



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105633279 A

(43) 申请公布日 2016. 06. 01

(21) 申请号 201610066316. X

(22) 申请日 2016. 01. 29

(71) 申请人 中国科学院上海微系统与信息技术研究所

地址 200050 上海市长宁区长宁路 865 号

(72) 发明人 刘波 宋志棠 许震 封松林

(74) 专利代理机构 上海光华专利事务所 31219  
代理人 余明伟

(51) Int. Cl.

H01L 45/00(2006. 01)

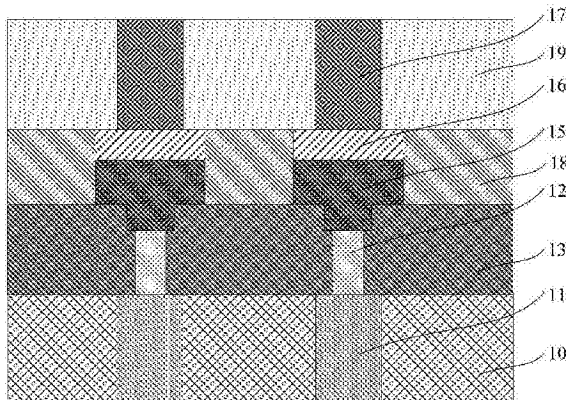
权利要求书2页 说明书8页 附图7页

(54) 发明名称

包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元及制作方法

(57) 摘要

本发明提供一种包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元及制作方法,包括:1) 提供衬底,在衬底内形成至少一个下电极;2) 在下电极的上表面形成加热电极,在加热电极之间的衬底表面形成第一绝缘材料层;3) 采用回刻工艺刻蚀去除部分加热电极及第一绝缘材料层,在加热电极上方的第一绝缘材料层内形成限定型孔结构;4) 在限定型孔结构内形成部分限定型相变材料结构,并在部分限定型相变材料结构表面形成上电极;5) 在上电极表面形成引出电极。本发明与传统蘑菇型器件结构相比,相变体积减小,可以大大降低器件功耗并提高相变速度,与完全限定型相变材料器件结构相比,不需要引入相变材料的化学机械抛光工艺,避免了对相变材料上表面的损伤。



1. 一种包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的制作方法, 其特征在于, 所述制作方法包括以下步骤:

1) 提供衬底, 在所述衬底内形成至少一个下电极, 所述下电极镶嵌于所述衬底内, 且所述下电极的上表面与所述衬底的上表面相平齐;

2) 在所述下电极的上表面形成加热电极, 并在所述加热电极之间的所述衬底表面形成第一绝缘材料层;

3) 采用回刻工艺刻蚀去除部分所述加热电极及所述第一绝缘材料层, 在所述加热电极上方的所述第一绝缘材料层内形成限定型孔结构;

4) 在所述限定型孔结构内形成部分限定型相变材料结构, 并在所述部分限定型相变材料结构表面形成上电极;

5) 在所述上电极表面形成引出电极。

2. 根据权利要求1所述的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的制作方法, 其特征在于: 所述步骤1) 中, 采用溅射法、蒸发法、化学气相沉积法、等离子体增强化学气相沉积法、低压化学气相沉积法、金属化合物气相沉积法、分子束外延法、原子气相沉积法或原子层沉积法在所述衬底内形成所述下电极。

3. 根据权利要求1所述的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的制作方法, 其特征在于: 所述步骤2) 中, 采用溅射法、蒸发法、化学气相沉积法、等离子体增强化学气相沉积法、低压化学气相沉积法、金属化合物气相沉积法、分子束外延法、原子气相沉积法或原子层沉积法在所述下电极的上表面形成所述加热电极。

4. 根据权利要求1所述的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的制作方法, 其特征在于: 所述步骤2) 中, 形成的所述加热电极可以为圆柱形加热电极或刀片状加热电极, 所述圆柱形加热电极的直径为1nm~100nm, 高度为50nm~150nm, 所述刀片状加热电极的横截面尺寸为1nm~30nm×5nm~100nm, 高度为50nm~150nm。

5. 根据权利要求1所述的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的制作方法, 其特征在于: 所述步骤3) 中, 形成的所述限定型孔结构的形状为圆柱形、圆锥形、长方形或梯形, 所述限定型孔结构的横截面尺寸为5nm~50nm×10nm~150nm, 高度为10nm~100nm。

6. 根据权利要求1所述的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的制作方法, 其特征在于: 所述步骤4) 包括以下步骤:

4-1) 采用溅射法、蒸发法、化学气相沉积法、等离子体增强化学气相沉积法、低压化学气相沉积法、金属化合物气相沉积法、分子束外延法、原子气相沉积法或原子层沉积法在所述限定型孔结构内及所述第一绝缘材料层表面形成相变材料层;

4-2) 采用溅射法、蒸发法、化学气相沉积法、等离子体增强化学气相沉积法、低压化学气相沉积法、金属化合物气相沉积法、分子束外延法、原子气相沉积法或原子层沉积法在所述相变材料层表面形成上电极层;

