切换的磁性隧道结数据单元；以及电连接于磁性隧道结数据单元的切换电流或电压源。电压或电流差示器电耦合于磁性隧道结数据单元以当切换电流或电压施加于磁性隧道结数据单元时检测小于 50 纳秒的时间间隔内读取电流和读取电压的变化。

附图说明

[0010] 考虑下面与附图相结合的本公开的各实施例的详细描述,可以更加全面地理解本公开:

[0011] 图 1 是处于低阻态的示例性自旋转移转矩 MTJ 存储单元的横截面示意图;

[0012] 图 2 是处于高阻态的另一自旋转移转矩 MTJ 存储单元的横截面示意图;

[0013] 图 3 是自旋转移转矩 MTJ 存储单元的示意性电路图;

[0014] 图 4 是示例性自旋转移转矩 MTJ 存储器读取检测装置的示意性电路图;

[0015] 图 5 是图 5 所示的读取检测装置的示例性详细信号时序图;

[0016] 图 6 是自旋转移转矩 MTJ 存储单元的静态 R-V(阻抗-电压)曲线图,其中阻态从高阻态切换至低阻态;

[0017] 图 7 是当自旋转移转矩 MTJ 存储单元处于高阻态时在高至低阻态切换电压下的读取电流检测的示例性详细信号时序图;

[0018] 图 8 是当自旋转移转矩 MTJ 存储单元处于低阻态时在高至低阻态切换电压下的读取电流检测的示例性详细信号时序图;

[0019] 图 9 是自旋转移转矩 MTJ 存储单元的静态 R-I(阻抗-电流)曲线图,其中阻态从高阻态切换至低阻态;

[0020] 图 10 是当自旋转移转矩 MTJ 存储单元处于高阻态时在高至低阻态切换电压下的读取电流检测的示例性详细信号时序图;

[0021] 图 11 是当自旋转移转矩 MTJ 存储单元处于低阻态时在高至低阻态切换电压下的读取电流检测的示例性详细信号时序图;

[0022] 图 12A 是当施加足以将 MTJ 从高阻态切换至低阻态的电压时感测读取电流的示例性自基准读取方法的流程图;

[0023] 图 12B 是当施加足以将 MTJ 从低阻态切换至高阻态的电压时感测读取电流的示例性自基准读取方法的流程图;以及

[0024] 图 13 是感测读取电压的示例性自基准读取方法的流程图。

[0025] 各附图不一定按比例绘制。附图中使用的类似附图标记表示类似组件。然而,应该理解,使用附图标记指代给定附图中的某个组件并不对其它附图中用相同附图标记标示的组件构成限制。

具体实施方式

[0026] 在以下说明书中,参照构成说明书一部分并以示例方式示出若干特定实施例的一组附图。应该理解,可以构想出其它实施例,但不脱离本公开的范围或精神。因此,下面的详细说明不应理解为限定。本文提供的定义是为了便于本文频繁使用的某些术语的理解并且不旨在限定本公开的范围。

[0027] 除非另行指定,在说明书和权利要求书中使用的表示特征尺寸、量和物理特性的全部数字应当理解为在任何情形下都可由术语“大约”进行修饰。因此,除非明示相反情形,否则前述说明书和所附权利要求书中阐述的数值参数是近似值,这些近似值可根据由本领域内技术人员尝试利用本文披露的教示获得的所需特性而改变。

[0028] 通过端点对数值范围的列举包括包容在该范围内的全部数值（例如 1-5 包括 1、1.5、2、2.75、3、3.80、4 和 5）以及该范围内的任一范围。

[0029] 如本说明书以及所附权利要求书中所使用地，单数形式的“一”、“一个”以及“该”涵盖具有复数对象的实施方式，除非上下文明确地指出其它情形。如说明书和所附权利要求书中使用地，术语“或”通常用于包括“和 / 或”的语境中，除非内容明确地指出相反情形。

[0030] 本公开涉及自旋转移转矩存储装置和自基准读取方法。尤其，本公开涉及用于确定自旋转移转矩存储单元是否具有高阻态或低阻态数据状态的自基准读取方法。在许多实施例中，足以切换磁性隧道结数据单元的阻态的读取电流或读取电压被施加于磁性隧道结数据单元。检测结果得到的读取电压或电流并且如果检测到电压或电流上跳或下落，则将磁性隧道结数据单元的阻态确定为读取电流或读取电压足以将磁性隧道结切换至的相反数据状态。如果结果得到的读取电流或结果得到的读取电压保持恒定，则将磁性隧道结数据单元的阻态确定为读取电流或读取电压足以将磁性隧道结切换至的数据状态。如果检测到结果得到的读取电压或结果得到的读取电流上跳或下落，则回写操作将磁性隧道结数据单元返回至其最初阻性数据状态。所披露的方法提供大的可用检测信号和快的读取速度。尽管本公开并非局限于此，然而本公开各个方面的理解可通过下面提供的示例阐述而获得。

[0031] 图 1 是低阻态下的示例性自旋转移转矩 MTJ 存储单元 10 的横截面示意图，而图 2 是高阻态下的另一自旋转移转矩 MTJ 存储单元 10 的横截面示意图。磁性隧道结 (MTJ) 存储单元 10 包括铁磁体自由层 12 和铁磁体基准（即限定的）层 14。铁磁体自由层 12 和铁磁体基准层 14 由氧化物阻挡层 13 或隧道层分隔。第一电极 15 与铁磁体自由层 12 电接触，而第二电极 16 与铁磁体基准层 14 电接触。铁磁体层 12、14 可由例如铁、钴、镍的任何有用的铁磁体 (FM) 合金制成，而绝缘阻挡层 13 可由例如氧化物材料（例如 Al₂O₃ 或 MgO）的电绝缘材料制成。也可使用其它适合的材料。

