

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G11C 11/34 (2006.01)

G11C 11/56 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03808515.1

[45] 授权公告日 2009年1月7日

[11] 授权公告号 CN 100449644C

[22] 申请日 2003.2.5 [21] 申请号 03808515.1

[30] 优先权

[32] 2002.2.20 [33] US [31] 10/081,594

[86] 国际申请 PCT/US2003/003226 2003.2.5

[87] 国际公布 WO2003/073428 英 2003.9.4

[85] 进入国家阶段日期 2004.10.15

[73] 专利权人 微米技术有限公司

地址 美国爱达荷州

[72] 发明人 T·L·吉尔顿

[56] 参考文献

WO99/28914A2 1999.6.10

CN1276905A 2000.12.13

US6034882A 2000.3.7

US6084796A 2000.7.4

审查员 袁克卿

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 吴立明 张志醒

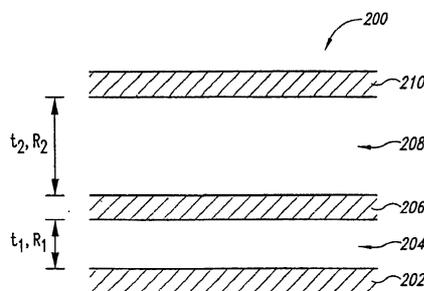
权利要求书5页 说明书6页 附图4页

[54] 发明名称

多状态存储单元和存储器设备及形成存储单元的方法

[57] 摘要

可编程多数据状态存储单元包括由第一导电材料形成的第一电极层、由第二导电材料形成的第二电极层、以及置于该第一和第二电极层之间的第一层金属掺杂硫族化物材料。该第一层提供一种媒质，其中可以形成导电生长以便将第一和第二电极层电耦合在一起。该存储单元还包括由第三导电材料形成的第三电极层，以及置于该第二和第三电极层之间的第二层金属掺杂硫族化物材料，该第二层提供一种媒质，其中可以形成导电生长以便将第二和第三电极层电耦合在一起。



1. 多状态存储单元, 包括:

由第一导电材料形成的第一电极层;

由第二导电材料形成浮置电极层的第二电极层;

置于第一和第二电极层之间的第一层金属掺杂硫族化物材料, 该第一层提供一种媒质, 其中能够形成导电生长以便将第一和第二电极层电耦合在一起;

由第三导电材料形成的第三电极层; 以及

置于第二和第三电极层之间的第二层金属掺杂硫族化物材料, 该第二层提供一种媒质, 其中能够形成导电生长以便将第二和第三电极层电耦合在一起;

其中, 所述导电生长的形成是通过在第一电极和第三电极之间制造电压差实现的。

2. 权利要求1的存储单元, 其中第一导电材料包括银材料的组成物。

3. 权利要求1的存储单元, 其中第一或第二层金属掺杂硫族化物材料中的至少一层是从包括硒化锗、硫化砷、碲化锗和硫化锗的组中选出的材料。

4. 权利要求1的存储单元, 其中第一或第二层金属掺杂硫族化物材料中的至少一层的材料包含硒化锗的组成物。

5. 权利要求1的存储单元, 其中第一、第二和第三电极的导电材料相同。

6. 权利要求1的存储单元, 其中第一层金属掺杂硫族化物材料的厚度小于第二层金属掺杂硫族化物材料的厚度。

7. 权利要求1的存储单元, 其中第二层金属掺杂硫族化物材料的厚度小于第一层金属掺杂硫族化物材料的厚度。

8. 权利要求1的存储单元, 还包括:

由第四导电材料形成的第四电极; 以及

置于第三和第四电极层之间的第三层金属掺杂硫族化物材料, 该第三层提供一种媒质, 其中能够形成导电生长以便将第三和第四电极层电耦合在一起;

9. 权利要求1的存储单元, 其中第一和第二层的金属掺杂硫族化

物材料是相同的。

10. 权利要求1的存储单元,其中第一和第二层的金属掺杂硫族化物材料包括银玻璃材料。

11. 多状态存储单元,包括:

由第一导电材料形成的第一电极层;

由第二导电材料形成浮置电极层的第二电极层;

置于第一和第二电极层之间并邻接二者的第一层金属掺杂硫族化物材料,该第一层提供一种媒质,其中能够形成导电生长以便将第一和第二电极层电耦合在一起;

由第三导电材料形成的第三电极层;

置于第二和第三电极层之间并邻接二者的第二层金属掺杂硫族化物材料,该第二层提供一种媒质,其中能够形成导电生长以便将第二和第三电极层电耦合在一起;