4-3) 刻蚀所述上电极层及所述相变材料层, 形成所述上电极及所述部分限定型相变材料结构。

7. 根据权利要求1或6所述的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的制作方法, 其特征在于: 所述部分限定型相变材料结构的纵截面形状为T形, 包括第一部分及第二部分, 所述第一部分填满所述限定型孔结构, 所述第二部分位于所述第一部分的上表面, 且

所述第二部分的横向尺寸大于所述第一部分的横向尺寸。

8. 根据权利要求1所述的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的制作方法, 其特征在于: 步骤4) 之后, 还包括在所述部分限定型相变材料结构及所述上电极之间的所述第一绝缘材料层表面形成第二绝缘材料层的步骤。

9. 根据权利要求1所述的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的制作方法, 其特征在于: 所述步骤5) 中, 采用溅射法、蒸发法、化学气相沉积法、等离子体增强化学气相沉积法、低压化学气相沉积法、金属化合物气相沉积法、分子束外延法、原子气相沉积法或原子层沉积法在所述上电极表面形成引出电极。

10. 根据权利要求1所述的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的制作方法, 其特征在于: 步骤5) 之后, 还包括在所述引出电极之间的所述第二绝缘材料层表面形成第三绝缘材料层的步骤。

11. 一种包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元, 其特征在于, 所述包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元包括:

衬底;

下电极, 镶嵌于所述衬底内, 且上表面与所述衬底的上表面相平齐;

加热电极, 位于所述下电极的上表面;

部分限定型相变材料结构, 位于所述加热电极的表面;

上电极, 位于所述部分限定型相变材料结构的表面;

引出电极, 位于所述上电极的表面。

12. 根据权利要求11所述的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元, 其特征在于: 所述下电极贯穿所述衬底, 且所述下电极的下表面与所述衬底的下表面相平齐。

13. 根据权利要求11所述的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元, 其特征在于: 所述加热电极可以为圆柱形加热电极或刀片状加热电极, 所述圆柱形加热电极的直径为1nm~100nm, 高度为50nm~150nm, 所述刀片状加热电极的横截面尺寸为1nm~30nm×5nm~100nm, 高度为50nm~150nm。

14. 根据权利要求11所述的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元, 其特征在于: 所述部分限定型相变材料结构的纵截面形状为T形, 包括第一部分及第二部分, 所述第一部分位于所述加热电极表面, 所述第二部分位于所述第一部分的上表面, 且所述第二部分的横向尺寸大于所述第一部分的横向尺寸。

15. 根据权利要求14所述的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元, 其特征在于: 还包括第一绝缘材料层, 所述第一绝缘材料层位于所述加热电极及所述第一部分之间的所述衬底表面。

16. 根据权利要求11所述的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元, 其特征在于: 还包括第二绝缘材料层及第三绝缘材料层, 所述第二绝缘材料层位于所述部分限定型相变材料结构及所述上电极之间的所述第一绝缘材料层表面, 所述第三绝缘材料层位于所述引出电极之间的所述第二绝缘材料层表面。

## 包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元及制作方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于微电子领域,特别是涉及一种包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元及制作方法。

### 背景技术

[0002] 相变存储器技术是基于Ovshinsky在20世纪60年代末(Phys.Rev.Lett.,21,1450~1453,1968)70年代初(Appl.Phys.Lett.,18,254~257,1971)提出的相变薄膜可以应用于相变存储介质的构想建立起来的,是一种价格便宜、性能稳定的存储器件。相变存储器可以在硅晶片衬底上,其关键材料是可记录的相变薄膜、加热电极材料、绝热材料和引出电极材料等。相变存储器的基本原理是利用电脉冲信号作用于器件单元上,使相变材料在非晶态与多晶态之间发生可逆相变,通过分辨非晶态时的高阻与多晶态时的低阻,可以实现信息的写入、擦除和读出操作。

[0003] 相变存储器由于具有高速读取、高可擦写次数、非易失性、元件尺寸小、功耗低、抗强震动和抗辐射等优点,被国际半导体工业协会认为最有可能取代目前的闪存存储器而成为未来存储器主流产品和最先成为商用产品的器件。

[0004] 存储器的研究一直朝着高速、高密度、低功耗、高可靠性的方向发展。目前世界上从事相变存储器研发工作的机构大多数是半导体行业的大公司,他们关注的焦点之一是如何减小相变存储器的加热电极尺寸,目前比较普遍采用的是侧壁接触型加热电极、环形加热电极与刀片状加热电极及 $\mu$ 型加热电极,但上述结构的缺点是主要靠减小电极尺寸实现低功耗,而相变材料的尺寸都比较大;除了上述结构之外,还有另一种相变材料完全限定型的器件结构,但该结构的缺点和难点是相变材料在较深限定孔内的纳米填充及其后续化学机械抛光工艺。

[0005] 因此,提出一种新的纳米器件单元结构以解决上述技术问题实属必要。

### 发明内容

[0006] 鉴于以上所述现有技术的缺点,本发明的目的在于提供一种包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元及制作方法,用于解决现有技术中蘑菇型器件结构存在的相变材料的尺寸较大,器件结构的功耗大、相变速率低的问题,以及完全限定型器件结构存在的填充困难及需要化学机械抛光而导致的对相变材料表面造成损失的问题。