[0032] 电极 15、16 将铁磁体层 12、14 电连接于提供流过铁磁体层 12、14 的读 / 写电流的控制电路。跨自旋转移转矩 MTJ 存储单元 10 的阻抗由铁磁体层 12、14 的磁化矢量的相对方向或磁化方向确定。铁磁体基准层 14 的磁化方向被限定在一预定方向而铁磁体自由层 12 的磁化方向在自旋转矩的影响下是自由旋转的。铁磁体基准层 14 的限定可通过例如使用与诸如 PtMn、IrMn 及其它的反铁磁规则材料交换偏磁来实现。基准磁性层 14 可以是单个铁磁体层，或可包括多个层，例如一对铁磁性耦合的铁磁体层、反铁磁体限定层以及铁磁性限定层、合成反铁磁体或具有反铁磁体层的合成反铁磁体。

[0033] 图 1 示出低阻态下的自旋转移转矩 MTJ 存储单元 10，其中铁磁体自由层 12 的磁化方向是平行的并处于与铁磁体基准层 14 磁化方向相同的方向。这被命名为低阻态或“0”数据状态。图 2 示出高阻态下的自旋转移转矩 MTJ 存储单元 10，其中铁磁体自由层 12 的磁化方向是反平行的并在与铁磁体基准层 14 的磁化方向相反的方向上。这被命名为高阻态或“1”数据状态。

[0034] 当流过 MTJ 存储单元 10 的磁性层的电流变为自旋极化的并损害到 MTJ10 的铁磁体自由层 12 上的自旋转矩时，通过自旋转移切换阻态并因此切换 MTJ 存储单元 10 的数据状态。当将充分的自旋转矩施加于铁磁体自由层 12 时，铁磁体自由层 12 的磁化方向可在两相反方向之间切换并因此 MTJ10 可在平行状态（即低阻态或“0”数据状态）和反平行状

态（例如高阻态或“1”数据状态）之间切换，这取决于电流的方向。

[0035] 示例性自旋转移转矩 MTJ 存储单元 10 可用来构建包含多个 MTJ 存储单元的存储设备，其中通过改变自由磁性层 12 相对于限定的磁性层 14 的相对磁化状态来将数据位存储在自旋转移转矩 MTJ 存储单元中。可通过测量随自由层相对于限定的磁性层的磁化方向改变的单元的阻抗而读出所存储的数据位。为使自旋转移转矩 MTJ 存储单元 10 具有非易失随机存取存储器的特性，自由层表现出对抗随机波动的热稳定性，因此自由层的方向仅当受到控制而作出这种改变时才会改变。该热稳定性可使用不同方法经由磁各向异性而获得，例如改变位大小、形状和晶体各向异性。通常来说，各向异性致使软轴和硬轴形成在薄磁性层中。硬轴和软轴是通过在该方向中完全旋转（饱和）磁化方向所需的通常以磁场形式的外部能量的幅度定义的，其中硬轴需要较高的饱和磁场。

[0036] 图 3 是示例性自旋转移转矩 MTJ 存储单元 MTJ 的示意图。自旋转移转矩 MTJ 存储单元 MTJ 串联地电连接于晶体管，例如 NMOS 晶体管。自旋转移转矩 MTJ 存储单元 MTJ 的相对侧电连接于位线 BL。晶体管电耦合于源极线 SL 和字线 WL。MTJ 在电路示意图中可模型化为可变阻抗，如图 3 所示。

[0037] 图 4 是用于检测在本文所述的读操作期间的电压（或电流）上跳或下落的示例性自旋转移转矩 MTJ 存储装置的示意性电路图。检测电路可描述为差分器。磁性隧道结数据单元 R_{MTJ} （如前所述）电连接于电流源 I_s （或电压源 V_s ），而电容器 C 电连接在磁性隧道结数据单元 R_{MTJ} 和感测放大器 A 之间。感测放大器 A 提供电压输出 V_{OUT} 。电压变化可通过差分器检测出。图 5 示出一示例性详细信号。

[0038] 图 5 示出恒流源 I_s 的施加以及相应的结果得到的电压降 V_s 。电压输出 V_{OUT} 表现出三个电压尖峰。利用时钟 CLOCK 去除不想要的初始和最末电压尖峰（在信号检测开始和结束时）。结果得到的电压输出 V_{OUT1} 表示由于磁性隧道结数据单元 R_{MTJ} 切换阻态（在本例中从高阻态至低阻态）引起的电压降。因此，读操作指示磁性隧道结数据单元 R_{MTJ} 处于高阻态。随后可执行回写操作以使磁性隧道结数据单元 R_{MTJ} 返回至初始的高阻态。

[0039] 图 6 是自旋转移转矩 MTJ 存储器单元的静态 R-V（阻抗-电压）曲线图，其中阻态从高阻态切换至低阻态；当将正电压施加在图 1 或图 2 的第二电极 16 上时，MTJ10 进入图 6 的正施加电压区并从高阻态（图 2）切换至低阻态（图 1）。当将正电压施加在图 1 或图 2 的第一电极 15 上时，MTJ10 进入图 6 的负施加电压区并从低阻态（图 1）切换至高阻态（图 2）。MTJ 的阻抗从低阻态（图 1）切换至高阻态（图 2）。

