

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G11C 11/24

G11C 11/34



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 00803716.7

[45] 授权公告日 2004 年 11 月 10 日

[11] 授权公告号 CN 1175423C

[22] 申请日 2000.2.11 [21] 申请号 00803716.7

[30] 优先权

[32] 1999. 2.11 [33] US [31] 60/119,757

[86] 国际申请 PCT/US2000/003571 2000.2.11

[87] 国际公布 WO2000/048196 英 2000.8.17

[85] 进入国家阶段日期 2001.8.13

[71] 专利权人 亚利桑那州立大学董事会

地址 美国亚利桑那州

[72] 发明人 M·N·科兹基

审查员 马晓亚

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

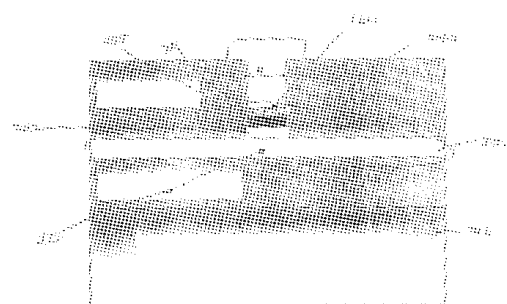
代理人 吴蓉军

权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图 6 页

[54] 发明名称 微电子可编程结构及其形成与编程方法

[57] 摘要

揭示一种微电子可编程结构(300)和形成及编程该结构(300)的方法。可编程结构(300)一般包括离子导体(340)和多个电极(320, 330)。通过跨电极(320, 330)施加一偏压, 可以改变结构(300)的电特性, 从而运用该结构(300)可以存贮信息。



1. 一种微电子可编程结构，其特征在于，包括：
由硫属化物材料和金属的固溶液形成的离子导体；
包含所述金属的第一电极；和
第二电极。
2. 如权利要求 1 所述的微电子可编程结构，其特征在于，从包含银、铜和锌的组中选择所述金属。
3. 如权利要求 1 所述的微电子可编程结构，其特征在于，从包含 As_xS_{1-x} 、 Ge_xS_{1-x} 和 Ge_xSe_{1-x} 的组中选择所述硫属化物材料。
4. 如权利要求 1 所述的微电子可编程结构，其特征在于，所述导电物质是银。
5. 如权利要求 1 所述的微电子可编程结构，其特征在于，所述导电物质是铜。
6. 如权利要求 1 所述的微电子可编程结构，其特征在于，还包括插在至少一个所述电极和所述离子导体之间的阻挡层。
7. 如权利要求 6 所述的微电子可编程结构，其特征在于，所述阻挡层包括绝缘材料。
8. 如权利要求 6 所述的微电子可编程结构，其特征在于，所述阻挡层包括导电材料。
9. 如权利要求 1 所述的微电子可编程结构，其特征在于，至少一部分结构是在绝缘材料通路中形成的。
10. 如权利要求 1 所述的微电子可编程结构，其特征在于，还包括二极管。
11. 如权利要求 1 所述的微电子可编程结构，其特征在于，还包括晶体管。
12. 如权利要求 1 所述的微电子可编程结构，其特征在于，还包括电沉积。
13. 如权利要求 1 所述的微电子可编程结构，其特征在于，所述离子导体包括网络变性剂。
14. 一种形成微电子可编程结构的方法，其特征在于，所述方法包括下列步骤：
形成第一电极；
沉积绝缘材料；

在所述绝缘材料内形成通路；

将离子导体材料沉积在所述通路内，所述离子导体是由硫属化物材料和金属的固溶液形成的；和

形成第二电极。

15. 如权利要求 14 所述的形成微电子可编程结构的方法，其特征在于，还包括将金属分解在所述离子导体中的步骤。

16. 如权利要求 15 所述的形成微电子可编程结构的方法，其特征在于，所述分解步骤包括分解一部分所述第二电极。

17. 如权利要求 15 所述的形成微电子可编程结构的方法，其特征在于，所述分解步骤包括将所述离子导体和所述第二电极材料暴露在光分解处理中。

18. 如权利要求 14 所述的形成微电子可编程结构的方法，其特征在于，还包括形成阻挡层的步骤。

19. 如权利要求 18 所述的形成微电子可编程结构的方法，其特征在于，所述形成阻挡层的步骤包括沉积绝缘材料。

20. 如权利要求 19 所述的形成微电子可编程结构的方法，其特征在于，所述形成阻挡层的步骤包括沉积导电材料。

21. 如权利要求 14 所述的形成微电子可编程结构的方法，其特征在于，还包括在所述第一和第二电极中的至少一个电极上形成天然氧化物的步骤。

22. 一种对如权利要求 1 所述的微电子可编程结构进行编程的方法，其特征在于，所述方法包括跨所述第一和第二电极施加足够电压偏置以使所述结构的电特性改变的步骤。

23. 如权利要求 22 所述的对微电子可编程结构进行编程的方法，其特征在于，所述施加足够电压的步骤使得电阻通过所述结构而改变。

24. 如权利要求 22 所述的对微电子可编程结构进行编程的方法，其特征在于，所述施加足够电压的步骤使得所述结构的电容改变。

25. 如权利要求 22 所述的对微电子可编程结构进行编程的方法，其特征在于，还包括将多个信息位存贮在单个结构中的步骤。

26. 如权利要求 25 所述的对微电子可编程结构进行编程的方法，其特征在于，所述存贮步骤包括跨所述第一和第二电极施加限流源。

27. 如权利要求 25 所述的对微电子可编程结构进行编程的方法，其特征

在于，所述存贮步骤包括施加对应于所述多位中的每一位的设定量电荷。

28. 一种影响微电子可编程结构的门限电压的方法，其特征在于，包括调节阻挡层厚度的步骤，所述阻挡层插在所述结构的电极和离子导体之间，所述离子导体是由硫属化物材料和金属的固溶液形成的。

微电子可编程结构及其形成与编程方法

相关申请的交叉参考

本申请要求美国临时申请 60/119,757 (1999 年 2 月 11 日递交) 和国际申请 PCT/US98/25830 (1998 年 12 月 4 日递交) 的优先权。