由第四导电材料形成的第四电极层;以及

置于第三和第四电极层之间并邻接二者的第三层金属掺杂硫族化物材料,该第三层提供一种媒质,其中能够形成导电生长以便将第三和第四电极层电耦合在一起;

其中,所述导电生长的形成是通过在第一电极和第三电极之间制造电压差实现的。

12. 权利要求11的存储单元,其中第一、第二、第三和第四电极层中的至少一层包括银材料的组成物。

13. 权利要求11的存储单元,其中第一、第二、第三和第四导电材料是相同的。

14. 权利要求11的存储单元,其中第一层金属掺杂硫族化物材料的厚度小于第二层金属掺杂硫族化物材料的厚度,并且第二层金属掺杂硫族化物材料的厚度小于第三层金属掺杂硫族化物材料的厚度。

15. 权利要求11的存储单元,其中第一、第二和第三层的金属掺杂硫族化物材料是相同的。

16. 权利要求11的存储单元,其中第一、第二或第三层中的至少一层的金属掺杂硫族化物材料包括从由硒化锗、硫化砷、碲化锗和硫化锗组成的组中选出的材料。

17. 权利要求11的存储单元,其中第一、第二或第三层中的至少

一层的金属掺杂硫族化物材料包括硒化锗的组成物。

18. 权利要求11的存储单元，其中第一电极位于第二电极下方，第二电极位于第三电极下方，且第三电极位于第四电极下方。

19. 权利要求11的存储单元，其中在施加编程电压下，在第二导电生长将第二电极耦合到第三电极之前，第一导电生长将第三电极耦合到第一电极。

20. 一种存储器设备，包括：

包括以行和列排列的多个存储单元的存储器阵列，每个存储单元包括：

由第一导电材料形成的并耦合到各行的第一电极层；

由第二导电材料形成浮置电极层的第二电极层；

置于第一和第二电极层之间并邻接二者的第一层金属掺杂硫族化物材料，该第一层提供一种媒质，其中能够形成导电生长以便将第一和第二电极层电耦合在一起；

由第三导电材料形成的并耦合到各列的第三电极层；以及

置于第二和第三电极层之间并邻接二者的第二层金属掺杂硫族化物材料，该第二层提供一种媒质，其中能够形成导电生长以便将第二和第三电极层电耦合在一起；

用于选择对应于行地址的一行存储单元的行地址解码器；

用于选择对应于列地址的一列存储单元的列地址解码器；

耦合到存储器阵列的读和写电路，用来从由行和列地址解码器选择的存储单元中读数据和向其中写数据；

耦合在读和写电路与存储设备的外部数据端之间的数据通路；以及

命令译码器，能够响应于施加到存储器设备的存储命令而产生控制信号；

其中，所述导电生长的形成是通过在第一电极和第三电极之间制造电压差实现的。

21. 权利要求20的存储器设备，其中每个存储单元的第一导电层由银材料的组成物形成。

22. 权利要求20的存储器设备，其中第一、第二和第三电极的导电材料是相同的。

23. 权利要求20的存储器设备, 其中第一层金属掺杂硫族化物材料的厚度小于第二层金属掺杂硫族化物材料的厚度。

24. 权利要求20的存储器设备, 其中每个存储单元还包括:

由第四导电材料形成的第四电极; 以及

置于第三和第四电极层之间的第三层金属掺杂硫族化物材料, 该第三层提供一种媒质, 其中能够形成导电生长以便将第三和第四电极电耦合在一起。

25. 权利要求20的存储器设备, 其中第一和第二层的金属掺杂硫族化物材料是相同的。

26. 权利要求20的存储器设备, 其中第一和第二层的金属掺杂硫族化物材料包括银玻璃材料。

27. 权利要求20的存储器设备, 其中第一或第二层中的至少一层金属掺杂硫族化物材料包括从由硒化锗、硫化砷、碲化锗和硫化锗组成的组中选出的材料。

28. 权利要求20的存储器设备, 其中第一或第二层中的至少一层金属掺杂硫族化物材料包括硒化锗的组成物。

29. 用于形成多状态存储单元的方法, 包括:

由第一导电材料形成第一电极层;

在第一电极层上由金属掺杂硫族化物材料形成第一层;

在第一层上由第二导电材料形成浮置电极层的第二电极层;

在第二电极层上由金属掺杂硫族化物材料形成第二层;

在第二层上由第三导电材料形成第三电极层,

该第一层提供一种媒质, 其中能够形成导电生长以便将第一和第二电极层电耦合在一起, 且该第二层提供一种媒质, 其中能够形成导电生长以便将第二和第三电极层电耦合在一起;