[0040] 图 7 是当自旋转移转矩 MTJ 存储单元处于高阻态时在高至低阻态切换电压下的读取电流检测的示例性详细信号时序图。图 8 是当自旋转移转矩 MTJ 存储单元处于低阻态时在高至低阻态切换电压下的读取电流检测的示例性详细信号时序图。

[0041] 读取电压 V_s 是跨磁性隧道结数据单元或自旋转移力矩 MTJ 存储单元施加的。读取电压 V_s 等于或大于足以切换磁性隧道结数据单元的数据阻态（在本例中从高阻态切换至低阻态）的临界电压。施加读取电压 V_s 长达 0.1-50 纳秒的时长，或 0.1-25 纳秒或 0.1-10 纳秒的时长。由此读操作是高速的操作。在电压脉冲期间，检测流过磁性隧道结数据单元的结果（或感测的）读取电流 I_s ，如图 7 和图 8 所示。图 7 示出在高阻态 R1 下并切换至低阻态 R0 时的磁性隧道结数据单元。感测读取电流 I_s 上跳（增大）发生在读操作期间。图 8 示出处于低阻态 R0 的磁性隧道结数据单元。感测的读取电流 I_s 在读操作期间保持恒

定。在其它实施例中,读取电压等于或大于足以从低阻态至高阻态地切换磁性隧道结数据单元的数据阻态的临界电压。

[0042] 图 9 是自旋转移转矩 MTJ 存储单元的静态 R-I (阻抗-电流) 曲线图,其中阻态从高阻态切换至低阻态。图 10 是当自旋转移转矩 MTJ 存储单元处于高阻态时在高至低阻态切换电流下的读取电压检测的示例性详细信号时序图。图 11 是当自旋转移转矩 MTJ 存储单元处于低阻态时在高至低阻态切换电流下的读取电压检测的示例性详细信号时序图。

[0043] 读取电流 I_s 是跨磁性隧道结数据单元或自旋转移转矩 MTJ 存储单元施加的。读取电流 I_s 等于或大于足以切换磁性隧道结数据单元的数据阻态 (在本例中从高阻态切换至低阻态) 的临界电流。施加读取电流 I_s 长达 0.1-50 纳秒的时长,或 0.1-25 纳秒或 0.1-10 纳秒的时长。因此读操作是高速的操作。在电流脉冲期间,检测流过磁性隧道结数据单元的结果 (或感测的) 读取电压 V_s ,如图 10 和图 11 所示。图 10 示出在高阻态 R_1 下并切换至低阻态 R_0 时的磁性隧道结数据单元。感测到的读取电压 V_s 下落 (减小) 发生在该读操作期间。在许多实施例中,电压变化可以是 100mV 或更大。图 11 示出在低阻态 R_0 下的磁性隧道结数据单元。感测的读取电压 V_s 在读操作期间保持恒定。在其它实施例中,读取电流等于或大于足以从低阻态至高阻态地切换磁性隧道结数据单元的数据阻态的临界电流。

[0044] 图 12A 是当施加足以将 MTJ 从高阻态切换至低阻态的电压时感测读取电流的示例性自基准读取方法的流程图。该方法包括在方框 M1 跨磁性隧道结数据单元地施加读取电压并形成读取电流。具有第一阻态的磁性隧道结数据单元和读取电压足以切换磁性隧道结数据单元阻抗 (在本例中,从高阻态至低阻态)。在方框 M2,检测到读取电流。然后,该方法包括在方框 C3 判断读取电流在施加步骤期间是否保持恒定。如果读取电流在施加步骤期间保持恒定,则在方框 D2 磁性隧道结数据单元的第一阻态是读取电压足以将磁性隧道结数据单元切换至的阻态 (在本例中为低阻态)。如果读取电流改变 (在本例中增加),则在方框 D1,第一阻态是相反的阻态 (在本例中为高阻态),而在方框 M3,高阻态被回写至磁性隧道结数据单元。

[0045] 图 12B 是当施加足以将 MTJ 从低阻态切换至高阻态的电压时感测读取电流的示例性自基准读取方法的流程图。该方法包括在方框 M4 跨磁性隧道结数据单元地施加读取电压并形成读取电流。具有第一阻态的磁性隧道结数据单元和读取电压足以切换磁性隧道结数据单元阻抗 (在本例中,从低阻态至高阻态)。在方框 M5,检测到读取电流。然后,该方法包括在方框 C4 判断读取电流在施加步骤期间是否保持恒定。如果读取电流在施加步骤期间保持恒定,则在方框 D4 磁性隧道结数据单元的第一阻态是读取电压足以将磁性隧道结数据单元切换至的阻态 (在本例中为高阻态)。如果读取电流改变 (在本例中增加),则在方框 D3,第一阻态是相反的阻态 (在本例中为高阻态),而在方框 M6,低阻态被回写至磁性隧道结数据单元。

[0046] 图 13 是感测读取电压的示例性自基准读取方法的流程图。该方法包括在方框 M11 跨磁性隧道结数据单元地施加读取电流并形成读取电压。具有第一阻态的磁性隧道结数据单元和读取电流足以切换磁性隧道结数据单元阻抗 (在本例中从高阻态至低阻态)。在方框 M12,检测到读取电压。然后,该方法包括在方框 C13 判断读取电压在施加步骤期间是否保持恒定。如果读取电压在施加步骤期间保持恒定,则在方框 D12 磁性隧道结数据单元的第一阻态是读取电流足以将磁性隧道结数据单元切换至的阻态 (在本例中为低阻态)。否