技术领域

本发明一般涉及微电子设备。具体地说，本发明涉及适用于集成电路的微电子可编程结构。

背景技术

在电子系统和计算机中通常使用存储设备来存储二进制数据形式的信息。这些存储设备可按特征归为几种，每种都具有与其相关的多个优点和缺点。

例如，在个人计算机中用到的随机存取存储器 (“RAM”) 是易失半导体存储器；换句话说，如果电源切断或去除，就会丢失所存数据。动态 RAM (“DRAM”) 特别易失，因为必须每几毫秒就对它 “刷新” (即，再充电) 以保持所存数据。只要保持电源，静态 RAM (“SRAM”) 就在写入之后保持数据；一旦电源切断，数据就丢失。于是，在这些易失存储器结构中，只有系统电源不断开，才能保持信息。总之，这些 RAM 装置制造昂贵而且在设备操作时消耗相对较大的能量。因此，需要一种适用于个人计算机等经改进的存储装置。

CD-ROM 和 DVD-ROM 是非易失存储器的例子。DVD-ROM 大得足以容纳冗长的音频和视频信息段；然而，只能对该存储器读取而不能写入信息。于是，一旦在制造期间对 DVD-ROM 编程，就不能用新的信息来对它重新编程。

其它装置，诸如磁存储装置 (例如，软盘、硬盘和磁带)，以及其它系统，诸如光盘，是非易失存储装置，具有非常高的容量并可多次重写。不幸的是，这些存储装置物理上很大，而且对震动/冲击非常敏感，要求昂贵的机械装置，并消耗相对较大的功率。这些负面影响使得这类存储装置对于低功率便携式应用 (诸如膝上型或掌上型计算机、个人数字助理 (“PDAs”)，等等) 而言并不理

想。

由于(至少部分)密致、低功率便携式计算机系统的快速发展,其中在该系统中所存信息经常变换,所以越来越需要普及读/写半导体存储器。此外,由于当关闭电源时,这种便携式系统通常需要数据存贮,所以理想的是在这种系统中使用非易失存储装置。

一种适用于这种系统的可编程半导体非易失存储装置是可编程只读存储(“PROM”)装置。一种 PROM,写一次可读多次(“WORM”)装置,运用熔丝阵列。一旦编程,不能对 WORM 装置重新编程。

其它形式的 PROM 装置包括可擦写 PROM(“EPROM”)和电可擦写 PROM(EEPROM)装置,它们在初始编程之后可改变。EPROM 装置一般要求在对装置编程之前暴露于紫外线的擦除步骤。于是,这种装置一般并不适于在便携式电子装置中使用。EEPROM 装置一般更易于编程,但是存在其它不足。特别是,EEPROM 装置相对复杂、相对难制造和相对较大。此外,包括 EEPROM 装置的电路必须承受装置编程所需的高电压。结果,与其它数据存储装置相比,每位存储容量的 EEPROM 造价非常高。EEPROM 装置的另一个缺点是,虽然它们可能在没有连接电源的情况下保持数据,但是它们需要相对较大的能量来编程。在用电池供电的密致型便携式系统中,这种功率消耗很大。

由于上述传统数据存储装置所带来的各种问题,需要一种相对简单和造价低的相对非易失的可编程装置。此外,这种存储器技术应通过在相对较低电压下操作同时提供高存储密度和低制造成本来满足新一代便携式计算机的要求。

发明内容

本发明提供经改进的微电子装置用于集成电路。具体地说,本发明提供适于存储器和其它集成电路的相对非易失的可编程装置,

下面详细描述本发明克服现有可编程装置的各种缺点的途径。总之,本发明提供一种制造相对容易和廉价且相对容易编程的可编程装置。

本发明提供了一种微电子可编程结构,它包括:由硫属化物材料和金属的固溶液形成的离子导体;包含所述金属的第一电极;和第二电极。

本发明还提供了一种形成可编程结构的方法,该方法包括:形成第一电极;沉积绝缘材料;在所述绝缘材料内形成通路;将离子导体材料沉积在所述通路内,所述离子导体是由硫属化物材料和金属的固溶液形成的;和形成第二

电极。

本发明还提供了一种上述微电子可编程结构进行编程的方法，该方法包括跨所述第一和第二电极施加足够电压偏置以使所述结构的电特性改变的步骤。

本发明还提供了一种影响可编程结构的门限电压的方法，该方法包括调节阻挡层厚度的步骤，所述阻挡层插在所述结构的电极和离子导体之间，所述离子导体是由硫属化物材料和金属的固溶液形成的。

根据本发明的一个示例实施例，可编程结构包括离子导体和至少两个电极。配置该结构，从而当对两个电极加一偏压时，该结构的一个或多个电特性改变。根据该实施例的一个方面，整个结构的阻抗在对电极加一偏压时改变。根据本发明的其它方面，一旦对电极加一偏压时，该结构的电容或其它电特性也改变。可以适当地检测这些电变化中的一种变化或多种变化。于是，从包含该结构的电路中可检索到所存信息。

根据本发明的另一个示例实施例，可编程结构包括离子导体、至少两个电极和插在至少一个电极的一部分和离子导体之间的阻挡层(barrier)。根据本实施例的一个方面，阻挡层材料包括构成以减小在离子导体和至少一个电极之间的离子扩散的材料。扩散阻挡层还可用来阻止在一部分结构内的不想要的电沉积(electrodeposit)生长(growing)。根据另一个方面，阻挡层材料包括绝缘材料。包含绝缘材料增大了将该装置的电阻减小到它的最低可能值所需的电压。包含绝缘阻挡层的装置非常适于非易失存储器(例如，EEPROM)应用。

根据本发明的另一个示例实施例，通过在衬底上形成第一电极、在第一电极上沉积离子导体材料层和将导电材料沉积在离子导体材料上，在衬底表面上形成一微电子可编程结构。根据该实施例的一个方面，通过溶解(例如，通过热或光分解(photodissolution))离子导体中的一部分导电材料，形成包含离子导体和过量导电材料的固溶液。根据另一方面，只溶解一部分导电材料，从而一部分导电材料保持在离子导体的表面以在离子导体材料的表面上形成电极。

根据本发明的另一个实施例，在通孔内或通过绝缘材料形成至少一部分可编程结构。根据该实施例的一个方面，在衬底的表面上形成第一电极特征，将绝缘材料沉积在电极特征(electrode feature)的表面上、在绝缘材料中形成通路(via)和在通路内形成一部分可编程结构。根据本实施例的一个方面，在绝缘材料内形成通路之后，通过将离子导电材料沉积在导电材料上、将第二电

