

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G11C 11/22

C23C 14/24

H01L 21/285



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03814175.2

[43] 公开日 2005 年 8 月 31 日

[11] 公开号 CN 1662994A

[22] 申请日 2003.6.16 [21] 申请号 03814175.2

[30] 优先权

[32] 2002.6.18 [33] NO [31] 20022910

[86] 国际申请 PCT/NO2003/000198 2003.6.16

[87] 国际公布 WO2003/107351 英 2003.12.24

[85] 进入国家阶段日期 2004.12.17

[71] 申请人 薄膜电子有限公司

地址 挪威奥斯陆

[72] 发明人 H·荣格克兰茨 N·埃德瓦德森

J·卡尔斯森 G·古斯塔夫斯森

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

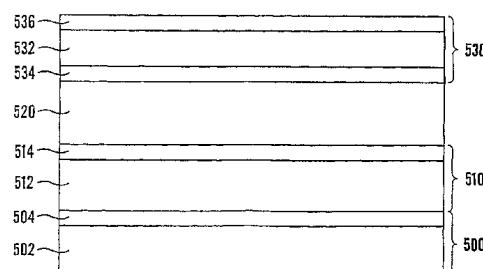
代理人 邹光新 张志醒

权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 4 页

[54] 发明名称 用于在铁电存储器件中制造铁电存储单元的方法,以及铁电存储器件的交叉点中限定存储单元。

[57] 摘要

在一种在铁电存储器件中用于制造铁电单元的方法中,在硅衬底上形成包括至少一个金属层和可选的至少一个金属氧化物层的第一电极,该衬底可选地为二氧化硅绝缘层。在第一电极层的顶部形成由铁电聚合物薄膜组成的铁电层,并且至少在铁电层上形成包括至少一个金属层和至少一个金属氧化物层的第二电极。通过将高纯度的蒸发源从泻流单元热蒸发到其中充满气体或者气体混合物的真空室中的铁电层上,沉积得到该第二电极。一种铁电存储器件,其中通过上述方法制造该存储单元,包括至少第一组和第二组各自平行的电极(510; 530),其中组中的电极(510; 530)与最靠近下面组的电极(530; 510)垂直设置,并且具有在连续电极组之间设置的铁电层(520)中形成的存储单元,使得在其每一面上接触铁电层(520)的电极(510; 530)之间



1. 一种用于制造铁电存储单元的方法，包括步骤：
 - (a) 设置由硅层、并且可选地由二氧化硅绝缘层组成的衬底；
 - 5 (b) 形成第一电极，包括至少一个金属层和至少一个金属氧化物层，并且设置所述第一电极使其与所述衬底相邻，并与所述硅层或所述可选的二氧化硅绝缘层接触；
 - (c) 形成由聚合物铁电薄膜组成的第一铁电层，并且设置所述第一铁电层使其与所述第一电极相邻并与其接触；和
 - 10 (d) 形成第二电极，包括至少一个金属层和至少一个金属氧化物层，并且设置所述第二电极使其与所述第一铁电层相邻并与其接触，该方法的特征在于步骤(d)进一步包括：

形成所述至少一个金属氧化物层之一，其形成是通过在真空室中放置所述衬底、所述第一电极和所述第一铁电层，在泻流单元中提供高纯度的蒸发源，所述泻流源设置在所述真空室中，在提供第一气压的工作气体时将所述高纯度的蒸发源从所述泻流单元热蒸发到所述第一铁电层的表面上；并且通过在保持第二气压的同时，将所述高纯度的蒸发源从所述泻流单元热蒸发到所述至少一个金属氧化物层的表面上，形成所述至少一个金属层之一。
- 20 2. 根据权利要求1的方法，其特征在于所述高纯度蒸发源是高纯度的钛。
3. 根据权利要求2的方法，其特征在于所述第二电极的所述至少一个金属层是钛层，并且所述第二电极的所述至少一个金属氧化物层是氧化钛层，二氧化钛层或氧化钛与二氧化钛的组合层。
- 25 4. 根据权利要求3的方法，其特征在于所述工作气体是氧气。
5. 根据权利要求1的方法，其特征在于所述工作气体是至少氧气与氮气的混合气体。
6. 根据权利要求5的方法，其特征在于所述工作气体中氧气的体积组成少于50%，所述工作气体中氮气的体积组成大于50%。
- 30 7. 根据权利要求6的方法，其特征在于所述工作气体中氧气的体积组成为15%至25%。

8. 根据权利要求1的方法,其特征在于所述真空室中的所述第一气压在 10^{-3} 与 10^{-6} Torr之间。

9. 根据权利要求2的方法,其特征在于所述泻流单元包括由石墨形式的碳制成的坩锅。

5 10. 根据权利要求10的方法,其特征在于在所述高纯度蒸发源的热蒸发期间,所述坩锅被加热到1600与1900摄氏度之间。

11. 根据权利要求1的方法,其特征在于进一步包括步骤:

(e) 形成由聚合物铁电薄膜组成的第二铁电层,设置所述第二铁电层使其与所述第二电极相邻并与其接触;

10 (f) 通过热蒸发形成第三电极,其包括至少一个金属层和至少一个金属氧化物层,设置所述第三电极使其与所述第二铁电层相邻并与其接触;

(g) 形成由电介质材料组成的第一电介质隔层,设置所述第一电介质隔层使其与所述第三电极相邻并与其接触;

15 (h) 重复步骤(a) - (g)至少一次。

12. 根据权利要求12的方法,其特征在于将步骤(h)重复3次,并且进一步包括步骤:

(i) 形成包括至少一个金属层和至少一个金属氧化物层的第13电极,所述第13电极与至少2个其它电极电连接。

20 13. 一种包括铁电存储单元的铁电存储器件,当没有电场施加到存储单元时,其可以以至少两个极化状态之一来存储数据,其中该铁电存储器件包括由聚合物铁电薄膜形成的至少一个铁电层(520)和至少第一组和第二组各自平行的电极(510; 530),其中第一组的电极(510)与所述第二组的电极(530)基本成垂直关系设置,所述第一组和第二组电极(510; 530)在所述至少一个聚合物铁电层(520)的相对表面上与铁电存储单元接触,并且其中通过对至少第一组和第二组电极(510; 530)施加适当的电压,可以对铁电存储单元进行读、刷新或写操作,其特征在于:

30 所述第一组电极(510)包括至少一个金属层(512)和至少一个金属氧化物层(514),所述第一组电极(510)被设置成与衬底(500)相邻,并与硅层(502)或可选的与二氧化硅绝缘层(504)接触;

所述第二组电极(530)包括至少一个金属层(532)和至少一个金

属氧化物层(534)，所述第二组电极(530)被设置成与铁电层(520)相邻并与其接触；和

通过在分别提供第一和第二气压的工作气体的同时，将高纯度的蒸发源(430)从泻流单元(410)热蒸发到所述铁电层(520)的表面上，
5 在真空室(400)中形成所述第二组电极(530)。

14. 根据权利要求13的铁电存储器件，其特征在于包括3组或多组电极(510、530、602...)，和至少2个铁电层(520、600...)，每一组电极(510、530、602...)被设置成与至少一个铁电层(520、600...)相邻并与其接触，并且每一个铁电层(520、600...)被设置在2组电极
10 (510、530; 530、602; ...)之间并与其接触。

用于在铁电存储器件中制造铁电存储单元
的方法，以及铁电存储器件

技术领域

5 本发明涉及一种用于制造铁电存储单元的方法，包括步骤：

(a) 设置由硅层、并且可选地由二氧化硅绝缘层组成的衬底；

(b) 形成第一电极，包括至少一个金属层和至少一个金属氧化物层，并且设置所述第一电极使其与所述衬底相邻，并与所述硅层或所述可选的二氧化硅绝缘层接触；

10 (c) 形成由聚合物铁电薄膜组成的第一铁电层，并且设置所述第一铁电层，使其与所述第一电极相邻并与其接触；和

(d) 形成第二电极，包括至少一个金属层和至少一个金属氧化物层，并且设置所述第二电极，使其与所述第一铁电层相邻并与其接触。

本发明也涉及一种包括铁电存储单元的铁电存储器件，在没有电场
15 施加到存储单元时，该存储单元能够在至少两个极化状态其中之一存储数据，其中该铁电存储器件包括至少一个由聚合物铁电薄膜形成的铁电层，和至少第一组和第二组分别平行的电极，其中该第一组电极和所述第二组电极基本上成垂直关系设置，所述第一组和第二组电极在所述至少一个聚合物铁电层的相对表面与铁电存储单元接触，并且其中至少该
20 第一组和第二组电极通过对其施加适当的电压，用于对铁电存储单元进行读取、刷新或者写入。

铁电物质是一种可电极化的材料，其在不施加外部电场时具有至少两个平衡方向的自发极化矢量，并且其中自发极化矢量可以通过电场在这些方向之间切换。由具有这种双稳态的剩余极化的材料所表现出的存储
25 效果可以用于存储应用。考虑将一种极化状态作为逻辑“1”并且另一种状态作为逻辑“0”。通过让两组平行电极彼此交叉、通常是垂直方式，以创建矩阵的交叉点，通过矩阵边缘的适当电极的选择性激励可以单独地对其进行电气访问，就可以实现典型的无源矩阵寻址存储应用。在电极组之间以电容器状结构设置铁电材料层，从而使得在电极交叉点之间的铁电材料中限定了存储单元。当在两个电极之间施加电势差时，该单元
30 中的铁电材料就被置于电场中，该电场通常产生磁滞曲线形或其部

分的极化响应。通过控制该电场的方向和强度，可以让存储单元位于所想要的逻辑状态。无源寻址这种类型的设置简化了制造，并可以具有高密度的交叉点或存储单元。

5 溅射是在铁电存储器件中沉积不同类型的层所通常使用的一种方法。通常通过溅射来沉积底部和顶部电极，并且有时候也用于沉积铁电存储层。在国际专利申请公开 WO 00/01000 (Hayashi & al.) 中公开的是使用直流磁控管反应溅射法来创建平滑的、例如由铂制成的底部电极。使用了惰性气体与氧气或氮气的混合气体。这就减少了表面不规则的数量，诸如尖锐的小丘，并可以提高耐疲劳度、极化和印记(imprint)
10 特征。但是对具有钙钛矿铁电单元、例如非常普遍使用的铅锆钛酸盐(PZT)的器件执行这种方法，就具有相对较少的问题，然而对于使用聚合物作为存储材料的铁电存储器件就需要解决另一种类型的问题。顶部电极的溅射可能会破坏聚合物铁电单元，并因此需要另一种产生顶部电极的方法。

15 美国专利 US 6,359,289 (Parkin) 公开的是磁隧道结器件的制造，其中优选地将绝缘隧道阻挡层热蒸发到固定铁磁层上。与铁磁存储器件工作的方式相似，该绝缘隧道阻挡层两侧上的两个铁磁层可以呈现不同的磁化方向，即磁动量的相对方向，并相应的可以用作非易失性随机存取存储器。该绝缘隧道阻挡层主要由镓和/或铟的氧化物或氮化物制成。
20 另外，铝的氧化物或氮化物可以作为额外层的形式形成部分的阻挡层材料。制备氧化镓的优选方法是通过存在在原子氧源或其它源提供的氧气或更多的反应氧气中从泻流源中沉积镓。然而，这里所出现的问题是高阻抗区的值，即较大的隧道阻挡层的能量高度。因此，这种热蒸发镓和/或铟的氧化物或氮化物的方案并不能解决当应该在下面的聚合物层上沉积或形成电极材料时所出现的问题。