则,在方框D11,第一阻态是相反的阻态(在本例中为高阻态),而在方框M13,高阻态被回写至磁性隧道结数据单元。

[0047] 在其它实施例中,读取电流足以将磁性隧道结数据单元阻抗从低阻态切换至高阻态。在这些实施例中,如果读取电压在施加步骤期间保持恒定,则磁性隧道结数据单元的第一阻态是低阻态。如果读取电压不保持恒定或改变(在本例中增加),则第一阻态是相反的阻态(在本例中为高阻态),而在方框中,高阻态被回写至磁性隧道结数据单元。由此,对自旋转移转矩存储器自基准读取方法的实施例进行了说明。上述的实现和其他实现落入所附权利要求的范围内。本领域内技术人员将理解,本公开可通过这里公开以外的其它实施方式来实现。所披露的实施例以阐述而非限定为目的给出,并且本发明仅由所附权利要求书限定。

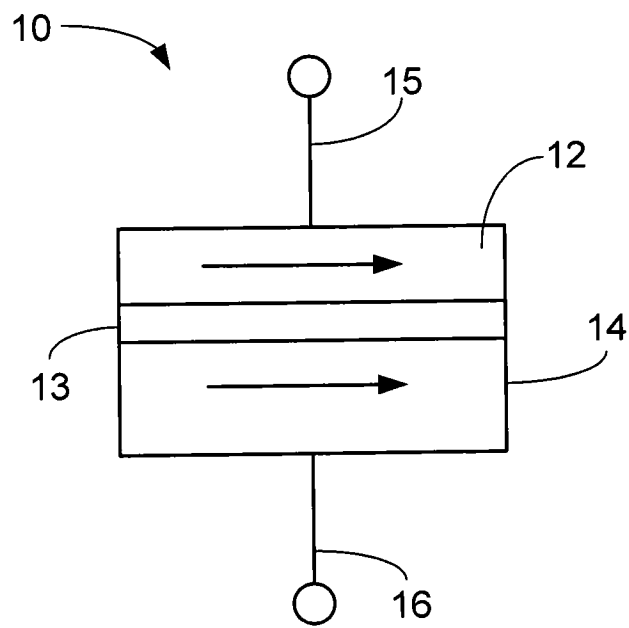


图 1