[0007] 为实现上述目的及其他相关目的,本发明提供一种包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的制作方法,所述包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的制作方法至少包括以下步骤:

[0008] 1)提供衬底,在所述衬底内形成至少一个下电极,所述下电极镶嵌于所述衬底内,且所述下电极的上表面与所述衬底的上表面相平齐;

[0009] 2)在所述下电极的上表面形成加热电极,并在所述加热电极之间的所述衬底表面形成第一绝缘材料层;

[0010] 3)采用回刻工艺刻蚀去除部分所述加热电极及所述第一绝缘材料层,在所述加热电极上方的所述第一绝缘材料层内形成限定型孔结构;

[0011] 4)在所述限定型孔结构内形成部分限定型相变材料结构,并在所述部分限定型相变材料结构表面形成上电极;

[0012] 5)在所述上电极表面形成引出电极。

[0013] 作为本发明的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的制作方法的一种优选方案,所述步骤1)中,采用溅射法、蒸发法、化学气相沉积法、等离子体增强化学气相沉积法、低压化学气相沉积法、金属化合物气相沉积法、分子束外延法、原子气相沉积法或原子层沉积法在所述衬底内形成所述下电极。

[0014] 作为本发明的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的制作方法的一种优选方案,所述步骤2)中,采用溅射法、蒸发法、化学气相沉积法、等离子体增强化学气相沉积法、低压化学气相沉积法、金属化合物气相沉积法、分子束外延法、原子气相沉积法或原子层沉积法在所述下电极的上表面形成所述加热电极。

[0015] 作为本发明的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的制作方法的一种优选方案,所述步骤2)中,形成的所述加热电极可以为圆柱形加热电极或刀片状加热电极,所述圆柱形加热电极的直径为1nm~100nm,高度为50nm~150nm,所述刀片状加热电极的横截面尺寸为1nm~30nm×5nm~100nm,高度为50nm~150nm。

[0016] 作为本发明的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的制作方法的一种优选方案,所述步骤3)中,形成的所述限定型孔结构的形状为圆柱形、圆锥形、长方形或梯形,所述限定型孔结构的横截面尺寸为5nm~50nm×10nm~150nm,高度为10nm~100nm。

[0017] 作为本发明的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的制作方法的一种优选方案,所述步骤4)包括以下步骤:

[0018] 4-1)采用溅射法、蒸发法、化学气相沉积法、等离子体增强化学气相沉积法、低压化学气相沉积法、金属化合物气相沉积法、分子束外延法、原子气相沉积法或原子层沉积法在所述限定型孔结构内及所述第一绝缘材料层表面形成相变材料层;

[0019] 4-2)采用溅射法、蒸发法、化学气相沉积法、等离子体增强化学气相沉积法、低压化学气相沉积法、金属化合物气相沉积法、分子束外延法、原子气相沉积法或原子层沉积法在所述相变材料层表面形成上电极层;

[0020] 4-3)刻蚀所述上电极层及所述相变材料层,形成所述上电极及所述部分限定型相变材料结构。

[0021] 作为本发明的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的制作方法的一种优选方案,所述部分限定型相变材料结构的纵截面形状为T形,包括第一部分及第二部分,所述第一部分填满所述限定型孔结构,所述第二部分位于所述第一部分的上表面,且所述第二部分的横向尺寸大于所述第一部分的横向尺寸。

[0022] 作为本发明的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的制作方法的一种优选方案,步骤4)之后,还包括在所述部分限定型相变材料结构及所述上电极之间的所述第一绝缘材料层表面形成第二绝缘材料层的步骤。

[0023] 作为本发明的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的制作方法的一种优选方案,所述步骤5)中,采用溅射法、蒸发法、化学气相沉积法、等离子体增强化学气相沉

积法、低压化学气相沉积法、金属化合物气相沉积法、分子束外延法、原子气相沉积法或原子层沉积法在所述上电极表面形成引出电极。

[0024] 作为本发明的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的制作方法的一种优选方案,步骤5)之后,还包括在所述引出电极之间的所述第二绝缘材料层表面形成第三绝缘材料层的步骤。

[0025] 本发明还提供一种包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元,所述包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元包括:

[0026] 衬底;

[0027] 下电极,镶嵌于所述衬底内,且上表面与所述衬底的上表面相平齐;

[0028] 加热电极,位于所述下电极的上表面;

[0029] 部分限定型相变材料结构,位于所述加热电极的表面;

[0030] 上电极,位于所述部分限定型相变材料结构的表面;

[0031] 引出电极,位于所述上电极的表面。

[0032] 作为本发明的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的一种优选方案,所述下电极贯穿所述衬底,且所述下电极的下表面与所述衬底的下表面相平齐。

[0033] 作为本发明的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的一种优选方案,所述加热电极可以为圆柱形加热电极或刀片状加热电极,所述圆柱形加热电极的直径为1nm~100nm,高度为50nm~150nm,所述刀片状加热电极的横截面尺寸为1nm~30nm×5nm~100nm,高度为50nm~150nm。

[0034] 作为本发明的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的一种优选方案,所述部分限定型相变材料结构的纵截面形状为T形,包括第一部分及第二部分,所述第一部分位于所述加热电极表面,所述第二部分位于所述第一部分的上表面,且所述第二部分的横向尺寸大于所述第一部分的横向尺寸。