极材料沉积在离子导电材料上，并且需要的话除去任何过量电极、离子导体和/或绝缘材料，在通路内形成一部分结构。

根据本发明的另一个示例实施例，将多个信息位存贮在单个可编程结构内。

根据本发明的另一个示例实施例，通过使得在该结构的离子导体内的离子迁移，改变可编程结构的电容。

附图说明

结合附图，参照详细描述和权利要求书，可以得到对本发明的更加完整的理解，在附图中相同标号作相应表示：

图 1 是根据本发明在衬底的表面上形成的可编程结构的截面图；

图 2 是根据本发明的另一个实施例的可编程结构的截面图；

图 3 是根据本发明的另一个实施例的可编程结构的截面图；

图 4 是如图 3 所示的装置在“接通”和“断开”状态下的电流和电压特征的电流-电压图；

图 5 是根据本发明的另一个实施例的可编程结构的截面图；

图 6 是根据本发明的示例实施例的一部分存储装置的示意图；和

图 7 是根据本发明的另一个实施例的一部分存储装置的示意图。

具体实施方式

本发明一般涉及微电子设备。具体地说，本发明涉及适于各种集成电路应用的可编程结构。

图 1 示出根据本发明的示例实施例在衬底 110 的表面上形成的微电子可编程结构 100。结构 100 适于包括电极 120 和 130 以及离子导体 140。

一般，结构 100 经配置，当跨电极 120 和 130 施加如下所述的大于门限电压(V_T)的偏压时，结构 100 的电特性改变。例如，根据本发明的一个实施例，当跨电极 120 和 130 施加电压 $V \geq V_T$ 时，在离子导体 140 内的导电离子开始迁移并在电极 120 和 130 中较负端或其附近形成电沉积(例如，电沉积 160)。当形成电沉积时，在电极 120 和 130 之间的电阻减小且其它电特性变化。在没有任何绝缘阻挡层的情况下(如下详细描述)，电沉积从一个电极朝另一个电极生长并大大减小装置电阻所需的门限电压实质上是系统的氧化还原电势，一般是几

百毫伏。如果施加相同的反电压，那么电沉积将溶解回到离子导体，装置返回到它的高阻状态。如下面详细描述的那样，可用结构 100 来存贮信息并可用于存储电路中。例如，根据本发明的结构 100 或其它可编程结构可适用于存储装置中来替代 DRAM、SRAM、PROM、EPROM 或 EEPROM 装置。

衬底 110 可包括任何适当的材料。例如，衬底 110 可包括半导体、导电、半绝缘、绝缘材料或这些材料的任何组合。根据本发明的一个实施例，衬底 110 包括绝缘材料 112 和部分 114，其中部分 114 包括在半导体衬底上形成的微电子装置。层 112 和 114 可由附加层(未图示)诸如一般用于形成集成电路的层分开。

电极 120 和 130 可由任何适当的导电材料形成。例如，电极 120 和 130 可以由多晶硅材料或金属形成。根据本发明的一个示例实施例，电极 120 和 130 由金属形成，而电极 120 和 130 中的至少一个由诸如银、铜或可溶解在离子导体材料 140 中的锌等金属构成。至少一个电极是由溶解在离子导体 140 中的金属构成以利于在离子导体 140 内保持所需的溶解金属浓度，这样在运用结构 100 期间，还有利于在离子导体 140 内快速和稳定地形成电沉积 160。

根据本发明的一个实施例，至少一个电极 120 和 130 由适于被用作互连金属的材料构成。例如，电极 130 可形成半导体集成电路内的互连结构部分。根据本实施例的一个方面，电极 130 由基本上不可在包含离子导体 140 的材料中溶解的材料构成。适于互连和电极 130 材料的示例材料包括金属和复合物，诸如钨、镍、钼、铂、金属硅化物，等等。

另一方面，如图 2 所示，包括电极 220 和 230 以及离子导体 240 的结构 200 可包含阻挡层(例如，阻挡层 250)以允许电极 220、230 之一由在导体 240 中溶解的材料形成。阻挡层 250 可包含限制离子在导体 240 和电极 230 之间迁移的任何材料。根据本发明的示例实施例，阻挡层 250 包括氮化钛、钨化钛及其组合，等等。根据本实施例的一个方面，阻挡层 250 是电中性(indifferent)，即它允许电子通过结构 200 传导，但是它本身不帮助离子通过结构 200 传导。电中性阻挡层可减小在结构 200 的操作期间不想要的树枝状晶体生长，而且当施加与在第一例中生长电沉积所用的偏压相反的偏压时，该阻挡层可促进电沉积 160 的“擦除”或分解。

离子导体 140 由一旦施加足够的电压就能传导离子的材料形成。离子导体 140 适当的材料包括玻璃和半导体材料。在本发明的示例实施例中，离子导体

140 由硫属化物材料形成。

离子导体 140 还适于包括溶解的导电材料。例如，离子导体 140 可包括固溶液，它包含溶解的金属和/或金属离子。根据本发明的一个示例实施例，导体 140 包括溶解在硫化玻璃中的金属和/或金属离子。根据本发明的带有溶解金属的示例硫化玻璃包括固体 As_xS_{1-x} 、 Ag 、 $Ge_xSe_{1-x}-Ag$ 、 $Ge_xS_{1-x}-Ag$ 、 $As_xS_{1-x}-Cu$ 、 $Ge_xS_{1-x}-Cu$ 、包括银、铜、锌和这些材料的组合的其它硫属化物材料等等。此外，导体 140 可包括网络变性剂 (network modifier)，它影响离子通过导体 140 的迁移率。例如，诸如金属(例如，银)、卤素、卤化物或氢的材料可添加到导体 140 以增强离子迁移率并因而增大结构的擦/写速度。

适于用作离子导体 140 的固溶液可以多种方法形成。例如，通过在诸如硫化玻璃的离子导电材料上沉积一层诸如金属的导电材料并将金属和玻璃暴露在热和/或光分解(photo dissolution)过程中，可以形成固溶液。根据本发明的一个示例实施例，通过在衬底上沉积 As_2S_3 、将 Ag 薄膜沉积在 As_2S_3 上并将薄膜暴露在能量比 As_2S_3 的光隙更大的光(例如，波长小于约 500 纳米的光)，形成固溶液 As_2S_3-Ag 。如果需要，在沉积导体 140 期间(例如，变性剂在沉积材料中或出现在导体 140 材料沉积期间)或在沉积导体 140 材料之后(例如，通过将导体 140 暴露在包含网络变性剂的空气中)，可将网络变性剂添加到导体 140。