其中, 所述导电生长的形成是通过在第一电极和第三电极之间制造电压差实现的。

30. 权利要求29的方法, 其中形成第一电极层包括由银材料的组成物形成第一电极层。

31. 权利要求29的方法, 其中形成第一和第二电极层包括由相同类型的材料形成第一和第二电极。

32. 权利要求29的方法, 其中形成第一层和形成第二层包括形成

具有厚度小于第二层的厚度的第一层。

33. 权利要求 29 的方法，其中形成第一层和形成第二层包括形成具有厚度大于第二层的厚度的第一层。

34. 权利要求 29 的方法，还包括：

在第三电极层上形成第三层金属掺杂硫族化物材料；以及

在第三层上形成由第四导电材料形成的第四电极，该第三层提供一种媒质，其中能够形成导电生长以便将第三和第四电极层电耦合在一起。

35. 权利要求 29 的方法，其中第一和第二层的金属掺杂硫族化物材料是相同的。

36. 权利要求 29 的方法，其中第一或第二层中的至少一层的金属掺杂硫族化物材料包括从由硒化锗、硫化砷、碲化锗和硫化锗组成的组中选出的材料。

37. 权利要求 29 的方法，其中第一或第二层中的至少一层的金属掺杂硫族化物材料包括硒化锗的组成物。

38. 权利要求 29 的方法，其中第一电极在第一层下方形成，第一层在第二电极下方形成，第二电极在第二层下方形成，且第二层在第三电极下方形成。

39. 权利要求 29 的方法，其中第一电极邻接第一层形成，第一层邻接第二电极形成，第二电极邻接第二层形成，且第二层邻接第三电极层形成。

## 多状态存储单元和存储器设备及 形成存储单元的方法

### 技术领域

本发明涉及随机存取存储器（“RAM”），并尤其涉及能够以多数数据状态存储数据的 RAM 的存储单元。

### 背景技术

随机存取存储器设备是任何计算环境的主要部分。没有这些存储设备，在计算装置中处理数据几乎不可能。因此，已经针对随机存取计算机存储器领域进行了大量的研究和开发。这些研究和开发是针对与计算机存储器有关的不同领域，例如，加快存取存储设备所存储的数据的速度，设计功耗更低的存储器，以及设计具有更大数据保持时间的存储设备。此外，已经对其花费了大量努力的一个特定的领域是，增加存储密度和数据容量。

增加存储密度的一个传统方法是减小存储设备的尺寸，更特别地，减小存储单元的尺寸。因此，最近以来存储单元的尺寸已经大大减小了。然而，存储单元的尺寸已经减小到当制造具有这些特征尺寸的存储器设备时，当前的工艺技术正在持续地受到挑战的程度。作为另一种解决存储密度和数据容量的问题方法，已经采用能够以比传统的二进制存储器更多的状态存储数据的存储器设备进行了实验。即，传统存储器以二进制格式存储数据，其中数据存储为两个不同数据状态中的任意一个。使用多数数据状态存储器，数据可以存储为多个不同状态中的一个，其中不同状态的数量大于二。因此使用多数数据状态存储器，通常需要更少的存储单元用来存储数据。例如，具有四种不同数据状态的存储单元可以代替两个仅具有两个不同数据状态的传统存储单元。因此，存储相同量的数据将只需要一半的存储单元。相反，如果该多数数据状态存储器的尺寸与传统存储单元相同，则相同的区域中可以存储两倍的数据。

在 Ovshinsky 等的几个美国专利中提供了在多数数据状态存储器领域中所作的工作的例子。例如，在 Ovshinsky 等的美国专利

No. 5, 296, 716 中, 描述了将电可写和可擦除相变材料用于电子存储器的应用。此外, 在 Ovshinsky 等的美国专利 No. 5, 912, 839 中, 描述了对 Ovonic 存储器多状态数字多位存储器元件进行编程以及在数据存储中应用的方法。如其中所描述, 包括相变材料的存储器元件可以通过使用多个电流脉冲编程, 所述相变材料是能够在通常的非晶和通常的晶体之间电转换的材料。在确定存储元件的数据状态时, 可以通过计数使存储器元件的电阻水平回到第一状态所需要的脉冲数量来识别脉冲的数量。脉冲的数量代表存储器元件存储的数据的数据状态。如在前述的专利中进一步描述的, 读存储器元件的当前状态的过程是破坏性的, 因此需要在读之后对该数据重新编程。

在 Kozicki 等的美国专利中描述了设计多数据状态存储器时采用的另一种方法。如其中所述, 由位于两个电极之间的快离子导体形成的可编程金属化单元 (PMC), 所述快离子导体是例如硫族化物材料, 其包括含有硫、硒和碲的化合物。可以通过在两个电极之间施加电压差产生非挥发性金属树枝状晶体。非挥发性树枝状晶体的质量改变 PMC 的电阻, 这可以被用作以多种状态存储数据的手段。在前述的专利中还描述了在不同应用中 PMC 的各种结构性实例。