[0035] 作为本发明的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的一种优选方案,所述包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元还包括第一绝缘材料层,所述第一绝缘材料层位于所述加热电极及所述第一部分之间的所述衬底表面。

[0036] 作为本发明的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的一种优选方案,所述包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元还包括第二绝缘材料层及第三绝缘材料层,所述第二绝缘材料层位于所述部分限定型相变材料结构及所述上电极之间的所述第一绝缘材料层表面,所述第三绝缘材料层位于所述引出电极之间的所述第二绝缘材料层表面。

[0037] 如上所述,本发明的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元及制作方法,具有以下有益效果:本发明的相变存储单元中采用部分限定型相变材料结构,其特点是通过加热电极回刻形成的限定孔内填充相变材料,使得相变存储器相变过程中发生相变的区域仅局限于限定孔内,与传统蘑菇型器件结构相比,相变体积大幅度减小,且T型相变材料的第二部分始终处于晶态,在器件单元的结晶化操作过程中可作为T型相变材料第一部分晶化的籽晶,加快结晶过程,可以大大降低器件功耗并提高相变速度,与完全限定型相变材料器件结构相比,不需要引入相变材料的化学机械抛光工艺,避免了对相变材料上表面的损伤。

## 附图说明

[0038] 图1显示为本发明的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的制备流程示意图。

[0039] 图2至图13显示为本发明的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的制作方法各步骤所呈现的截面结构示意图。

[0040] 图14显示为本发明的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元与蘑菇型相变材料结构的相变存储单元的操作电流的对比图。

[0041] 元件标号说明

[0042]	10	衬底
[0043]	11	下电极
[0044]	12	加热电极
[0045]	13	第一绝缘材料层
[0046]	14	限定型孔结构
[0047]	15	部分限定型相变材料结构
[0048]	151	第一部分
[0049]	152	第二部分
[0050]	153	相变材料层
[0051]	16	上电极
[0052]	161	上电极层
[0053]	17	引出电极
[0054]	18	第二绝缘材料层
[0055]	19	第三绝缘材料层

## 具体实施方式

[0056] 以下通过特定的具体实例说明本发明的实施方式,本领域技术人员可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点与功效。本发明还可以通过另外不同的具体实施方式加以实施或应用,本说明书中的各项细节也可以基于不同观点与应用,在没有背离本发明的精神下进行各种修饰或改变。

[0057] 请参阅图1~图14。需要说明的是,本实施例中所提供的图示仅以示意方式说明本发明的基本构想,虽图示中仅显示与本发明中有关的组件而非按照实际实施时的组件数目、形状及尺寸绘制,其实际实施时各组件的型态、数量及比例可为一种随意的改变,且其组件布局型态也可能更为复杂。

[0058] 请参阅图1,本发明提供一种包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的制作方法,所述包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的制作方法至少包括以下步骤:

[0059] 1)提供衬底,在所述衬底内形成至少一个下电极,所述下电极镶嵌于所述衬底内,且所述下电极的上表面与所述衬底的上表面相平齐;

[0060] 2)在所述下电极的上表面形成加热电极,并在所述加热电极之间的所述衬底表面

形成第一绝缘材料层；

[0061] 3)采用回刻工艺刻蚀去除部分所述加热电极及所述第一绝缘材料层,在所述加热电极上方的所述第一绝缘材料层内形成限定型孔结构；

[0062] 4)在所述限定型孔结构内形成部分限定型相变材料结构,并在所述部分限定型相变材料结构表面形成上电极；

[0063] 5)在所述上电极表面形成引出电极。

[0064] 在步骤1)中,请参阅图1中的S1步骤及图2,提供衬底10,在所述衬底10内形成至少一个下电极11,所述下电极11镶嵌于所述衬底10内,且所述下电极11的上表面与所述衬底10的上表面相平齐。

[0065] 作为示例,所述衬底10可以为任意一种常规半导体衬底,譬如Si衬底或Ge衬底等。

[0066] 作为示例,可以采用溅射法、蒸发法、化学气相沉积法、等离子体增强化学气相沉积法、低压化学气相沉积法、金属化合物气相沉积法、分子束外延法、原子气相沉积法或原子层沉积法在所述衬底10内形成所述下电极11。所述下电极11的材料可以为W、Pt、Au、Ti、Al、Ag、Cu或Ni中的任意一种单金属材料或至少两种上述单金属材料组合成的合金材料,抑或上述单金属材料的氮化物或氧化物。优选地,本实施例中,采用CVD(化学气相沉积)法制备W作为下电极11,所述下电极11的形状可以为圆柱形,所述下电极11的直径可以为70nm,高度可以为200nm,但不以此为限,在其他示例中,所述下电极11的形状及尺寸可以根据需要选择。

[0067] 作为示例,所述衬底10中形成至少四个所述下电极11,所述下电极11呈至少两行及至少两列的点阵式分布。

[0068] 作为示例,所述下电极11贯穿所述衬底10,且所述下电极11的下表面与所述衬底10的下表面相平齐。

[0069] 在步骤2)中,请参阅图1中的S2步骤及图3,在所述下电极11的上表面形成加热电极12,并在所述加热电极12之间的所述衬底10表面形成第一绝缘材料层13。