根据本实施例的一个方面，通过将足够的金属沉积在离子导体材料上从而可在离子导体材料内溶解一部分金属，并将一部分金属保留在离子导体的表面上以形成电极(例如，电极 120)，形成固溶液离子导体 140。根据本发明的另一些实施例，可将包含溶解金属的固溶液直接沉积在衬底 110 上。

溶解在如硫属化物的离子导电材料中的金属等导电材料的量，依赖于几个因素，诸如可溶解的金属量和在分解过程中采用的能量。然而，当运用光分解可将足够量的金属和能量用于在硫属化物材料中的溶解时，认为分解过程是自约束的，基本上在将金属阳离子还原到它们的最低氧化状态时停止。在 As_2S_3-Ag 的情况下，这在 $Ag_4As_2S_3=2Ag_2S+As_2S$ ，其银浓度约 44 原子%时发生。换句话说，如果运用热分解将金属溶解在硫属材料中，那么可在固溶液中获得更高的金属原子百分比，假设有足够的金属用于分解。

根据本发明的一个示例实施例，在绝缘材料 150 的通路内形成至少一部分结构 100。由于在其它原因之外，这种形成方法允许形成相对小的结构 100(例如，约 10 纳米)，所以在绝缘材料 150 的通路内形成一部分结构 100 是理想的。

此外，绝缘材料 150 促进将各种结构 100 与其它电子元件隔离。

绝缘材料 150 适于包括阻止电子和/或离子从结构 100 不理想地扩散的材料。根据本发明的一个实施例，材料 150 包括氮化硅、氮氧化硅、聚合物材料(诸如，聚酰亚胺或聚对二甲苯或其任何组合)。

可以将触点 160 适当地电气耦合到一个或多个电极 120、130 以促进形成与各电极的电气接触。触点 160 可由任何导电材料形成并最好由诸如铝、铝合金、钨或铜等金属构成。

通过各种方法可形成根据本发明的可编程结构，诸如结构 100。根据本发明的一个实施例，通过在衬底 110 上形成电极 130 来形成结构 100。可运用任何适当的方法，诸如，沉积电极 130 材料层、对电极材料构图并蚀刻该材料以形成电极 130。通过将绝缘材料沉积在电极 130 和衬底 110 上，并通过适当的构图和蚀刻处理在绝缘材料中形成通路，可形成绝缘层 150。通过将离子导体 140 材料和电极 120 材料沉积在通路内，可在绝缘层 150 内形成离子导体 140 和电极 120。这种离子导体和电极材料沉积可以是有选择性的——即，基本上只将材料沉积在通路内，或者沉积过程是相对不可选择的。如果采用一个或多个非选择性沉积方法，那么例如运用化学机械抛光和/或蚀刻技术，可以去除保存在绝缘层 150 表面上的任何过量材料。

图 3 示出根据本发明的另一个实施例的可编程结构 300。与结构 100 相类似，在衬底 310 上形成结构 300，且该结构包括电极 320 和 330 以及离子导体 340。此外，结构 300 包括插在至少一个电极 320、330 和离子导体 340 之间的绝缘阻挡层 350。用抗导电性的任何材料形成绝缘阻挡层 350。根据本发明的各种示例实施例，用诸如天然氧化钨或天然氧化镍等金属氧化物来形成阻挡层 350。另一方面，可将其它绝缘材料沉积在电极上。此外，阻挡层 350 还影响装置 300 的有效门限电压，并阻止通过电沉积(例如，电沉积 360)在电极 320 和 330 之间的电气短路，除非施加高得足以使绝缘阻挡层击穿(break down)的电压。例如，对于给定绝缘材料，装置 300 的有效门限电压一般随着阻挡层 350 的厚度增加而增高，于是通过控制阻挡层 350 的厚度，可以控制(至少部分控制)装置 300 的门限电压。在这种情况下，阻挡层 350 应足够薄(即，0 至约 3 纳米)以允许电子在理想的操作电压下(例如，约 0.2V 至约 4V)通过阻挡层 350。

在操作中，当在可编程结构的两个或多个电极(例如，结构 300 的电极 320

和 330)之间施加足够的电压时,通过或沿着离子导体 340 的边缘,从较负(more negative)电极(阴极)(例如,电极 330)朝较正电极(阳极)(例如,电极 320)开始形成电沉积 360。例如,如果将电极 330 耦合到电压源的负端并将电极 320 耦合到电压源的正端且在电极 320 和 330 之间施加足够的偏压,那么电沉积 360(例如,金属树枝状结晶)将开始从电极 330 向电极 320 生长。

当将电极 330 初始耦合到较负电势时,一旦施加大于或等于或氧化还原电势的电压,电沉积就开始在阻挡层 350 的表面 355 上生长。当将足以击穿阻挡层 350 的电压施加在电极 320 和 330 两端,在电极 320 和 330 之间形成短路。当将足够的反向偏压施加在电极 320 和 330 上,电沉积 360 在导体 340 中分解且阻挡层 350 似乎自我复原(heal),从而需要近似相同的有效门限电压来击穿阻挡层 350。于是,当结构 300 包括绝缘阻挡层 350 时,有效门限或“写”电压通过阻挡层 350 的击穿特性(例如,厚度)来调节。

电沉积(例如,电沉积 360)的生长和构成以及电沉积生长颠倒一般影响着可编程装置(诸如,结构 100-300)的电特性。反过来,电沉积的生长和构成除了依赖其它东西之外,还依赖所施加的电压偏置、偏压施加在电极(例如,电极)320 和 330 上的时间以及结构几何形状。特别是,在相对较低的电压下,电沉积生长相对较慢且趋于集中在结构的阴极周围,而在较高电压下,电沉积较快速地生长并趋于更加狭窄,且在给定电荷的情况下,在阴极和阳极之间跨一较大距离。

一旦电沉积 360 开始形成,那么电沉积 360 将在从结构 100 去除电压源之后保持它的形成。于是,与电沉积 360 的生长相关的电特性的变化(例如,结构 300 电容、电阻、门限电压,等等)基本上不随着时间变化。换句话说,结构 100 的电特性变化相对非易失。因此,结构 100 可以非常适于电子系统的存储装置,它们一般采用 PROM、EPROM、EEPROM、FLASH 装置,等。