25 进一步可以从专利 EP 567 870 A1 (Puffmann, 转让给 Ramtron Int. Corp.) 得知一种在铁电存储器件中使用的铁电电容器。该公开物通常公开了一种复合底部电极，包括钽附加层和接触层，例如铂金属、或铂和其它金属的合金。这里铁电存储材料是无机材料，例如本领域熟知的铅
30 锆钛酸盐(PZT)。相对侧上的顶部电极可以是类似的合成物，并可以由铂或铂和其它金属的合金组成。由于铁电材料在任何情况下都是诸如 PZT 的无机材料，该材料与沉积顶部电极过程之间的热不相容性并不成为问

题。

因此本发明的主要目的是提供一种用于在铁电存储器件中制造存储单元的电极层的方法，并且特别地，本发明的目的是提供一种用于在铁电存储器件中制造存储单元的顶部电极层的方法。甚至更具体地，本发明的目的是提供一种用于将顶部电极的电极金属沉积到铁电聚合物形式的铁电存储层上的方法。

本发明进一步的目的是提供一种使用根据本发明的方法制造的铁电存储器件。

使用一种方法可以实现根据本发明的上述目的以及进一步的特征和优势，该方法的特征在于步骤(d)进一步包括：形成一个金属氧化物层，其形成是通过在真空室中放置所述衬底、所述第一电极和所述第一铁电层，在泻流单元中提供高纯度的蒸发源，所述泻流源设置在所述真空室中，在提供第一气压的工作气体时将所述高纯度的蒸发源从所述泻流单元热蒸发到所述第一铁电层的表面上；并且通过在保持第二气压的同时，将所述高纯度的蒸发源从所述泻流单元热蒸发到所述至少一个金属氧化物层的表面上，形成所述至少一个金属层之一。

优选地，该高纯度的蒸发源为高纯度的钛。进一步优选地，第二电极的至少一个金属层是钛层，并且第二电极的至少一个金属氧化物层是氧化钛层、二氧化钛层和氧化钛与二氧化钛的组合层。

优选地，该工作气体是氧气，或是至少氧气或氮气的混合气体。在后一种情况下，氧气占工作气体的体积比少于50%，氮气占工作气体的体积比多于50%，优选地，氧气占工作气体的体积比是15%至25%。

该真空室中的气压有利地为 -10^3 与 -10^6 Torr之间。

该泻流单元有利地包括由石墨形式的碳制成的坩锅，并且然后该坩锅在高纯度的蒸发源的热蒸发期间，优选可以被加热到1600-1900摄氏度之间。

根据本发明的优选实施例进一步包括步骤：

(e) 形成由聚合物铁电薄膜组成的第二铁电层，所述第二铁电层被设置成与所述第二电极相邻并与其接触；

(f) 通过热蒸发形成第三电极，其包括至少一个金属层和至少一个金属氧化物层，所述第三电极被设置成与所述第二铁电层相邻并与其接触；

(g) 形成由电介质材料组成的第一电介质隔层, 所述第一电介质隔层被设置成与所述第三电极相邻并与其接触;

(h) 重复步骤(a) - (g) 至少一次。

在该连接中, 优选地将步骤(h)重复3次, 并且进一步包括步骤:

- 5 (i) 形成包括至少一个金属层和至少一个金属氧化物层的第13电极, 该第13电极与至少2个其它电极电连接。

本发明也涉及一种铁电存储器件, 其特征在于所述第一组电极包括至少一个金属层和至少一个金属氧化物层, 所述第一组电极被设置成与衬底相邻并与硅层接触, 或可选的与二氧化硅绝缘层接触, 并且所述第
10 二组电极包括至少一个金属层和至少一个金属氧化物层, 所述第二组电极被设置成与铁电层相邻并与其接触, 并且通过在分别提供第一和第二气压的工作气体的同时, 将高纯度的蒸发源从泻流单元热蒸发到所述铁电层的表面上, 在真空室中形成所述第二组电极。

在优选的实施例中, 该铁电存储器件包括3组或更多组电极, 和至
15 少2个铁电层, 设置每组电极使其与至少一个铁电层相邻并与其接触, 并且每一个铁电层设置在两组电极之间并与其接触。

现在通过讨论本发明的示范性实施例以及附图, 对其进行更加详细的解释, 其中:

图1所示为铁电存储材料的示意性的磁滞曲线;

20 图2a所示为无源矩阵寻址器件的示意性原理, 其中在各个电极组中平行设置的第一和第二电极垂直交叉;

图2b所示为带有存储单元的图2a中的器件, 其包括在交叉电极之间设置的铁电材料;

图3是根据本发明优选实施例的存储器件的方框图;

25 图4是根据本发明方法的实施例所使用的泻流单元的示意性的部分截面图;

图5是根据本发明的存储器件的实施例所使用的铁电存储单元的示意性的截面图;

30 图6是在根据本发明另一实施例中的四个层叠的铁电存储单元的示意性截面图。

在参照优选实施例对本发明进行解释之前, 应该特别的参照矩阵寻址的铁电存储器的结构简单地介绍其一般的背景技术、以及对它们通常

如何进行寻址以便被读出。

图 1 所示为铁电材料的磁滞曲线 100。这里极化 P 是作为电压 V 的函数。正饱和极化表示为 P_s ，负饱和极化表示为 $-P_s$ 。而 P_r 和 $-P_r$ 分别表示正的和负的剩余极化，即可以在铁电存储单元中出现的两个永久极化状态，并且在这种情况下其可以用来表示逻辑“1”或“0”。 V_s 和 $-V_s$ 分别表示正的和负的矫顽电压。需要理解的是，根据实际考虑，假定极化为电压的函数。通常，电压可以用电场强度 E 代替，并且同样的，通常 E_c 和 $-E_c$ 分别表示该铁电材料的正的和负的矫顽电场强度。然后将电场强度乘以具体存储单元的铁电层的厚度，可以计算得到该电压。