[0070] 作为示例,采用溅射法、蒸发法、化学气相沉积法、等离子体增强化学气相沉积法、低压化学气相沉积法、金属化合物气相沉积法、分子束外延法、原子气相沉积法或原子层沉积法在所述下电极11的上表面形成所述加热电极12,使得所述加热电极12与所述下电极11之间形成良好的欧姆连接。

[0071] 作为示例,所述加热电极12可以为圆柱形加热电极或刀片状加热电极,所述圆柱形加热电极的直径可以为1nm~100nm,高度可以为50nm~150nm,所述刀片状加热电极的横截面尺寸可以为1nm~30nm×5nm~100nm,高度可以为50nm~150nm。

[0072] 作为示例,所述加热电极12的材料可以为导电的氮化物,优选地,所述加热电极12的材料可以为氮化钛、氮化硅钛或氮化铝钛。

[0073] 在一示例中,采用原子气相沉积法制备TiN作为所述加热电极12,所述加热电极12为圆柱形加热电极,所述加热电极12的直径为35nm,高度为100nm。

[0074] 作为示例,相邻的所述加热电极12之间沉积所述第一绝缘材料层13,所述第一绝缘材料层13用于隔离相邻的所述加热电极12。所述第一绝缘材料层13的材料可以为氮化物、氧化物、氮氧化物或碳化物。

[0075] 在步骤3)中,请参阅图1中的S3步骤及图4,采用回刻工艺刻蚀去除部分所述加热



电极12及所述第一绝缘材料层13,在所述加热电极12上方的所述第一绝缘材料层13内形成限定型孔结构14。

[0076] 作为示例,形成的所述限定型孔结构14的形状为圆柱形、圆锥形、长方形或梯形,所述限定型孔结构14的横截面尺寸可以为 $5\text{nm}\sim 50\text{nm}\times 10\text{nm}\sim 150\text{nm}$ ,高度可以为 $10\text{nm}\sim 100\text{nm}$ 。

[0077] 在步骤4)中,请参阅图1中的S4步骤及图5至图9,在所述限定型孔结构14内形成部分限定型相变材料结构15,并在所述部分限定型相变材料结构15表面形成上电极16。

[0078] 作为示例,该步骤包括以下步骤:

[0079] 4-1)采用溅射法、蒸发法、化学气相沉积法、等离子体增强化学气相沉积法、低压化学气相沉积法、金属化合物气相沉积法、分子束外延法、原子气相沉积法或原子层沉积法在所述限定型孔结构14内及所述第一绝缘材料层13表面形成相变材料层153,如图5所示;在圆柱形加热电极12上方的限定型孔结构14内形成所述相变材料层153的TEM剖面图如图6所示,在刀片状加热电极12上方的限定型孔结构14内形成所述相变材料层153的TEM剖面图如图7所示;所述相变材料层153的材料为硫系化合物、GeSb、SiSb或金属氧化物;在一示例中,采用磁控溅射法在所述限定型孔结构14内利用 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 合金靶制备 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 相变材料层,工艺参数为:本底气压为 $1\times 10^{-5}\text{Pa}$ ,溅射时Ar气气压为 $0.2\text{Pa}$ ,溅射功率为 $200\text{W}$ ,衬底温度为 $25^\circ\text{C}$ ,薄膜厚度为 $100\text{nm}$ ;

[0080] 4-2)采用溅射法、蒸发法、化学气相沉积法、等离子体增强化学气相沉积法、低压化学气相沉积法、金属化合物气相沉积法、分子束外延法、原子气相沉积法或原子层沉积法在所述相变材料层153表面形成上电极层161,如图8所示;所述上电极层161的材料为金属材料W、Pt、Au、Ti、Al、Ag、Cu和Ni中的任一种,或其组合成合金材料的氮化物或氮氧化物;在一示例中,在所述相变材料层153表面采用磁控溅射法制备TiN上电极层,工艺参数为:本底气压为 $1\times 10^{-5}\text{Pa}$ ,溅射时气压为 $0.2\text{Pa}$ ,Ar/ $\text{N}_2$ 的气体流量比例为1:1,溅射功率为 $300\text{W}$ ,衬底温度为 $25^\circ\text{C}$ ,TiN高度为 $40\text{nm}$ ;

[0081] 4-3)刻蚀所述上电极层161及所述相变材料层153,形成所述上电极16及所述部分限定型相变材料结构15,如图9所示;在圆柱形加热电极12上方形成所述部分限定型相变材料结构15的TEM剖面图如图10所示;采用感耦等离子体刻蚀方法所述上电极层161及所述相变材料层153,形成所述上电极16及所述部分限定型相变材料结构15,所述上电极16的形状及尺寸与所述部分限定型相变材料结构15的形状及尺寸相同,在一示例中,所述上电极16及所述部分限定型相变材料结构15的形状均为正方形,边长为 $80\text{nm}$ 。