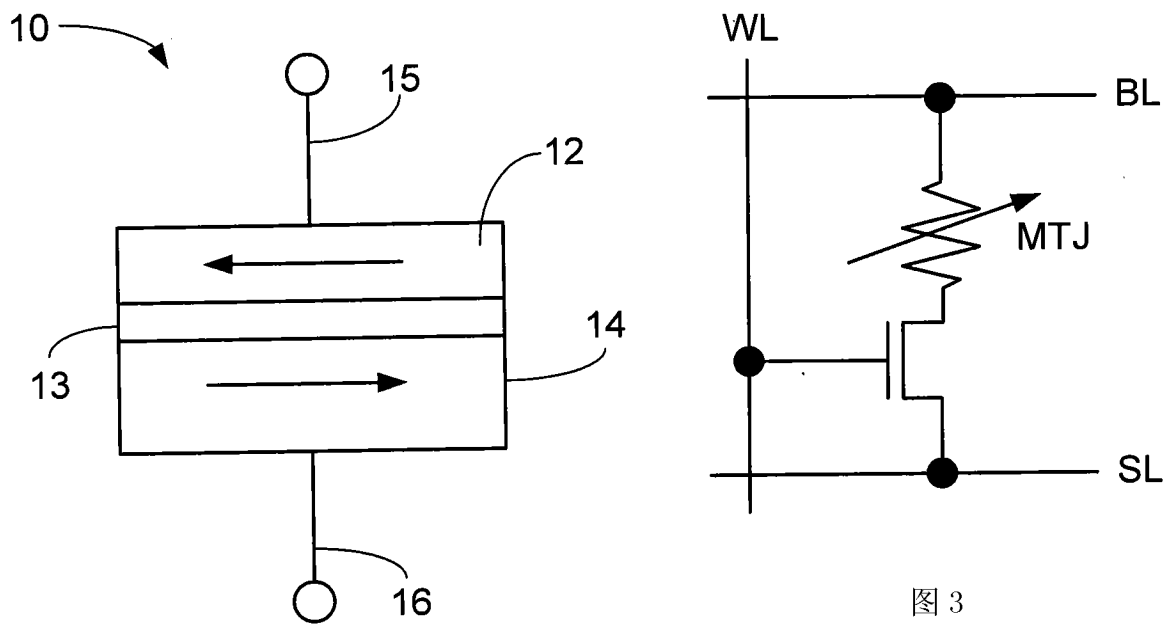


图 2

图 3

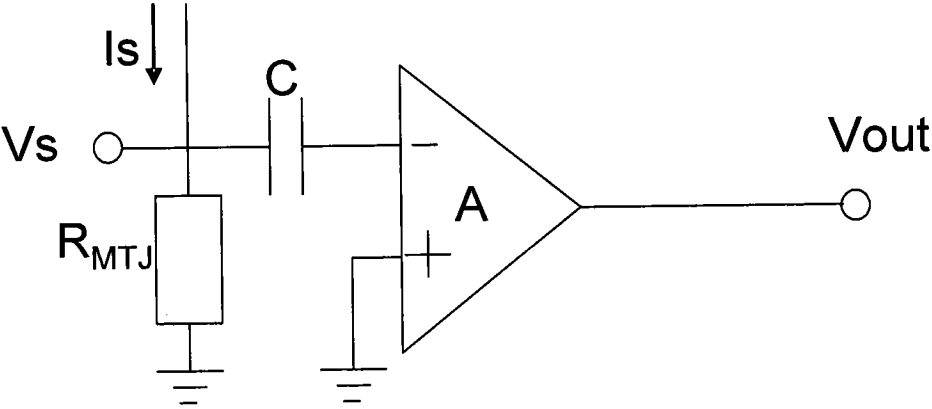


图 4

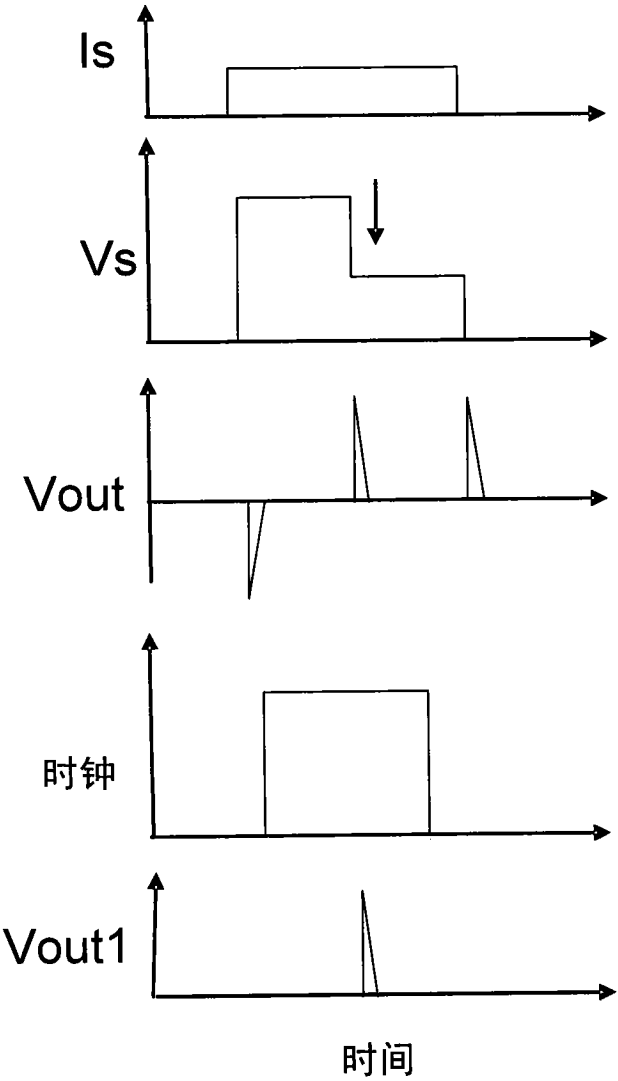


图 5

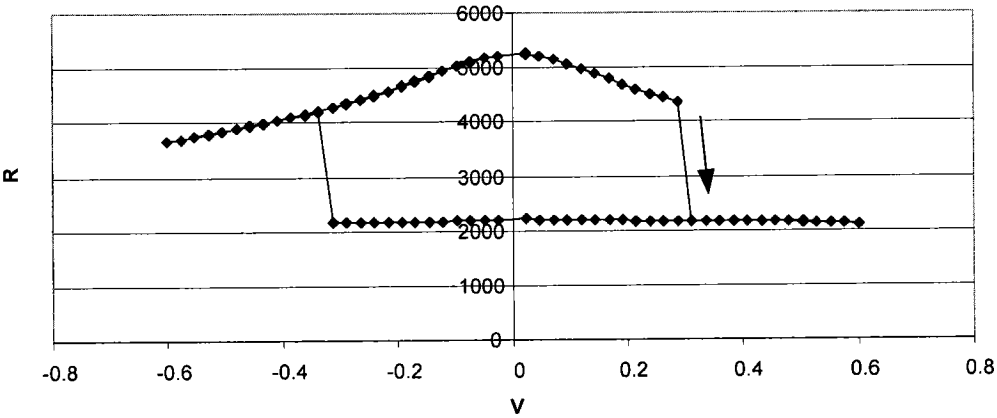


图 6