根据本发明的另一个实施例,可以定期地刷新可编程结构以增强数据存储的完整性。在这种情况下,可以在 RAM(例如,DRAM)存储装置中采用该结构。

写操作

通过操纵结构的一个或多个电特性,可以运用本发明的可编程结构存储信息。例如,在合适的写操作期间,结构的电阻可以从“0”或断开状态改成“1”或接通状态。同样地,在擦除操作期间,该装置可从“1”状态改成“0”状态。

此外，如下面详细所述，该结构可具有多个可编程状态，从而多个信息位存贮在单个结构中。

图 4 示出根据本发明的可编程结构 300 的电流-电压特性。对于如图 4 所示的结构，通路直径 D 约 4 微米，导体 340 约 35 纳米厚并由 $\text{Ge}_3\text{Se}_7\text{-Ag}$ (接近 $\text{As}_8\text{Ge}_3\text{Se}_7$) 形成，电极 330 是中性的 (indifferent) 并由镍形成，电极 320 由银形成阻挡层 350 是天然镍氧化物。如图 4 所示，一旦施加的偏压超出约 1 伏特，在装置 300 关闭的状态下通过的电流 (曲线 410) 开始上升；然而，一旦执行了写步骤 (即，形成电沉积)，通过导体 340 的电阻大幅下降 (即，至约 200 欧姆)，如图 4 的曲线 420 所示。如上所述，当将电极 330 耦合到电压源的较负端 (与电极 320 相比)，电沉积 360 开始在电极 330 附近形成并朝着电极 320 生长。由于阻挡层 350，使得有效门限电压 (即，致使电沉积 360 生长并击穿阻挡层 350，从而将电极 320 和 330 耦合在一起所需的电压) 相对较高。特别是，必须将电压 $V \geq V_T$ 加到结构 300，足以使电子通过阻挡层 350 以形成电沉积并击穿阻挡层而通过导体 340 和至少一部分阻挡层 350 导通。

如图 1 和 2 所示的根据本发明的另一些实施例，由于在离子导体 140 和电极 120、130 中任一个电极之间没有形成绝缘阻挡层，所以初始“写”门限电压相对较低。

读操作

通过将幅度小于电压门限 (对于如图 4 所示的结构约 1.4V) 的正向或反向偏压用于电沉积或者通过运用小于或等于最小编程电流 (产生最高接通电阻值的电流) 的电流极限，可以读取装置的状态 (例如，1 或 0)，无需明显地打扰该状态。图 4 示出限流 (至约 1 毫安) 读取操作。在这种情况下，将电压从 0 扫至 2V，而且电流上升至设置极限 (从 0 至 0.2V)，指示低阻 (欧姆/线性电流-电压) “接通” 状态。执行非打扰读取操作的另一种方法是在相对较短期间内施加脉冲，其电压高于电化学沉积门限电压，从而没有可感知的 Faradaic 电流流过，即，几乎所有电流都准备对装置极化/充电而不是进入电沉积过程。

擦除操作

通过将在写操作期间施加的偏压反向，可以适当地擦除可编程结构 (例如，结构 300)，其中施加的偏压幅度等于或大于用于反向电沉积的门限电压。

根据本发明的示例实施例，在一段时间内将充分的擦除电压 ($V \geq V_T$) 施于结构 300，其中上述时间周期依赖于初始连接的强度，但是小于约 1 毫秒以将结构 300 返回到其电阻大大超出百万欧姆的“断开”状态。由于结构 300 在导体 340 和电极 320 之间不包括阻挡层，所以擦除结构 300 的门限电压大大低于写结构 300 的门限电压，因为与写操作不同，擦除操作不要求电子通过阻挡层 350 或阻挡层 350 击穿。

图 5 示出配置用于提供对电子元件的附加绝缘的一部分集成电路 502，包括可编程结构 500。根据本发明的示例实施例，结构 500 包括电极 520 和 530、离子导体 540、触点 560 和在触点 560 和电极 520 之间形成的无定型硅二极管 570，诸如 Schottky 或 p-n 结二极管。可将可编程结构 500 的行和列构成为高密度结构以提供适合存储器电路的极大存储密度。一般，存储装置的最大存储密度受到列和行解码器电路的尺寸及复杂度的限制。然而，可适当地构成可编程结构存储器栈以将集成电路与专用于行/列解码、传感放大器和管理电路(未图示)的整个半导体芯片区重叠，因为结构 500 无需占用任何衬底面积。通过这种方法，运用本发明的可编程结构，可获得每平方厘米几十亿位的存储密度。利用这种方法，可编程结构实质上是添加技术，它增加了现有半导体集成电路技术的能力和函数。

图 6 示意地示出一部分存储装置，其结构 500 在存储器电路的位行 610 和字行 620 的交点处具有绝缘 p-n 结 570。图 7 示出采用插在电极和可编程结构的触点之间的晶体管 710 的另一种绝缘方案，其中上述触点位于存储装置的位行 710 和字行 720 的交点处。

如上所述，本发明的又一个实施例，通过控制在写过程中形成的电沉积量，可将多位数据存储在一个可编程结构中。在写处理期间形成的电沉积量依赖于在写处理期间向结构提供的库仑或电荷数，而且通过运用限流电源对其进行控制。在该情况下，用等式 1 调整可编程结构的电阻，其中 R_{on} 是“接通”状态电阻， V_T 是电沉积的门限电压， I_{LIM} 是允许在写操作期间流过的最大电流。

$$R_{on} = \frac{V_T}{I_{LIM}} \quad \text{等式 1}$$

实践中，对存储在每个单元内的信息量的限制将依赖于随着时间变化每种

电阻状态有多稳定。例如，如果结构具有范围在约 $3.5\text{k}\Omega$ 的编程电阻以及对于每种状态，在特定时间内的电阻漂移(drift)约 $\pm 250\Omega$ ，那么可形成约 7 个大小相等的电阻带(bands of resistance)(7 种状态)，允许将 3 位数据存储在单个结构中。在极限情况下，对于特定时间极限内阻抗的近零漂移，可将信息作为连续状态存储，即，以模拟形式存储。