每次将存储单元置于各自的标称切换电压 V_s 和 $-V_s$ 下，都可以得到饱和极化 P_s 和 $-P_s$ ，该标称切换电压 V_s 和 $-V_s$ 分别大于各自的矫顽电压 V_c 和 $-V_c$ 。一旦去掉所施加的电场，该铁电材料就会释放并分别返回到两个剩余极化状态 P_r 和 $-P_r$ 之一，这里其在磁滞曲线上分别表示为点 110 和 112。通过施加分别可以表示为切换电场或切换电压的负电场 $-E_s$ 或负电压 $-V_s$ ，极化方向例如可以从 110 点的剩余正极化发生改变，并且该铁电材料然后被驱动到负饱和极化 $-P_s$ ，并随后释放到相反的极化状态 $-P_r$ 。相应的正切换电场 E_s 或切换电压 V_s 可以将负极化状态 $-P_r$ 改变到 P_r 。使用这种类型的切换规约也就是脉冲规约，在写和读操作过程中，通过将电压施加到存储矩阵中的电极上来确定电场。

图 2 所示为垂直交叉电极的矩阵。根据标准术语，行电极的水平电极此后应该表示为字线 200，简称为 WL，列电极或垂直电极表示为位线 210，简称为 BL。如图 2a 中所示，该矩阵可以是具有 m 个字线 WL 和 n 个位线 BL 的矩阵，从而其成为一个 $m \times n$ 矩阵，那么其当然总共具有在字线 WL 和位线 BL 之间的交叉点中定义的 $m \times n$ 个存储单元。在图 2b 中所示为图 2a 中矩阵的一部分，并且其中字线 WL 与位线 BL 之间的交叉表示存储单元 220。然后存储单元 220 中的铁电材料形成类似于介电电容器的结构，具有各自作为电极的字线 WL 和位线 BL，例如 200 和 210。在驱动和检测工作期间，激活字线 202 和位线 212，以分别激活字线 AWL 和位线 ABL。然后可以对其施加足够高的电压，以切换如图 2b 中所示给定存储单元的极化方向，或者可以限定该单元中与写操作一致的具体极化方向，或者可以用于检测或监测所设置的、有时形成读操作的极化方向。位于电极之间的铁电材料或铁电层如上所述用作铁电电容器 222。因

此通过设置相关联的字线 202 和位线 212 的电势，即激活字线 AWL 和激活位线 ABL，使得该电势差与标称切换电压 V_s 一致，由此选择存储单元 220。同时必须控制其余字线和位线的电势，例如在图 2a 中用 200 和 210 表示的并在存储单元 220 交叉的、未被寻址的字线和位线的电势，使得未被寻址的存储单元 220 处所谓的干扰电压保持最小。

由于根据本发明的方法涉及铁电存储器件，并且特别地，其中该铁电存储材料是聚合物，为了容易理解其功能，应该给出这种类型的铁电存储器件的范例。

图 3 所示的简化方框图构成了可寻址矩阵铁电存储器件的结构和功能部件，其可以用于本发明，并且其中例如可以应用本发明的方法。该存储宏 310 包括存储阵列或矩阵 300、行和列译码器 32、302、读出放大器 306、数据锁存器 308、和冗余字线和位线 304、34。在读出放大器 306 进行读出的时候，行和列译码器 32、302 对存储单元的地址进行译码。数据锁存器 308 保持读出的数据，直至部分和全部的数据被传送到存储控制逻辑或者逻辑模块 320。从存储宏 310 读出的数据会具有一定的误码率 (BER)，通过将冗余字线和位线 304、34 替换存储阵列 300 中的故障字线和位线可以减小误码率。该存储宏 310 可以具有包含误差校正码 (ECC) 信息的数据段，以进行误差检测。存储控制逻辑 320 提供存储宏 310 的数字接口，并且控制对存储阵列 300 的写和读操作。在存储控制逻辑 320 中也可以找到用于将冗余字线和位线 304、34 替换故障位线和字线的存储初始化和逻辑。存储器件的器件控制器 330 将存储控制逻辑 320 连接至外部总线标准。电压产生器或电荷泵装置 340 产生对存储单元进行写和读操作所需要的某些电压。通过振荡器 (未示出) 从器件控制器 330 输入分离时钟到电荷泵 340，电荷泵 340 使用其可以独立于使用存储宏 310 的应用的位速率，产生电压或进行充电。

由于根据本发明的方法通过从泻流单元对电极材料进行热蒸发，从而制造电极层，现在将给出泻流单元是如何实现和工作的范例。参照图 4，在该连接中以普通的方式讨论泻流单元。

图 4 所示为泻流单元 410，其包括坩锅 420、加热部件 422、构架 424、支持 426 和盖 428。在工作操作期间，用高纯度的蒸发源 430 填充坩锅，其然后蒸发到衬底 440 上。坩锅 420 可以是任何理想形状，并可以由任何合适的难熔材料组成，诸如碳、钽、钼或热解氮化硼。一组支持 426