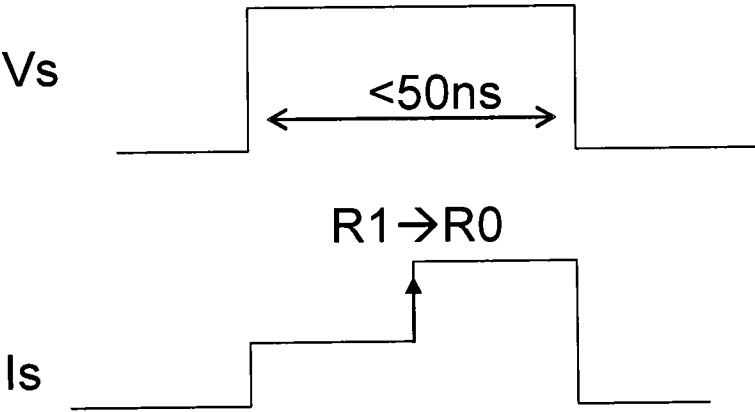


图 7

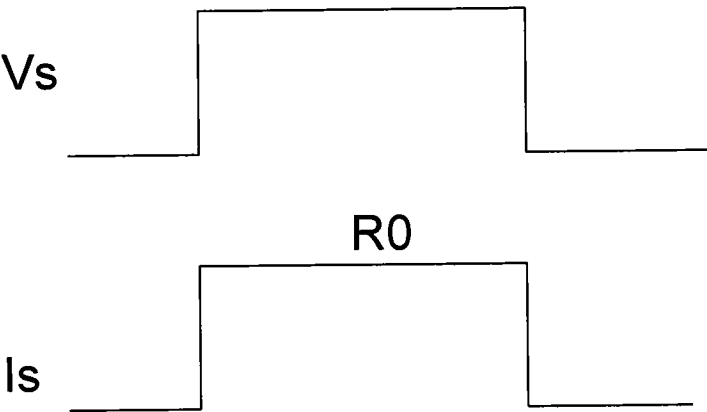


图 8

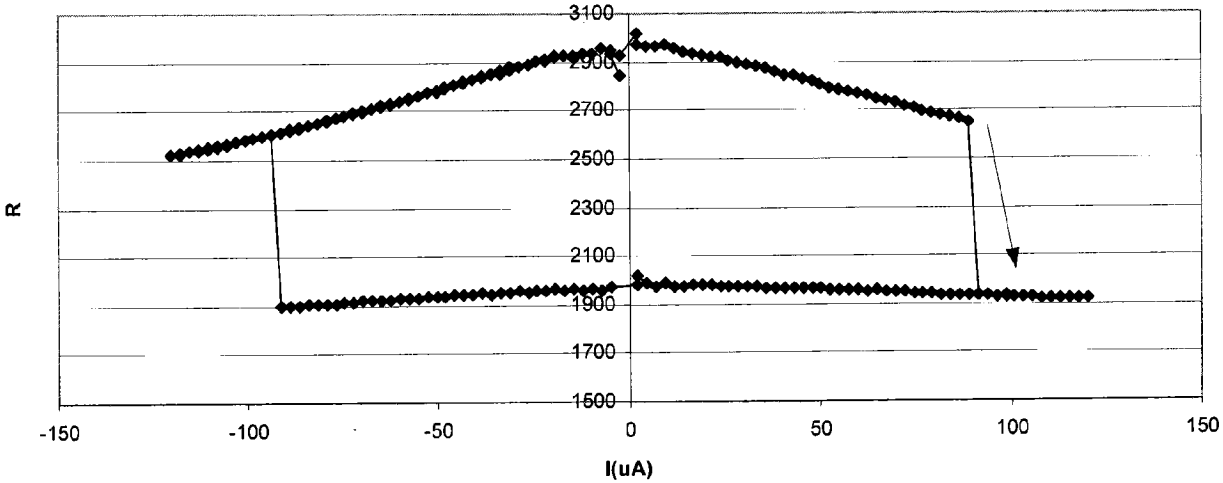


图 9

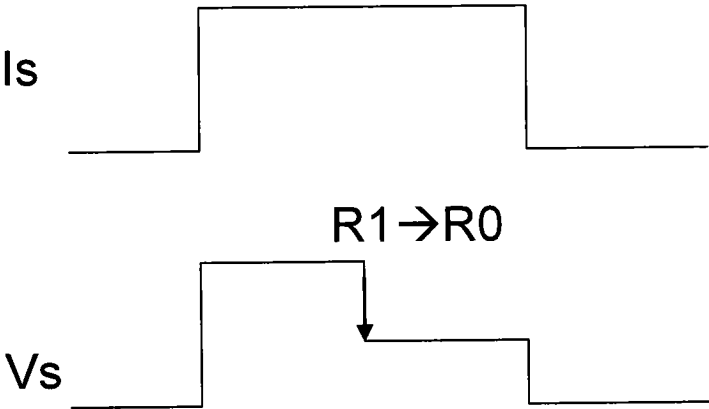


图 10