根据本发明的另一个实施例，通过与生长电沉积相反存储电荷，可编程结构(例如，结构 300)存储信息。根据本实施例的一个方面，通过将偏压施于电极 320、330(例如，相对于电极 330 对电极 320 加正电压)，改变结构 300 的电容，从而正电荷离子朝着电极 330 的迁移。如果施加的偏压小于写门限电压(或者击穿阻挡层 350 所需的电压)，那么在电极 320 和 330 之间不形成短路。作为离子迁移的结果，结构 300 的电容改变。当除去施加的偏压，金属离子趋于从阻挡层 350 散开。然而，在导体 340 和阻挡层 350 之间的界面一般并不完美，而且包括能够陷获(trap)离子的缺陷。于是，至少一部分离子保持在阻挡层 350 和导体 340 之间的界面处或附近。如果写电压反向，那么离子可适当地从界面散开。在申请号 60/119,757(1999 年 2 月 11 日申请，并作为参考资料在此引入)中提供根据本实施例的可编程结构的更完整的描述。

根据本发明的可编程结构可用在许多应用中，上述应用可利用诸如 EEPROM、FLASH 或 DRAM 的传统技术。本发明优于现有存储器技术之处包括较低生产成本和能够运用可容易地适应多种应用的柔性制造技术，等等。本发明的可编程结构在成本是主要考虑因素的应用中特别有用，诸如，智能卡和电子盘存卡。此外，能够直接在塑料卡上形成存储器是在这些应用中的主要优点，这对于其它形式的半导体存储器而言一般是不可能的。

此外，根据本发明的可编程结构，存储单元的尺寸可缩为小于几个平方微米，装置的有源部分小于一微米(on micron)。这比传统的半导体技术具有显著优点，传统的技术中每个装置和它的相关互连可能要占几十平方微米。

虽然参照附图描述了本发明，但是应理解，本发明并不限于这里所示的特定形式。例如，虽然结合可编程存储装置方便地描述可编程结构，但是本发明并不限于此。例如，本发明的结构适于用作微电子电路中的可编程有源或无源装置。可对这里所述的方法和装置的设计和布局进行各种变化、修整和增强而不偏离本发明的构思和范围，如所附权利要求书所述。