将坩锅 420 固定在构架 424 内部。使用加热部件 422 以蒸发该蒸发源 430。各种装置之间，加热部件 422 的数目和位置可以不同。有时加热部件 422 可以位于靠近坩锅 420 的开口的地方，使得蒸发源 430 在该区域中不会出现冷凝。构架 424 和盖 428 防护周围免受热辐射。构架 424 中可以包括热电偶，以跟踪温度及其变化。这里泻流单元 410 以及衬底 440 位于真空室 400 中，其中可以充满工作气体，其也可以用于提供真空环境。衬底 440 安装在固定器 422 上，其根据特定环境的需要可以旋转或不旋转。这种简单的描述到此为止，如果需要可以参照更加详细的描述，例如美国专利 US6,011,904 (Mattord) 或美国专利 US6,162,300 (Bichrt)，其中任何一个都不会对本发明具有任何限制效果。

当将电极层溅射到由聚合物材料制成的存储层顶部的时候，会产生一些属性方面的故障或缺陷，现在就与此相关的更加一般的问题将描述如前所述实施的根据本发明的方法的具体和优选实施例，用于在铁电存储器件中制造电极层。特别地，属性中的这些故障和缺陷会以存储材料的形式出现，这种材料具有较差的极化属性和较差的耐疲劳度，即容易失去极化，并且剩余极化值降低（例如随着切换周期数的增加，极化方向的换向，并且通常是由于干扰电压和存储单元阵列中的寄生电容的原因）。

根据本发明，通常提出使用破坏铁电存储层，首先是铁电聚合物的存储层，通过将电极金属从泻流单元热蒸发到铁电存储层上来解决该问题。其预先假定该铁电存储器件可以通过不同的沉积方法制成。旋涂是用于应用聚合物材料的铁电存储层的最适合并且普通的方法。底部电极组仍可以被溅射，由于硅衬底可以被看作与该过程热兼容，因此其不会被破坏。然而，必须蒸发顶部电极组以避免破坏存储材料，例如具有相对较低熔点、典型的为大约 200 摄氏度数量级的铁电聚合物材料。

图 5 所示为铁电存储单元的示意性截面图。其形成在衬底 500 上，并且包括第一或底部电极 510、第一铁电层 520、和第二或顶部电极 530。在第一个优选实施例中，该衬底 500 由硅层 502 组成，并且在其上面按照实质上所熟知的方式制作二氧化硅绝缘层 504。使用溅射来沉积该第一或底部电极 510。多种金属适合作为电极材料，但是优选地使用钛。为了如平常所使用的通过旋涂沉积聚合物铁电层 520，必须将该器件即衬底和电极从一个制造设备传送到另一个设备。在该传送期间电极发生氧化，

并且电极 510 从而由第一金属层 512 及其上面的第一金属氧化物层 514 组成。然而这并不是所想要的效果，由于第一金属氧化物层 514 可以用作防止扩散的阻挡层，或用作防止可能会导致耐疲劳度降低或接触故障的分离的粘附层。然后通过底部电极 510 的顶部旋涂聚合物形成第一铁电层 520。这样，使用根据本发明的方法通过热蒸发来沉积第二或顶部电极 530。再次，多种材料都是适用的，但是优选地使用钛。为了在第二电极层 530 中形成第二金属氧化物层 534，并且类似于第一电极层 510 中的第一金属氧化物层 514，使得第二金属氧化物层 534 与第一铁电层 520 接触，并且用作粘附层或提供其它功能，在操作期间真空室 400 中充满工作气体。该工作气体至少包括氧气或氮气。在使用氧气作为工作气体的情况下，在第一铁电层 520 的顶部上会形成氧化钛层、二氧化钛层、或氧化钛与二氧化钛的组合层。一旦第二金属氧化物层 534 达到了足够的厚度，减小气压并且热蒸发过程继续，导致在氧化层 534 上形成纯金属层 532。再次，将该器件传送到另一制造设备，并且在金属层 532 的顶部形成第二金属氧化物层 536。

当形成第二金属氧化物层 534 的时候，工作气体的气压保持在 10^{-3} 与 10^{-6} Torr 之间。在热蒸发过程的余下期间，气压足够低以避免形成氧化物，但是要高到能够在形成第二金属层 532 的过程中具有较快的沉积速率。在第二金属层 532 所需要的纯度与蒸发真空室 400 所需要的时间或是在真空室 400 中降低气压以得到理想的低气压所需要的时间之间需要折衷权衡。如所提到的，该工作气体包括氧气或氮气。一个选择是只使用氧气，另一个选择是使用氧气与氮气的混合物。在使用混合物的情况下，氧气含量的体积小于 50%，并且氮气含量的体积相应的大于 50%。优选地，混合物中氧气含量的体积在 15% 至 25% 之间。在某些实施例中，该工作气体还具有其它气体成分。

对于热蒸发，优选地使用由石墨形式的碳制成的坩锅 420。其填充有可从多种适当的金属中选择的蒸发源 430，但是优选地使用高纯度的钛。在蒸发操作期间，坩锅 420 会被加热到 1600 至 1900 摄氏度之间。

可以通过不同的变化实施根据第一优选实施例的方法。可以使用具有硅层 502 但是没有二氧化硅层 504 的衬底 500。同样的，如果需要的话，第一电极 510 可以由多于一个的第一金属层 512 或多于一个的第一金属氧化物层 514 组成，并且然后可以按照任何适当的顺序设置这些层