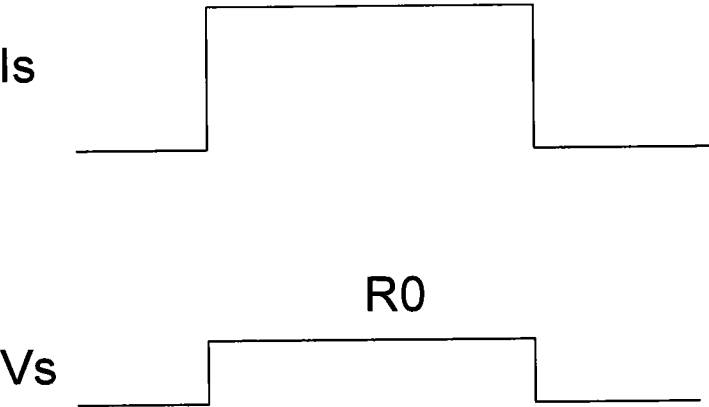


图 11

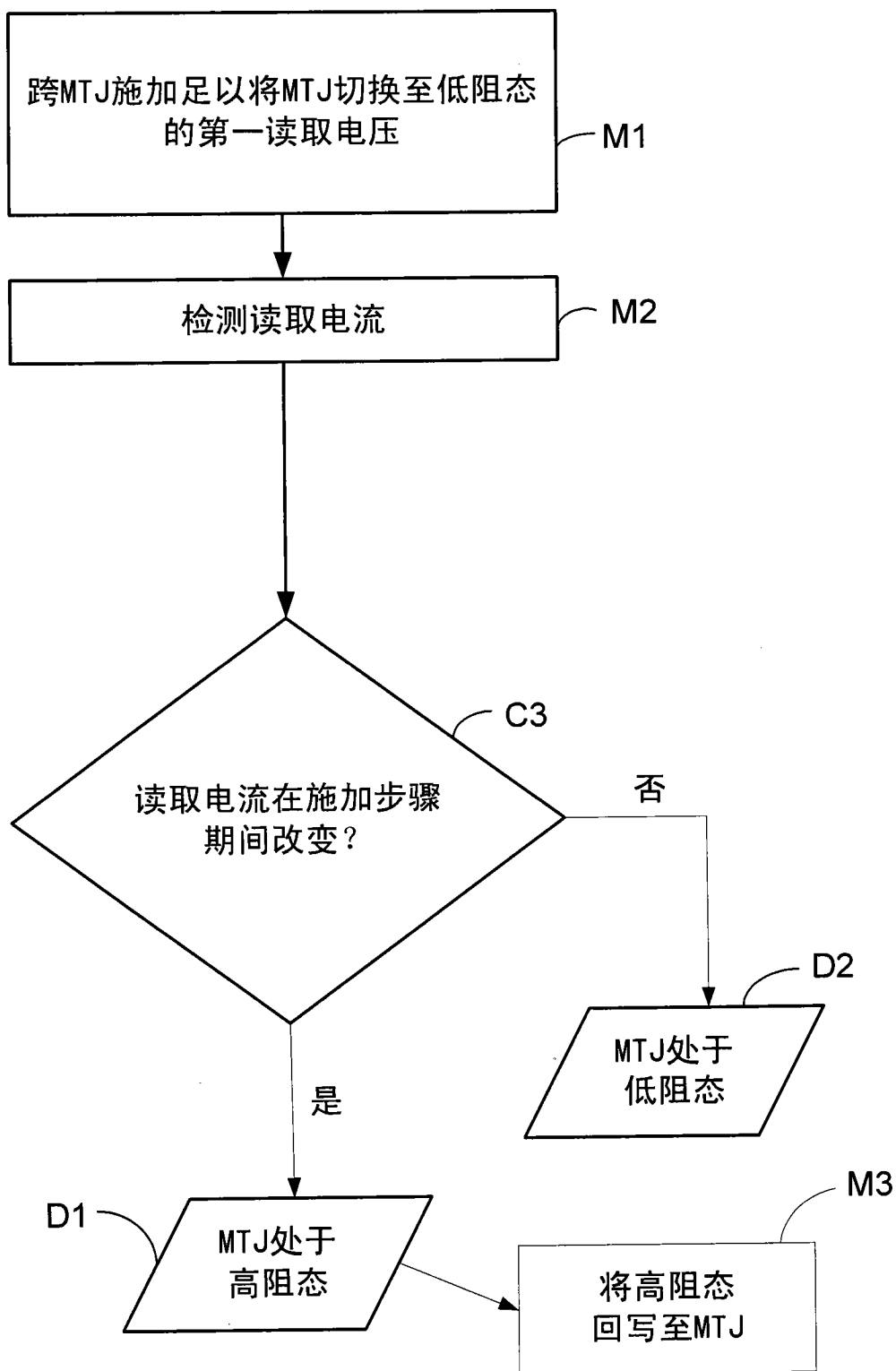


图 12A

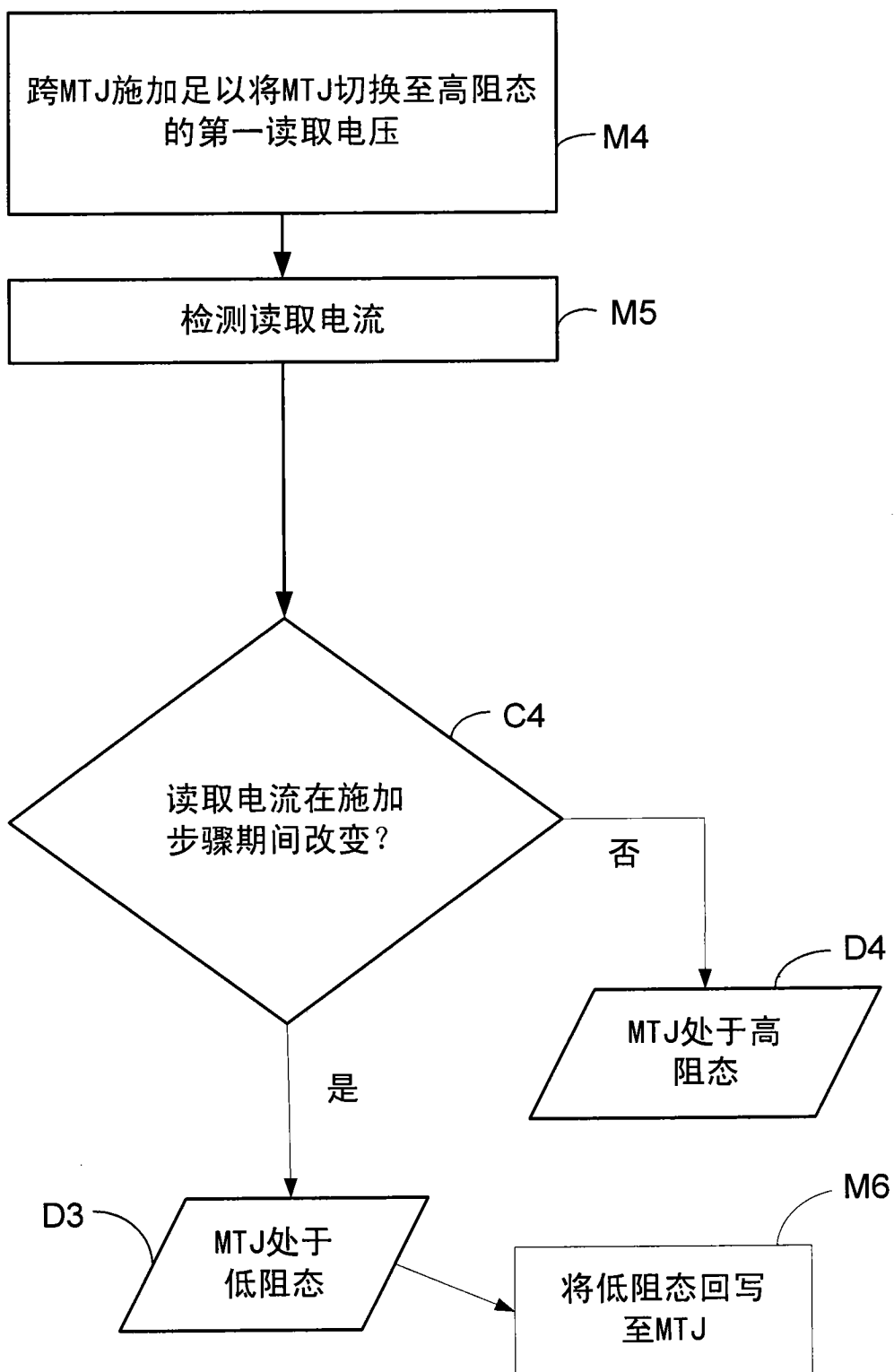


图 12B

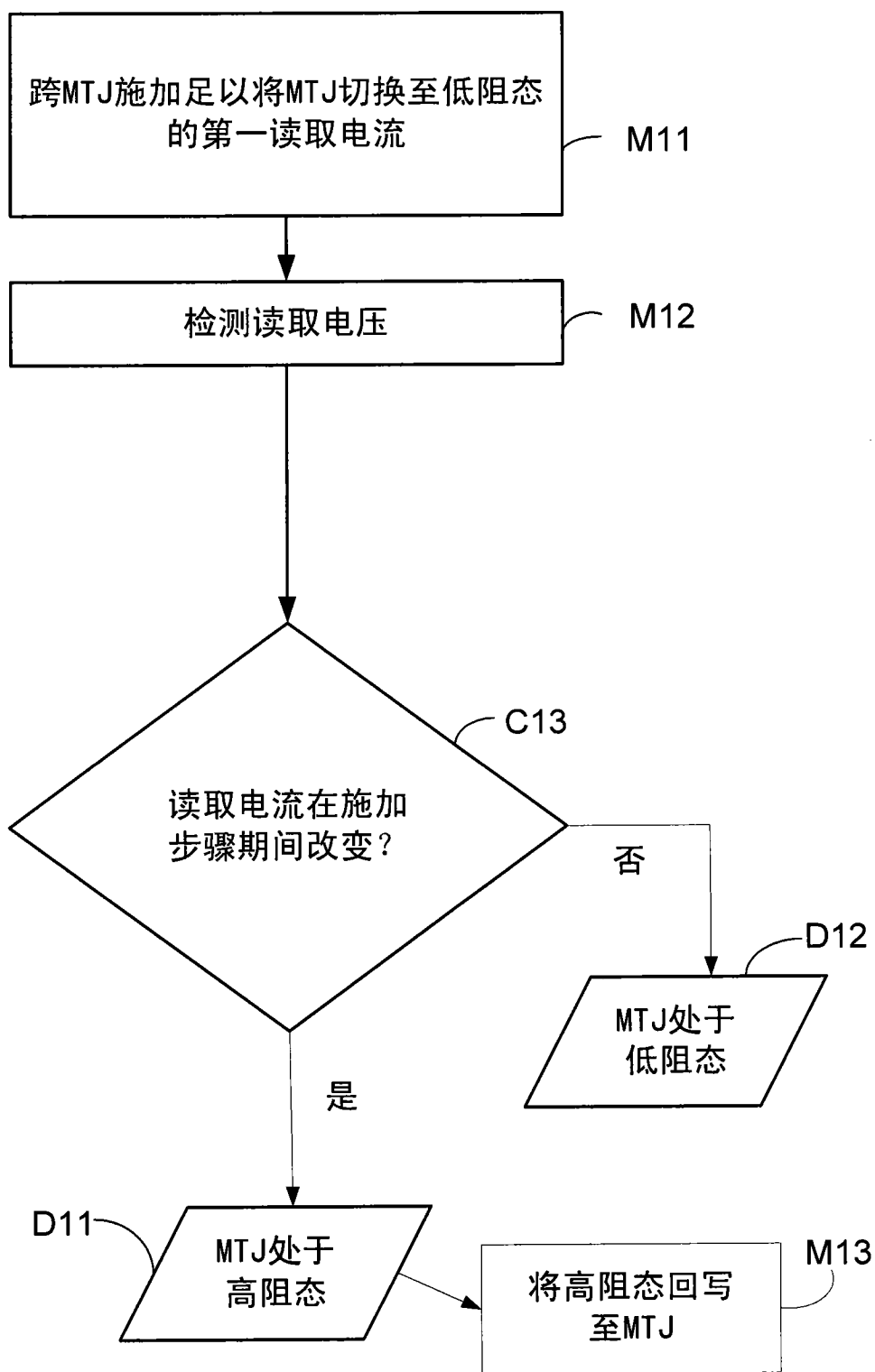


图 13