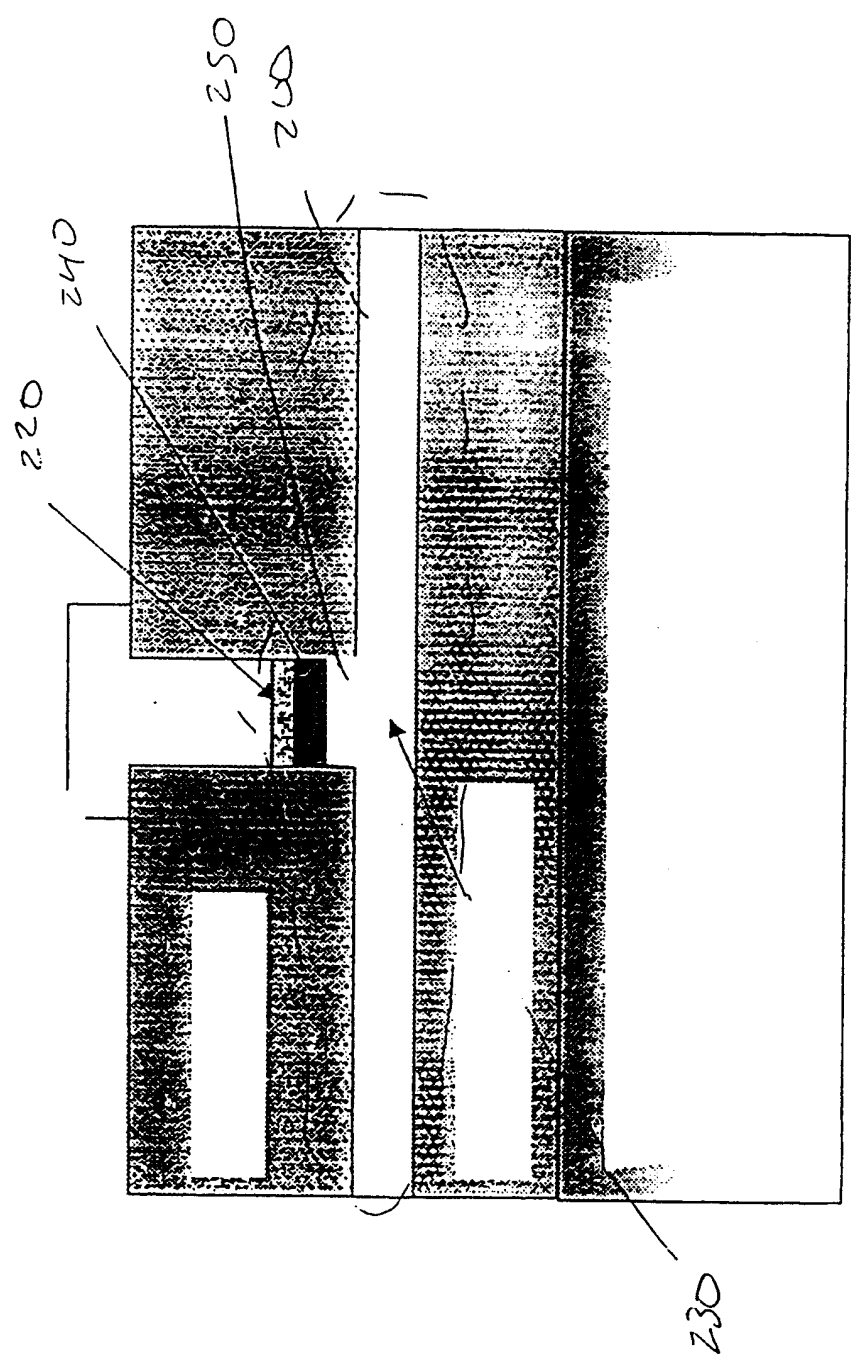


图 2

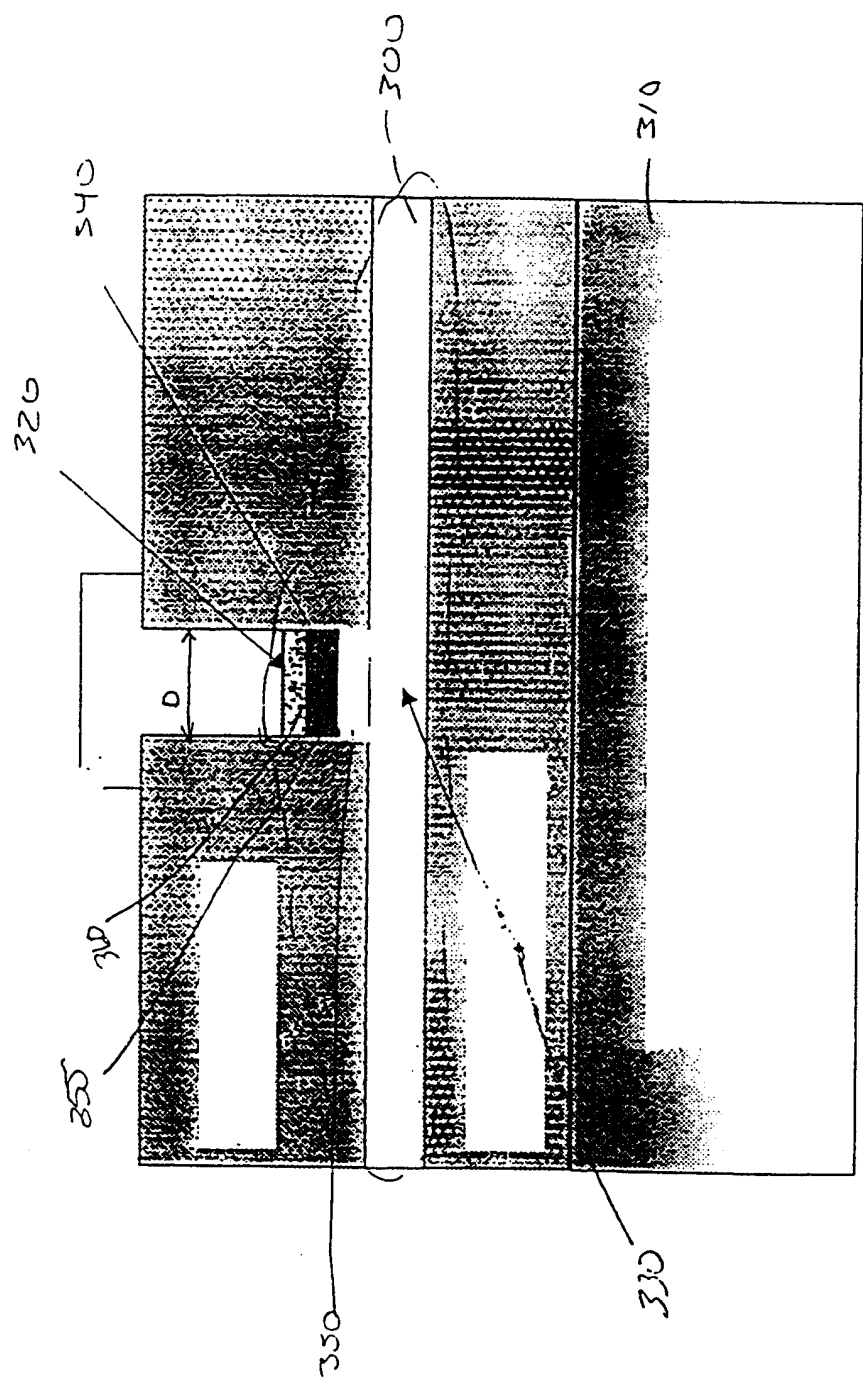


图 3

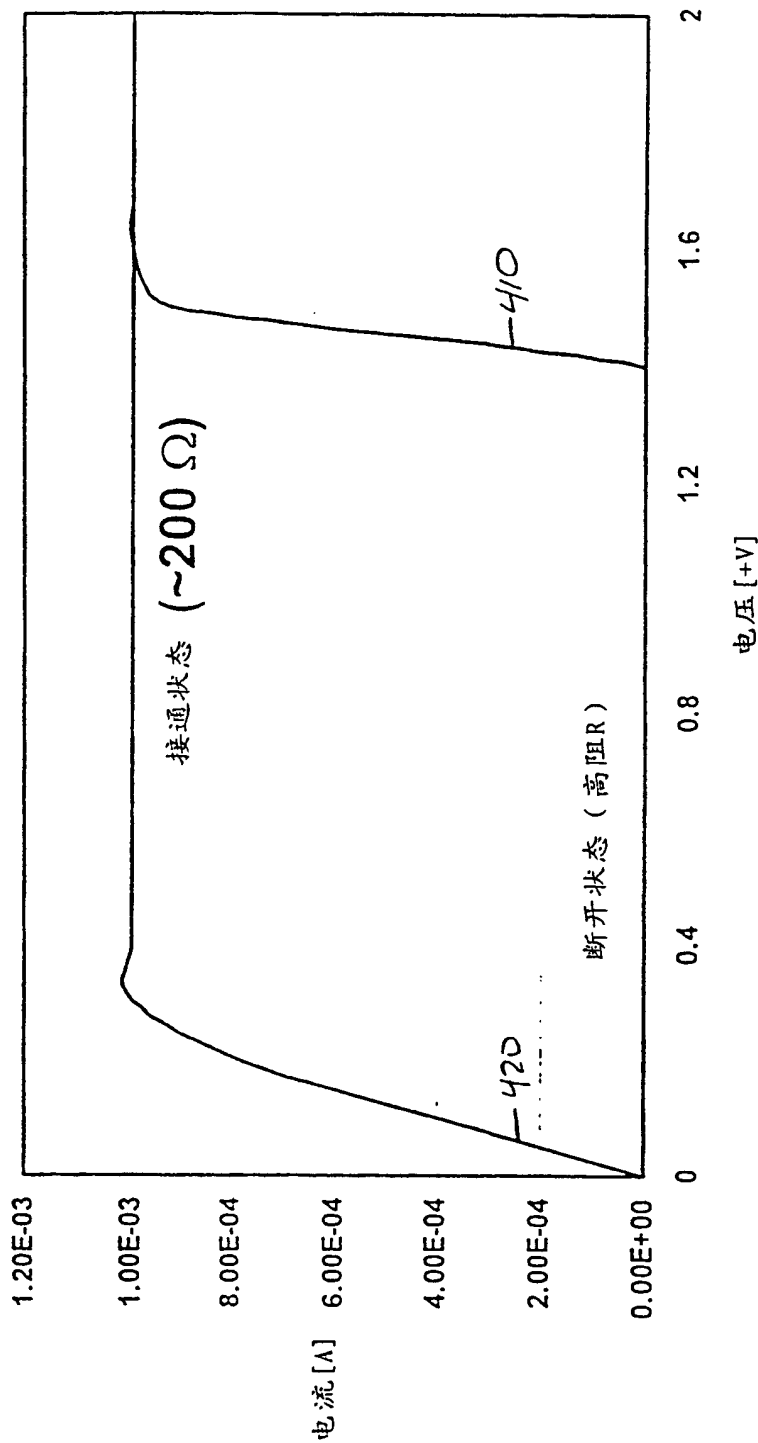


图 4