512、514。这可以通过使用不同的金属进行连续沉积处理或者通过改变例如泻流过程的工作气体而实现。也可以对第二电极 530 进行相应的处理考虑。

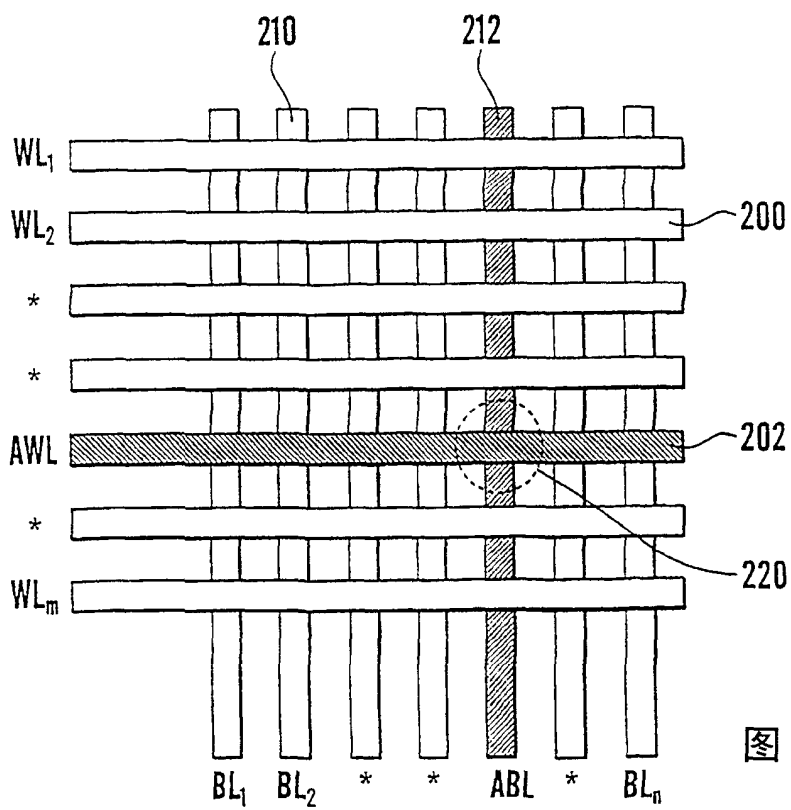
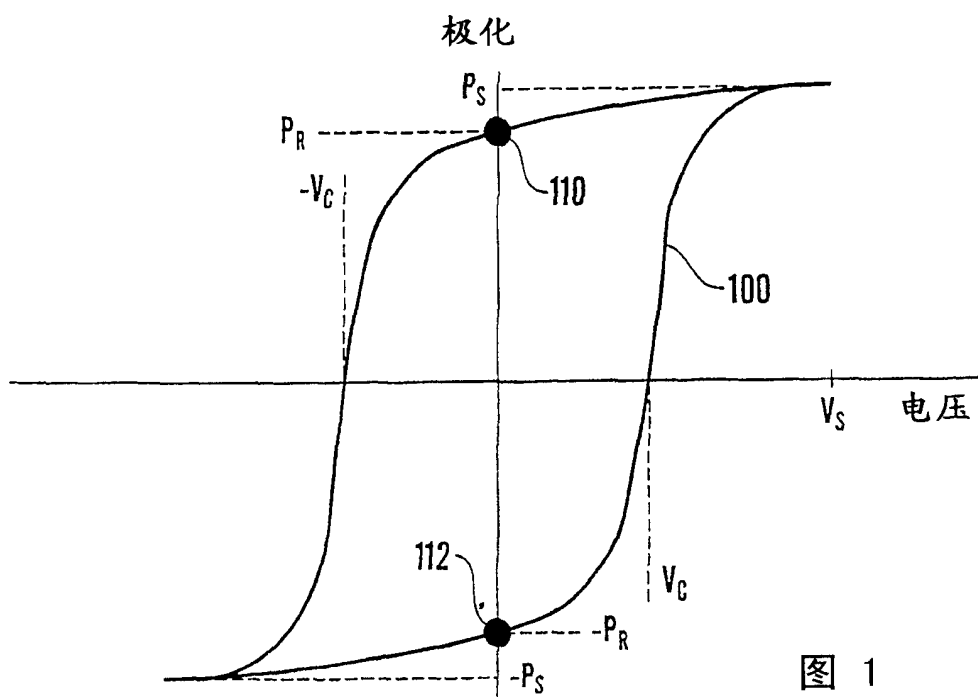
第二优选实施例是根据与第一优选实施例中相同的处理步骤，并且另外包括一些其它步骤。在衬底 500 上连续沉积了第一电极 510、第一铁电层 520 和第二电极 530 之后，沉积过程可以继续沉积第二铁电层 600、第三电极 602 和第一电介质隔层 604，如图 6 中所示。按照这种方式，可以建造具有层叠的存储单元的铁电存储器件，其具有所想要的或实际上可以实现的任意多的多层存储单元。设置第一电极 510 和第二电极 530，以便在它们之间施加电势差，从而影响第一铁电层或存储材料 520 的极化响应。同样的，设置第二电极 530 和第三电极 602，使得在它们之间施加的电势差可以用来影响第二铁电层 600 的极化响应。在进一步沉积电极组和铁电层之前，通过电介质隔层 604 提供绝缘。现在可以在该堆层中形成更多的铁电存储单元，例如继续形成第四电极 606、第三铁电层 608、第五电极 610、第四铁电层 612、第六电极 614 和另一电介质隔层 616。这样设置第四电极 606 和第五电极 610，使得在它们之间施加电势差，并且该电势差可以影响第三铁电层 608 的极化响应，而相应的形成第五电极 610 和第六电极 614 使得在它们之间可以施加电势差，并且可以影响第四铁电层 612 的极化响应。再次，在堆层中进一步沉积和形成存储单元的情况下，通过第二电介质隔层 616 提供所需要的绝缘。

特别地并且在第三优选实施例中，实际中需要重复根据本发明方法的步骤，直至铁电存储器件包括 12 个电极、8 个铁电层和 4 个电介质隔层形式的绝缘层。然后为了在铁电存储器件中的不同位置之间提供电连接，可以沉积第 13 电极。