虽然多数据状态和可变电阻存储器领域已经有了发展, 但是可以理解, 在该领域中新的和可替换的方法仍然是可能的。例如, 在具有数据状态的真正量化的多数据状态存储单元领域中的进一步发展。因此, 需要可替换的方法用来以多数据状态存储数据。

### 发明内容

本发明涉及多数据状态存储单元。该存储单元包括由第一导电材料形成的第一电极层、由第二导电材料形成的第二电极层、以及置于第一和第二电极层之间的第一层金属掺杂硫族化物材料, 该第一层提供一种媒质, 其中可以形成导电生长以便将第一和第二电极层电耦合在一起。该存储单元还包括由第三导电材料形成的第三电极层, 以及置于该第二和第三电极层之间的第二层金属掺杂硫族化物材料, 该第二层提供一种媒质, 其中可以形成导电生长以便将第二和第三电极层电耦合在一起。

## 附图说明

图 1 是本发明的一个实施例的截面视图。

图 2a - c 是说明图 1 中实施例的操作的截面视图。

图 3 是本发明的另一实施例的截面视图。

图 4 是包括一个或多个本发明的存储器阵列的典型存储器设备的示意框图。

如同在集成电路领域的传统表示法一样，各个层的横向尺寸和厚度未按比例画出，并且可能被放大或缩小以便提高视图的易读性。

## 具体实施方式

本发明的实施例提供了多状态存储单元。下面进行特定的详细说明以提供对本发明的充分的理解。然而，本发明可以不使用这些特定的细节来实践，这对于本领域的技术人员是很清楚的。在其它方面，为了避免不必要地混淆本发明，未详细示出公知的制造技术、工艺方法、电路、控制信号和时序协议。

图 1 所示的是根据本发明一个实施例的多状态存储单元 200 的一部分的截面视图。形成金属电极层 202 以提供向其施加电压的阴极层。可以理解，金属层 202 可以在衬底上形成，或者在支撑多状态存储单元 200 的一层材料上形成。在金属层 202 上形成的是金属掺杂硫族化物层 204，穿过其形成了在施加电压时到达浮置电极层 206 的导电链接，这将在下面做更详细的解释。此处所指的硫族化物材料包括那些硫、硒和碲的化合物。掺杂硫族化物的金属材料通常是 I 族或 II 族金属，例如银、铜、锌及其组合物。浮置电极层 206 通常由诸如银的金属材料形成。

在浮置电极层 206 上形成的是另一金属掺杂硫族化物层 208。层 208 的材料成份可以但并不必须与层 204 的相同。如图 2 所示，层 208 的厚度  $t_2$  大于层 204 的厚度  $t_1$ 。然而，在本发明的其它实施例中，厚度  $t_2$  和  $t_1$  可以接近或近似相同，或者厚度  $t_2$  可以小于  $t_1$ 。如下面的详细描述，为了适应具有各种厚度的层 206 和 208，各个金属掺杂硫族化物层 206 和 208 的成份可能需要改变。在金属掺杂硫族化物层 208 上形成的是另一金属电极层 210，该层代表多状态存储单元 200 的阳极。通常，金属电极层 210 和浮置电极层 206 由相同的材料形成。如图 1

所说明的，阴极形成在阳极下方，然而，可以理解，不脱离本发明的范围，这两层的排列可以颠倒。此外，图 1 中的垂直取向可以改变，使得各层沿水平方向形成于横向彼此间隔的阴极和阳极之间。

可以理解，本领域的普通技术人员公知的很多材料都可用于金属掺杂硫族化物层。例如，可以使用硒化锗的组成物，即  $\text{Ge}_x\text{Se}_y$ 。示例性比例为  $\text{Ge}_{20}\text{Se}_{80} \sim \text{GeSe}$  的范围。硫化砷、碲化锗和硫化锗的组成物也可以用于金属掺杂硫族化物层。类似地，可以用于电极层的材料也是已知的，例如银、硒化银组成物、铜、硒化锗等。可以理解不脱离本发明的范围，与公知材料特性相同的最新开发的材料也可以用于金属掺杂硫族化物和电极层。

在操作中，通过以相对数字的方式改变或编程阳极和阴极之间的总电阻，图 1 所示的多状态存储单元 200 能够存储多个状态。然后存储单元 200 的电阻可以被测量或被比较，以确定由存储单元 200 存储的数据的值。作为电阻可以以相对离散的方式改变的结果，通过存储单元 200 可以存储多个状态。