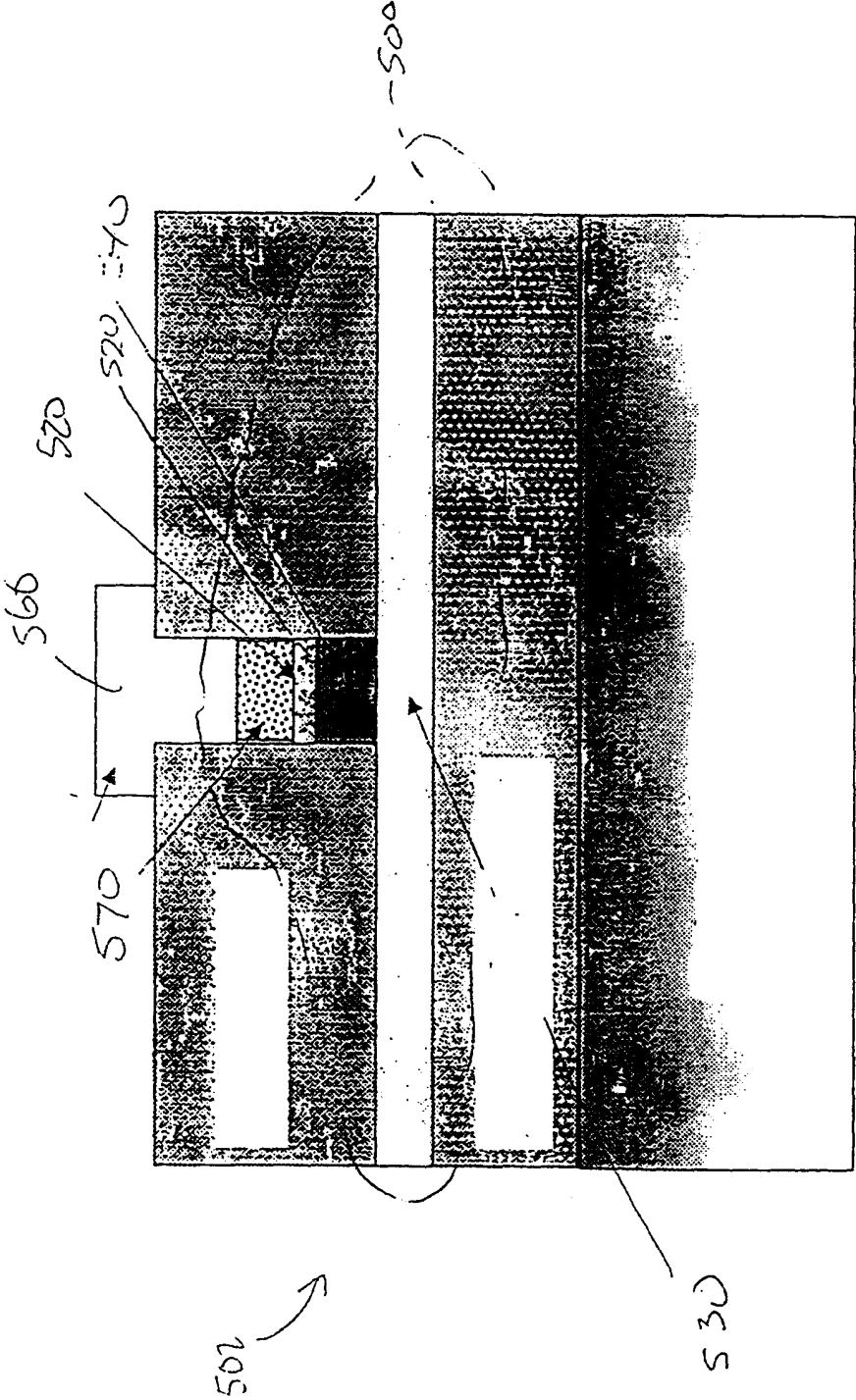


图 5

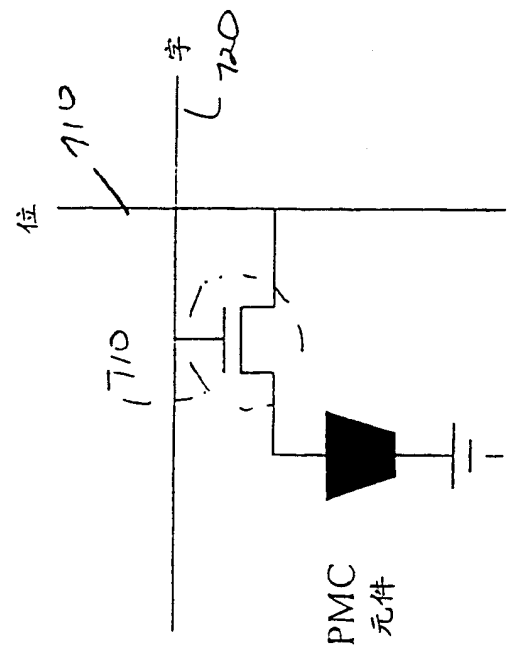


图 7

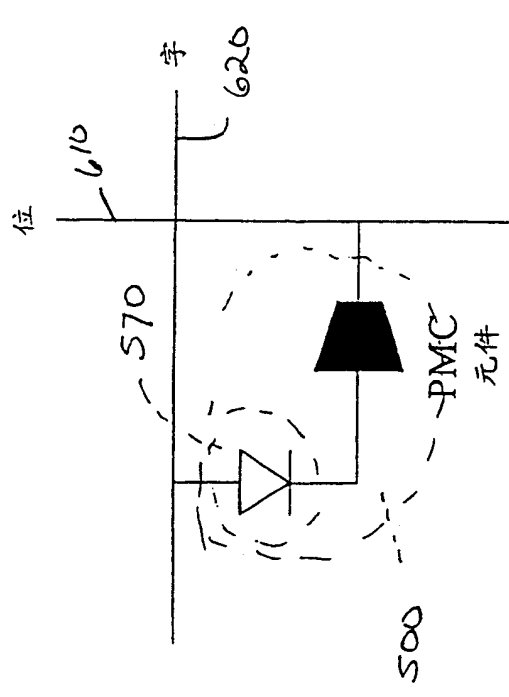


图 6