通过应用根据本发明的方法，可以在容积或三维结构中制造具有高集成度的存储器件。在通常所知的实施例中，对于每一铁电存储层使用 2 组电极，即底部电极和顶部电极，和另外的绝缘电介质隔层。对于具有 8 个铁电层的存储层的存储器件，这意味着有 16 个电极层和 8 个电介质层或绝缘层，总共 32 层。通过应用这种实施例，其中第一存储层的顶部电极形成第二存储层的底部等，8 个铁电层只需要 9 个电极层并且可能在顶部需要绝缘层，总共 18 层。于是，得到了共有 18 层的器件，但是具有的缺点就是，不能对所有的铁电层同时即并行地进行寻址存储单元，但

是至多可以对每隔一层进行，并且还具有另外的缺点就是，产生寄生电流和不想要的电容耦合的可能性增加了。根据本发明的存储器件提供一种折衷，并且对于 8 个存储层，总共可以包括 24 层，但是可以提高寻址能力，这是由于使用了 4 个绝缘层或隔层，从而在容积结构中的存储层之间提供了更好的保护以避免不想要的耦合例如寄生电容。实现根据本

5 发明的方法，进一步在沉积过程中可以沉积铁电层或存储层的顶部电极，而不会破坏铁电存储材料，当其是由低熔点材料诸如铁电聚合物形成时，这一点非常重要。



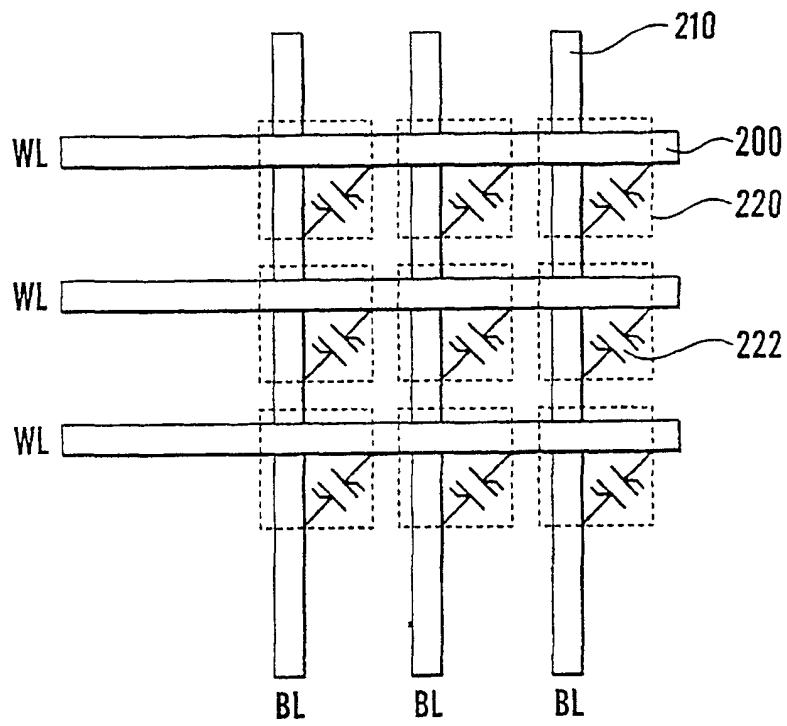


图 2b

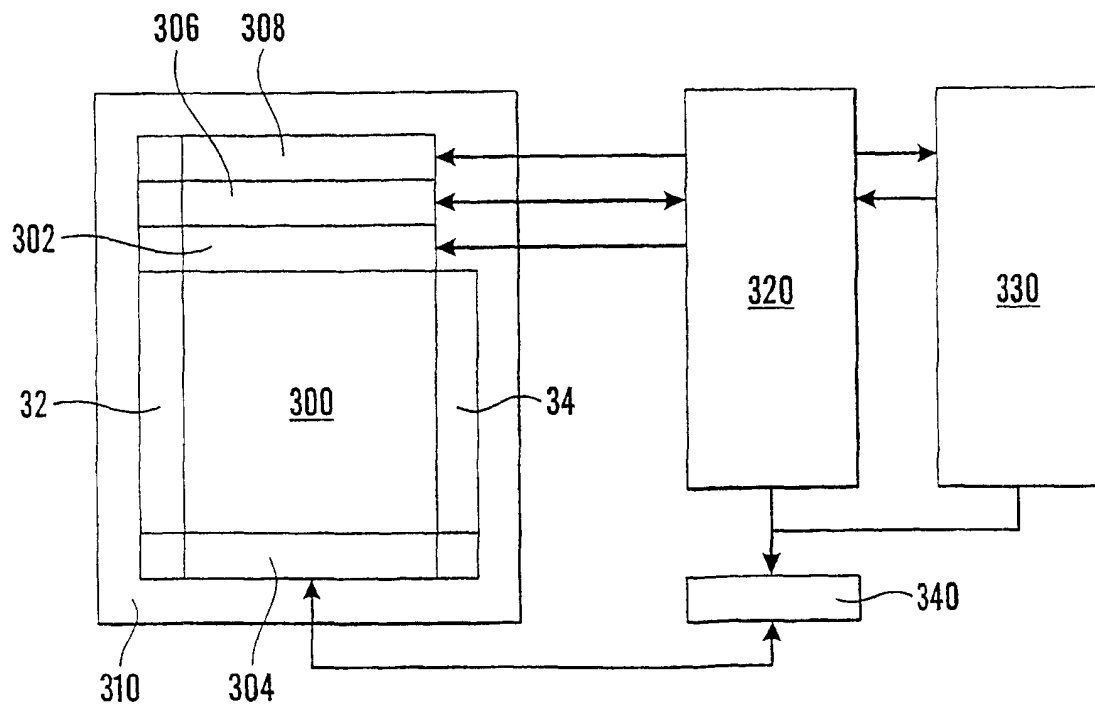


图 3

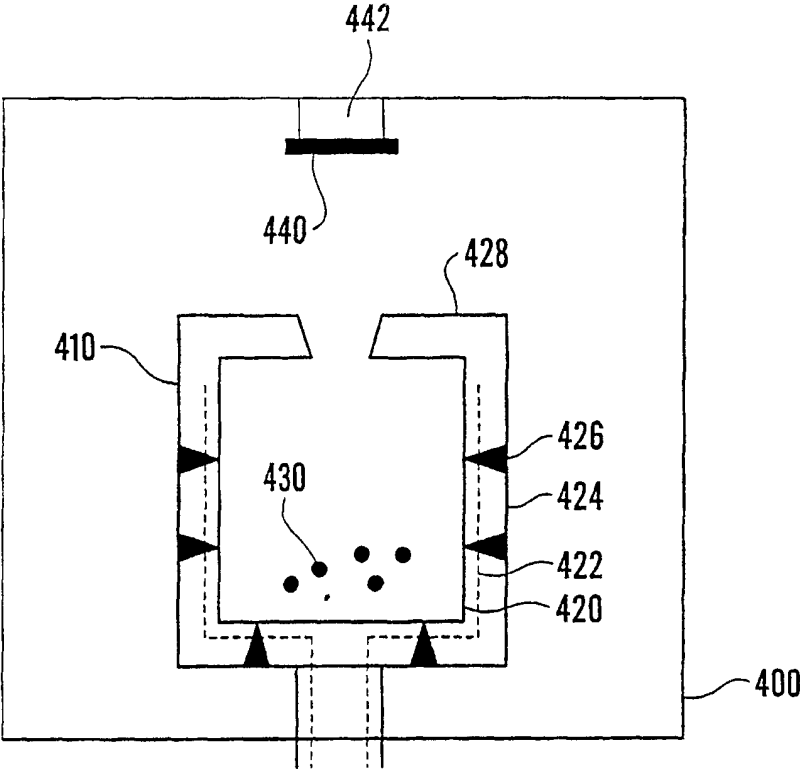


图 4

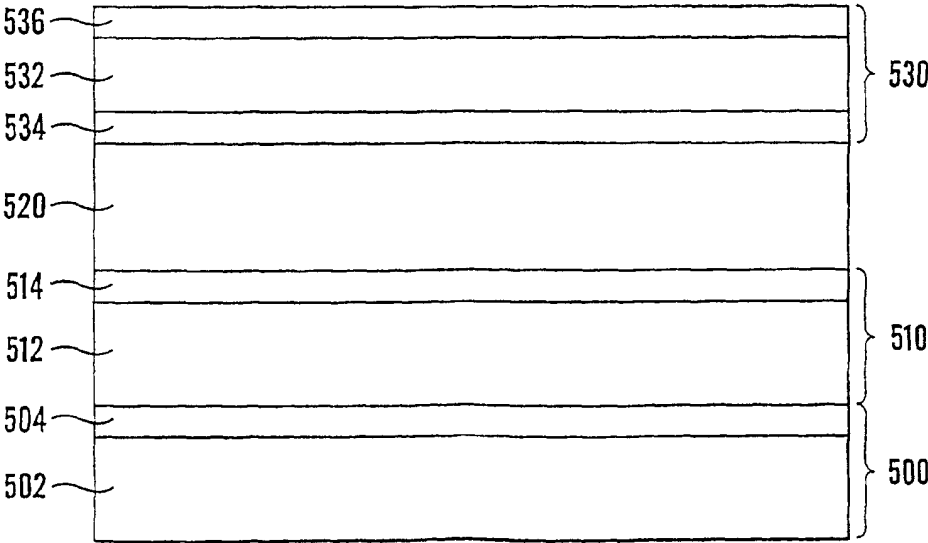


图 5

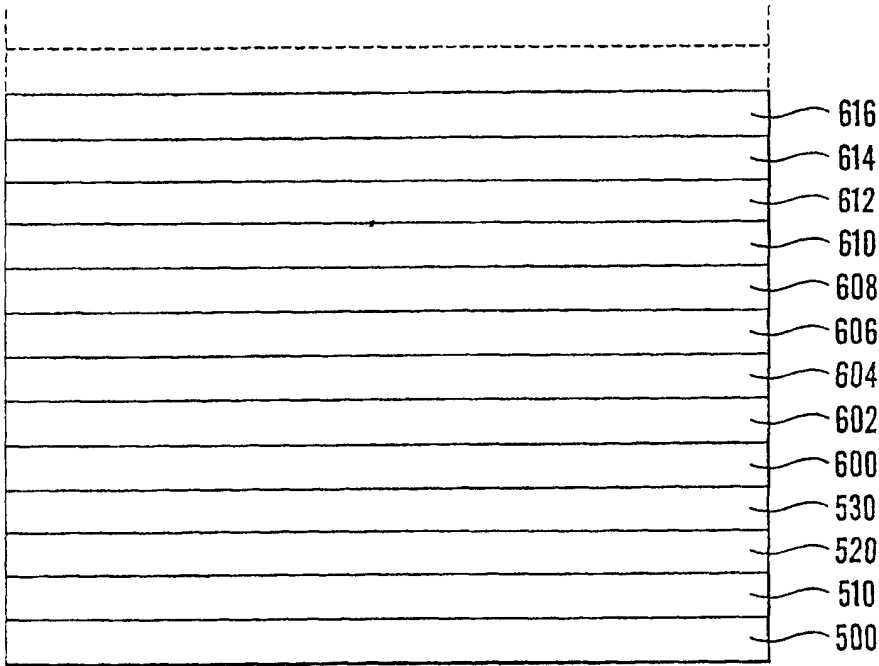


图 6