电阻改变是通过形成从金属电极层 202 (即阴极) 穿过层 204 而与浮置电极层 206 电接触的导电生长 (conductive growth)，以及形成从浮置电极 206 穿过层 208 而与金属电极层 210 (即阳极) 电接触的导电生长来完成的。导电生长的形成是通过在阴极和阳极之间制造电压差实现的，例如通过向阳极施加电压而使阴极接地。

每次导电生长产生短路时，阳极和阴极之间的电阻变化相对显著。最初，如图 2a 所示，其中没有形成导电生长，阳极和阴极之间的电阻  $R_{c,11}$  近似等于  $R_1 + R_2$ ，其中  $R_1$  是层 204 的电阻， $R_2$  是层 208 的电阻。然而，在跨越金属掺杂硫族化物层 202、210 上施加的偏压的影响下，导电生长 304 和 308 开始分别穿过层 204 和 208 形成。当导电生长延伸穿过层 208，并且在浮置电极层 206 和以层 210 代表的阳极之间产生短路时，如图 2b，阳极和阴极之间的电阻  $R_{c,11}$  变成小于  $R_1$  但大于短路的值。此时的电阻  $R_{c,11}$  是可重复的，因此，可以用来代表一种数据状态。当导电生长 304 延伸穿过层 204，并在以层 202 代表的阴极和浮置电极层 206 之间产生短路时，电阻  $R_{c,11}$  再次改变到相对低的电阻，如图 2c 所示。

由存储单元 200 提供的  $R_{c,11}$  的每个不同电阻状态代表了不同的数

据或逻辑状态。即，第一数据状态由近似等于总电阻( $R_1 + R_2$ )的  $R_{cell}$  表示，第二数据状态由值在  $R_1$  和低电阻之间的  $R_{cell}$  表示，这在通过导电生长 308 使浮置电极层 206 到金属电极层 210 短路时发生，以及第三数据状态由低电阻表示，在通过导电生长 304 使金属电极层 202 到浮置电极层 206 短路之后。耦合到存储单元 200 的读电路测量存储单元 200 的电阻，以确定由该单元存储的数据。

导电生长 304 和 308 的生长依赖于施加到存储单元 200 的电场的取向。即，如迄今为止所讨论的，施加到金属电极层 210 (即阳极) 的电压相对于施加到金属电极层 202 (即阴极) 的电压是正的，因此，生长方向是从金属电极层 202 到浮置电极层 206。类似地，导电生长将从浮置电极层 206 延伸至金属电极层 210 形成。然而，可以理解，以相反极性施加电压将会减少无论哪一种先前形成的导电生长。因此，通过在读或写操作期间改变施加到存储单元 200 的电压极性，以改变存储单元 200 的电阻，存储单元 200 可以被编程以存储不同的数据状态。

可以进一步理解，与本发明的实施例一起使用的读和写电路对于本领域的普通技术人员是公知的，并且可以使用传统的电路和设计实现。还可以进一步理解，此处的描述足以使本领域的普通技术人员能够实践本发明。

如图 2b 所示，向阳极施加电压不仅引起导电生长 304 的形成，也引起导电生长 308 的形成。然而，由于层 208 的厚度大于层 204 的厚度，对于给定的跨越多状态存储单元 200 施加的电压，跨越层 208 的电压大于跨越层 204 的电压。因此，在阴极到浮置电极 206 短路之前，浮置电极 206 到阳极短路。通过持续向阳极施加电压，导电生长 304 最终在阴极和浮置电极 206 之间产生短路，因此将阳极和阴极之间的电阻减小至低电阻。此外，可以理解，在导电生长 308 使浮置电极 206 到阳极 210 短路之后，跨越阳极和阴极的电阻  $R_{cell}$  在  $R_1$  和短路之间，这是因为随着导电生长 304 向浮置电极 206 生长，层 204 的电阻实际是减小的。然而，此时的电阻  $R_{cell}$  仍然是可重复的，并且足以不同于短路状态，以致多状态存储单元的传统读电路能够始终一致地识别该数据状态。