[0082] 作为示例,所述部分限定型相变材料结构15的纵截面形状为T形,包括第一部分151及第二部分152,所述第一部分151填满所述限定型孔结构14,所述第二部分152位于所述第一部分151的上表面,且所述第二部分152的横向尺寸大于所述第一部分151的横向尺寸。

[0083] 作为示例,请参阅图11,步骤4)之后,还包括在所述部分限定型相变材料结构15及所述上电极16之间的所述第一绝缘材料层13表面形成第二绝缘材料层18的步骤。所述第二绝缘材料层18沉积于相邻的所述部分限定型相变材料结构15之间及相邻的所述上电极16之间,所述第二绝缘材料层18用于隔离相邻的所述部分限定型相变材料结构15及相邻的所述上电极16;所述第二绝缘材料层18的材料可以为氮化物、氧化物、氮氧化物或碳化物。

[0084] 在步骤5)中,请参阅图1中的S5步骤及图12,在所述上电极16表面形成引出电极17。

[0085] 作为示例,采用溅射法、蒸发法、化学气相沉积法、等离子体增强化学气相沉积法、低压化学气相沉积法、金属化合物气相沉积法、分子束外延法、原子气相沉积法或原子层沉积法在所述上电极16表面形成引出电极17。所述引出电极17的材料可以为W、Pt、Au、Ti、Al、Ag、Cu和Ni中的任一种,或其中任意两种组合成合金材料。

[0086] 作为示例,请参阅图13,,步骤5)之后,还包括在所述引出电极17之间的所述第二绝缘材料层18表面形成第三绝缘材料层19的步骤。相邻的所述引出电极17之间沉积所述第三绝缘材料层18,所述第三绝缘材料层18用于隔离相邻的所述引出电极17。所述第三绝缘材料层18的材料可以为氮化物、氧化物、氮氧化物或碳化物。

[0087] 作为示例,所述引出电极17用于将所述相变存储单元与该单元的控制开关、驱动电路及外围电路集成,从而制备出完整的相变存储器器件单元。本发明的包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元与蘑菇型相变材料结构的相变存储单元的操作电流的对比图如图14所示,由图14可知,采用蘑菇型结构器件单元的操作电流约为1.2mA,而采用本发明的部分限定型相变材料结构的器件单元的操作电流约为0.7mA,降幅超过40%,直观地体现了本发明的优越性。

[0088] 本发明的相变存储单元中采用部分限定型相变材料结构,其特点是通过加热电极回刻形成的限定孔内填充相变材料,使得相变存储器相变过程中发生相变的区域仅局限于限定孔内,与传统蘑菇型器件结构相比,由于相变体积减小,从而大大降低器件功耗和提高相变速度,而与完全限定型相变材料器件结构相比,其优点是不需要引入相变材料的化学机械抛光工艺就能够实现完全限定型相变材料器件结构低功耗和高速特性,从而避免了相变材料上表面在抛光工艺过程中的损伤。

[0089] 请继续参阅图12及图13,本发明还提供一种包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元,所述包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元采用上述方案中所述的制作方法制作而得到,所述包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元包括:衬底10;下电极11,所述下电极11镶嵌于所述衬底10内,且上表面与所述衬底10的上表面相平齐;加热电极12,所述加热电极12位于所述下电极11的上表面;部分限定型相变材料结构15,所述部分限定型相变材料结构15位于所述加热电极12的表面;上电极16,所述上电极16位于所述部分限定型相变材料结构15的表面;引出电极17,所述引出电极17位于所述上电极16的表面。

[0090] 作为示例,所述衬底10中形成至少四个所述下电极11,所述下电极11呈至少两行及至少两列的点阵式分布。

[0091] 作为示例,所述下电极11贯穿所述衬底10,且所述下电极11的下表面与所述衬底10的下表面相平齐。

[0092] 作为示例,所述加热电极12可以为圆柱形加热电极或刀片状加热电极,所述圆柱形加热电极的直径可以为1nm~100nm,高度可以为50nm~150nm,所述刀片状加热电极的横截面尺寸可以为1nm~30nm×5nm~100nm,高度可以为50nm~150nm。

[0093] 作为示例,所述加热电极12的材料可以为导电的氮化物,优选地,所述加热电极12的材料可以为氮化钛、氮化硅钛或氮化铝钛。

[0094] 作为示例,所述部分限定型相变材料结构15的纵截面形状为T形,包括第一部分

151及第二部分152,所述第一部分151填满所述限定型孔结构14,所述第二部分152位于所述第一部分151的上表面,且所述第二部分152的横向尺寸大于所述第一部分151的横向尺寸。

[0095] 作为示例,所述包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元还包括第一绝缘材料层13,所述第一绝缘材料层13位于所述加热电极12及所述第一部分151之间的所述衬底10表面。所述第一绝缘材料层13用于隔离相邻的所述加热电极12。所述第一绝缘材料层13的材料可以为氮化物、氧化物、氮氧化物或碳化物。