可以进一步理解，可以通过改变层 204 和/或 208 的厚度调整电阻的范围，或者从一个电阻相对于另一个的转变。此外，如前所述，层

204 和 208 的金属掺杂硫族化物材料的成份也可以被调整,以调节电阻中的转变点。

图 3 中示出的是根据本发明的实施例的存储单元 400 的一部分。存储单元 400 包括与存储单元 200 (图 1) 的层相似的层。然而,除了关于存储单元 200 所描述的层外,存储单元 400 还包括第二浮置电极 420 和第三金属掺杂硫族化物层 424。第二浮置电极 420 和第三金属掺杂硫族化物层 424 的增加使得存储单元 400 能够具有在其中存储数据的附加存储状态。即,存储单元 200 提供三种不同的状态或电阻  $R_{cell}$ :  $(R_2+R_1)$ 、 $R_1$  与低电阻之间、以及低电阻,而存储单元 400 提供四种不同的状态或  $R_{cell}$  的电阻:  $(R_3+R_2+R_1)$ 、 $(R_2+R_1)$  与  $R_1$  之间、 $R_1$  和低电阻之间、以及低电阻。如前所讨论的,每个不同的电阻水平可以用于代表一种不同的数据状态。

如前讨论所说明的,可以理解,包含由金属掺杂硫族化物材料和浮置电极形成的附加层可以用来制作具有比存储单元 400 所提供的状态甚至更多状态的存储单元。

图 4 示出了包括存储器阵列 502 的存储器设备 500,其中存储器阵列 502 具有根据本发明的实施例的存储单元。存储器设备 500 包括命令译码器 506,该命令译码器 506 通过命令总线 508 接收存储命令并产生相应的控制信号。行或列地址通过地址总线 520 施加到存储器设备 500,并分别通过行地址解码器 524 或列地址解码器 528 解码。存储器阵列读/写电路 530 耦合到阵列 520,以便通过输入-输出数据总线 540 向数据输出缓冲器 534 提供读数据。通过数据输入缓冲器 544 和存储器阵列读/写电路 530 向存储器阵列施加写数据。

从前述内容可以理解,尽管这里为了说明目的描述了本发明的具体实施例,但是在不脱离本发明的主旨和范围的前提下,可以进行各种修改。因此,本发明仅由附属的权利要求所限定。