[0096] 作为示例,所述包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元还包括第二绝缘材料层18及第三绝缘材料层19,所述第二绝缘材料层18位于所述部分限定型相变材料结构15及所述上电极16之间的所述第一绝缘材料层13表面,所述第三绝缘材料层19位于所述引出电极17之间的所述第二绝缘材料层18表面。所述第二绝缘材料层18位于相邻的所述部分限定型相变材料结构15之间及相邻的所述上电极16之间,所述第二绝缘材料层18用于隔离相邻的所述部分限定型相变材料结构15及相邻的所述上电极16;所述第二绝缘材料层18的材料可以为氮化物、氧化物、氮氧化物或碳化物。所述第三绝缘材料层18位于相邻的所述引出电极17之间,所述第三绝缘材料层18用于隔离相邻的所述引出电极17;所述第三绝缘材料层18的材料可以为氮化物、氧化物、氮氧化物或碳化物。

[0097] 综上所述,本发明提供一种包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元及制作方法,所述包含部分限定型相变材料结构的相变存储单元的制作方法至少包括以下步骤:1)提供衬底,在所述衬底内形成至少一个下电极,所述下电极镶嵌于所述衬底内,且所述下电极的上表面与所述衬底的上表面相平齐;2)在所述下电极的上表面形成加热电极,并在所述加热电极之间的所述衬底表面形成第一绝缘材料层;3)采用回刻工艺刻蚀去除部分所述加热电极及所述第一绝缘材料层,在所述加热电极上方的所述第一绝缘材料层内形成限定型孔结构;4)在所述限定型孔结构内形成部分限定型相变材料结构,并在所述部分限定型相变材料结构表面形成上电极;5)在所述上电极表面形成引出电极。本发明的相变存储单元中采用部分限定型相变材料结构,其特点是通过加热电极回刻形成的限定孔内填充相变材料,使得相变存储器相变过程中发生相变的区域仅局限于限定孔内,与传统蘑菇型器件结构相比,相变体积大幅度减小,且T型相变材料的第二部分始终处于晶态,在器件单元的结晶化操作过程中可作为T型相变材料第一部分晶化的籽晶,加快结晶过程,可以大大降低器件功耗并提高相变速度,与完全限定型相变材料器件结构相比,不需要引入相变材料的化学机械抛光工艺,避免了对相变材料上表面的损伤。

[0098] 上述实施例仅例示性说明本发明的原理及其功效,而非用于限制本发明。任何熟悉此技术的人士皆可在不违背本发明的精神及范畴下,对上述实施例进行修饰或改变。因此,举凡所属技术领域中具有通常知识者在未脱离本发明所揭示的精神与技术思想下所完成的一切等效修饰或改变,仍应由本发明的权利要求所涵盖。