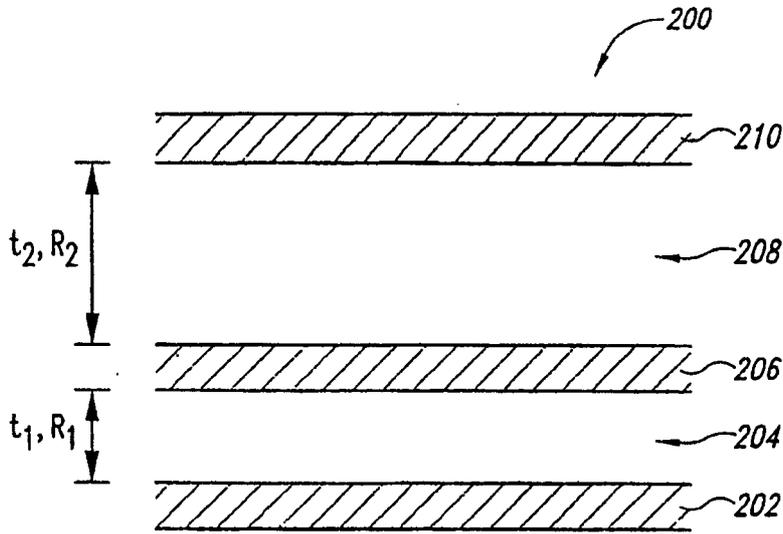


图 1

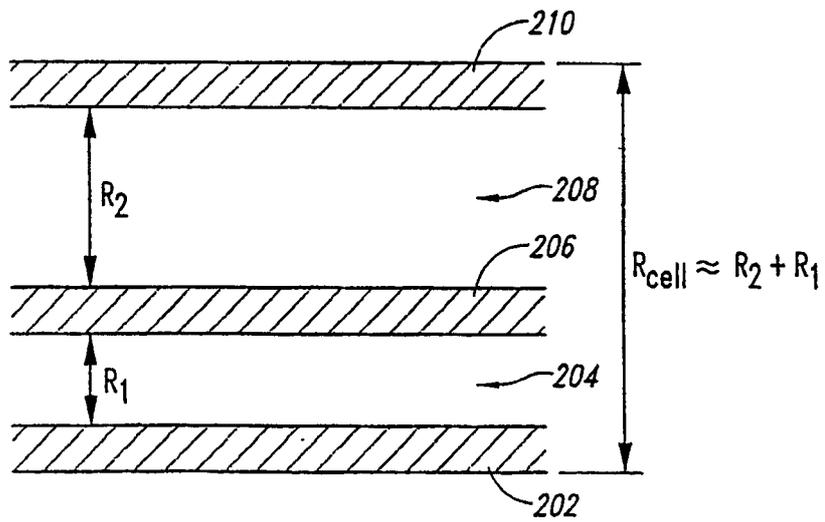


图 2A

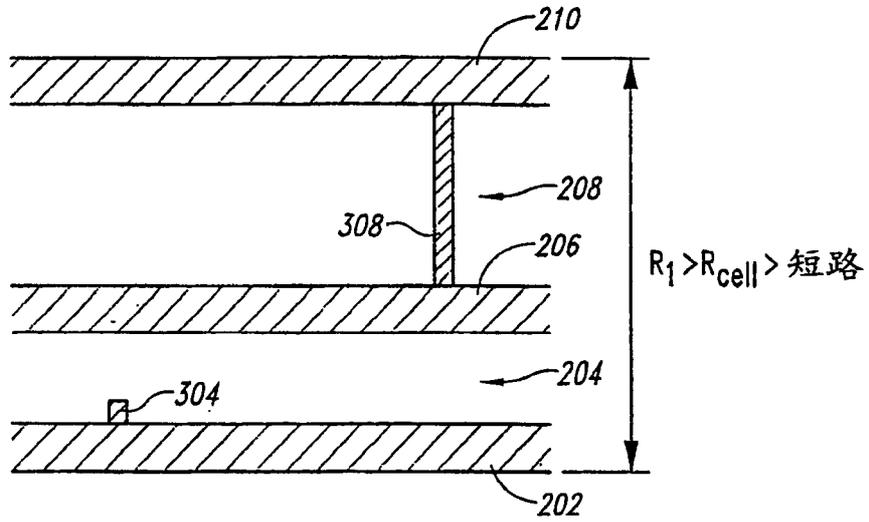


图 2B

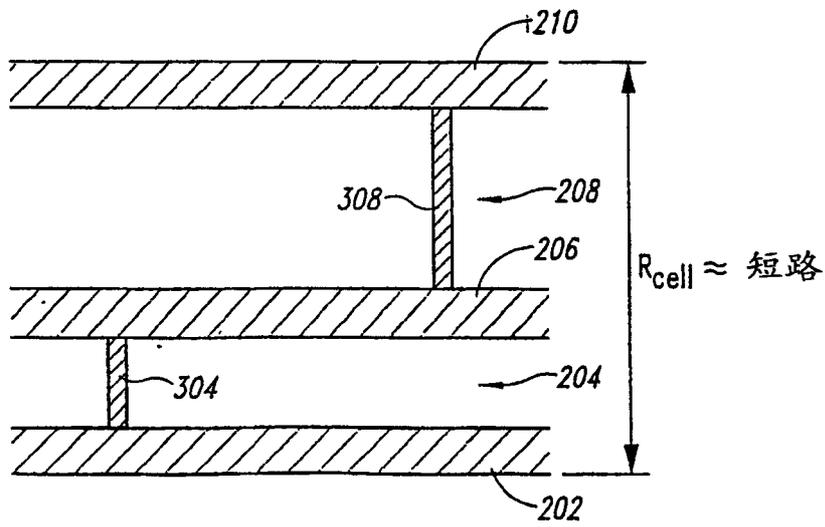


图 2C

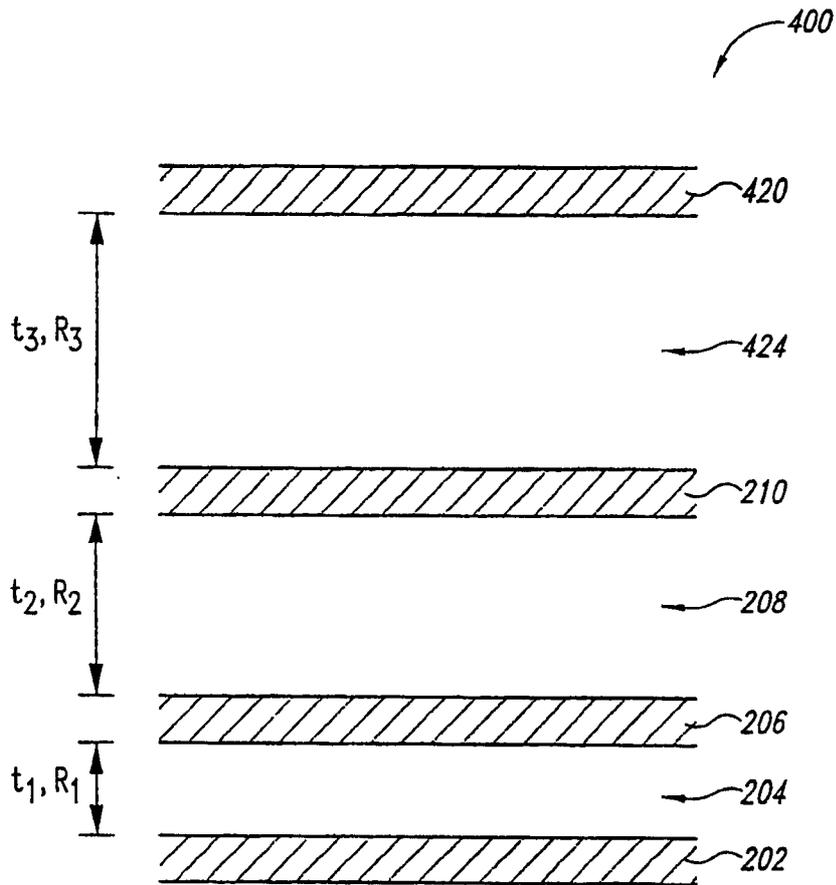


图 3

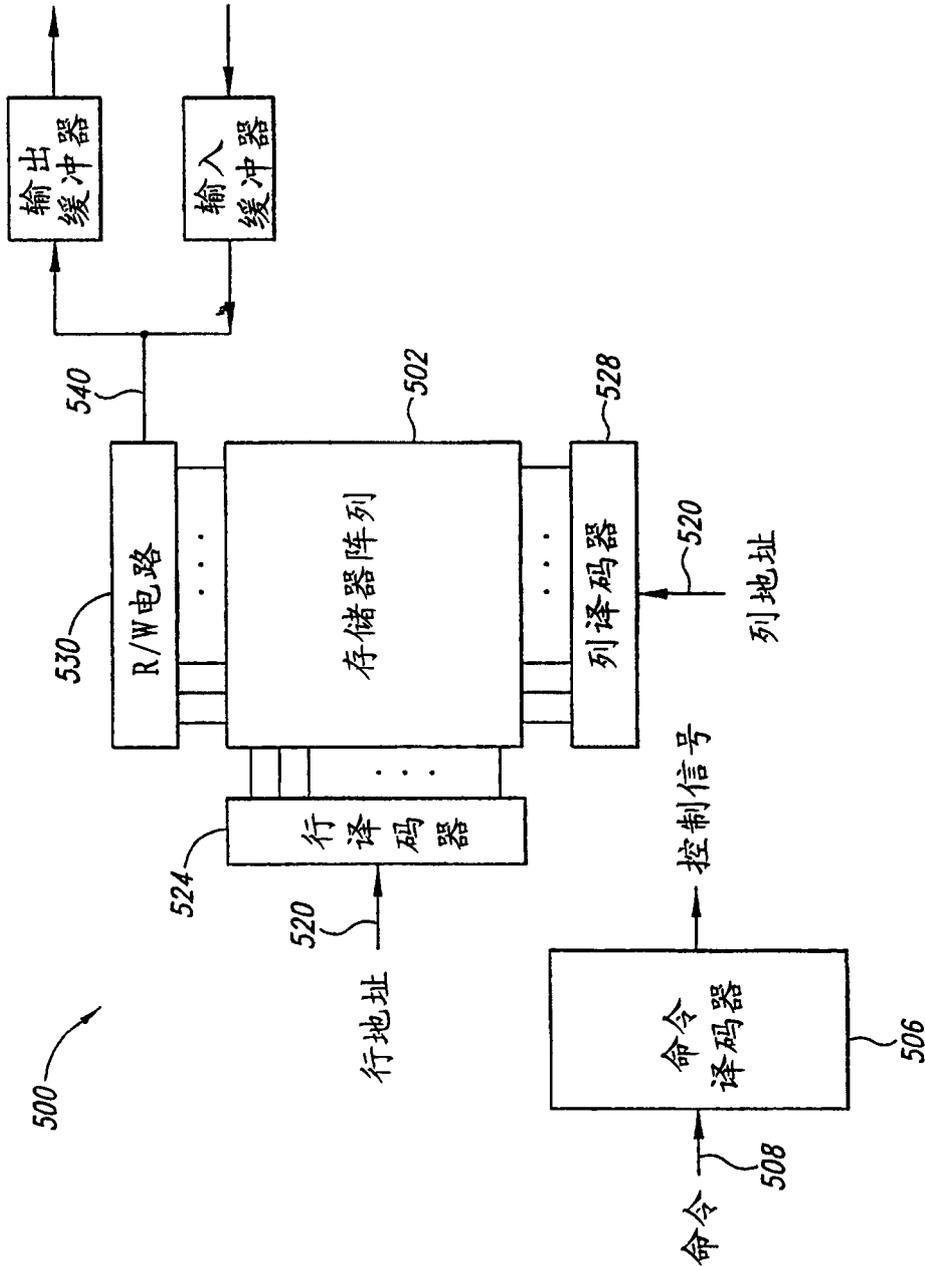


图 4