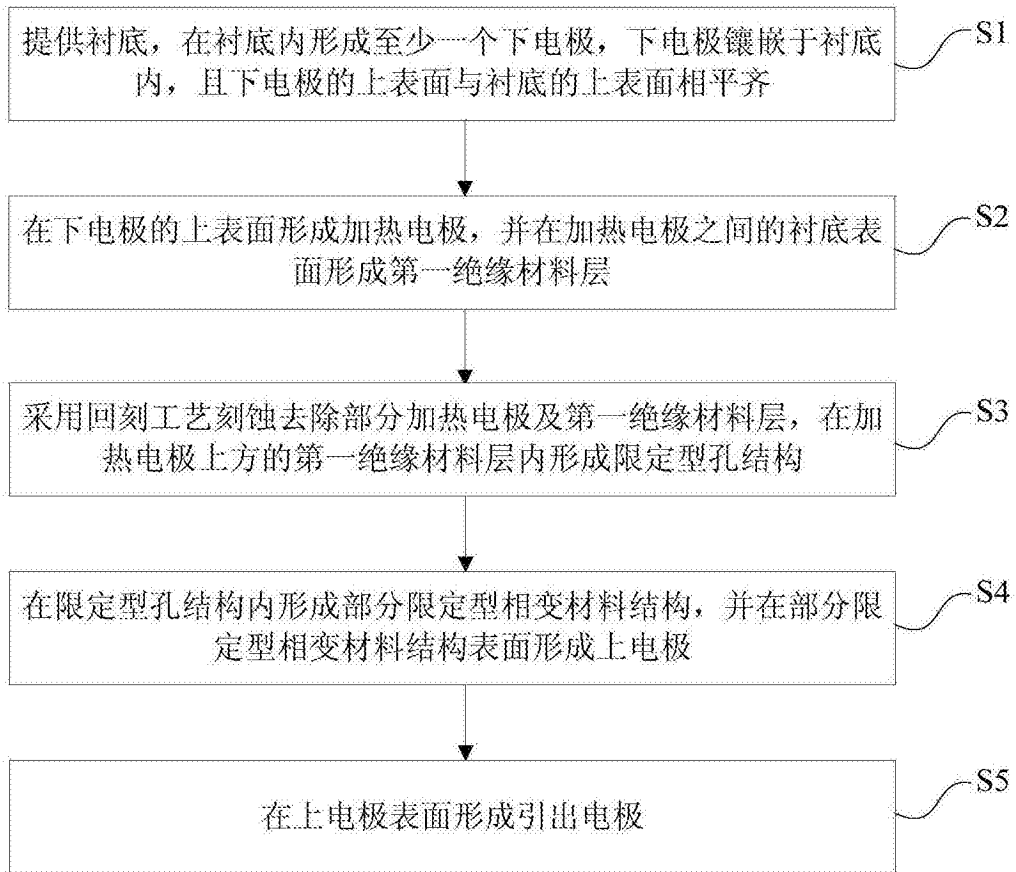


图1

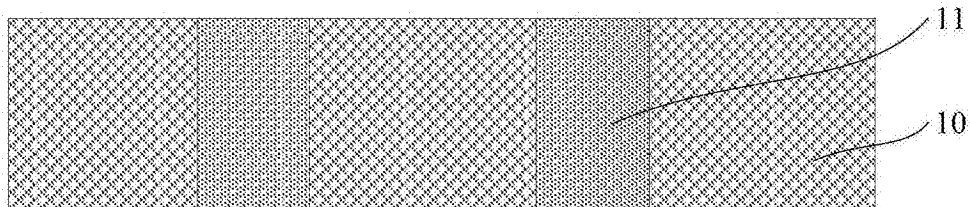


图2

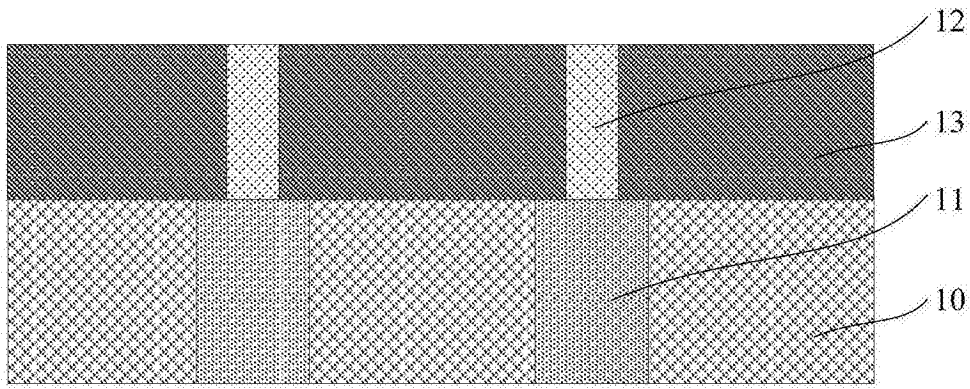


图3

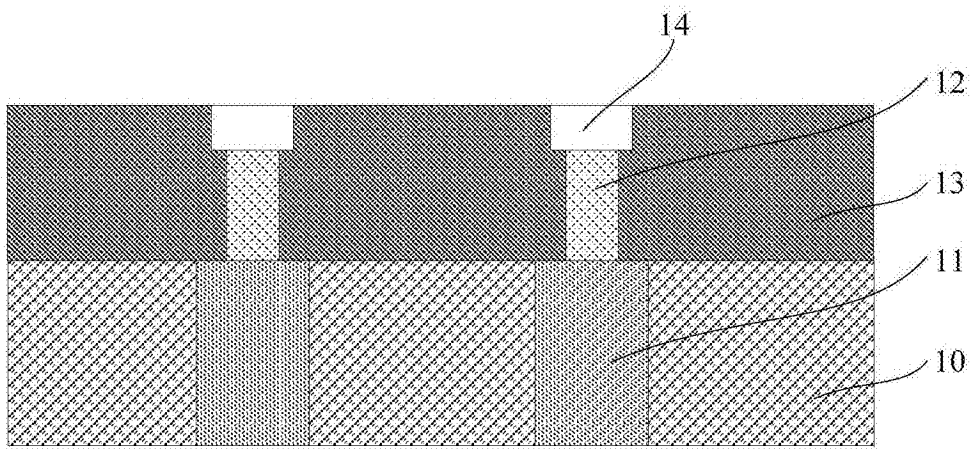


图4

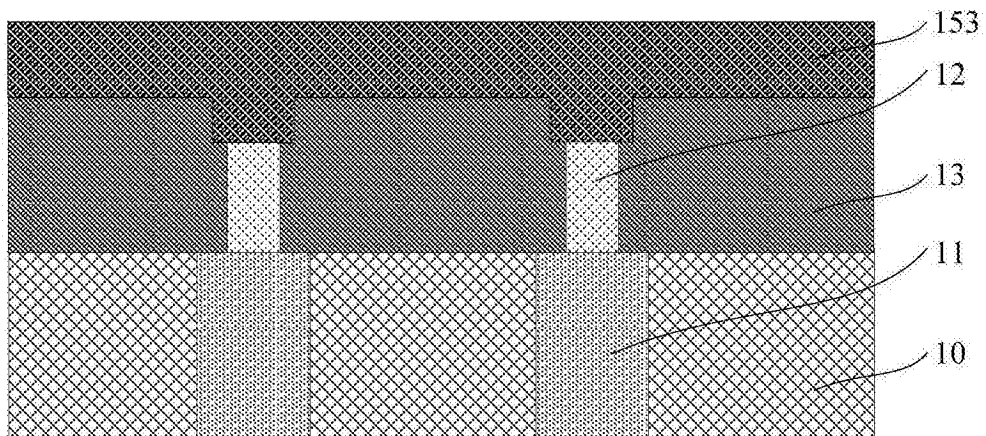


图5

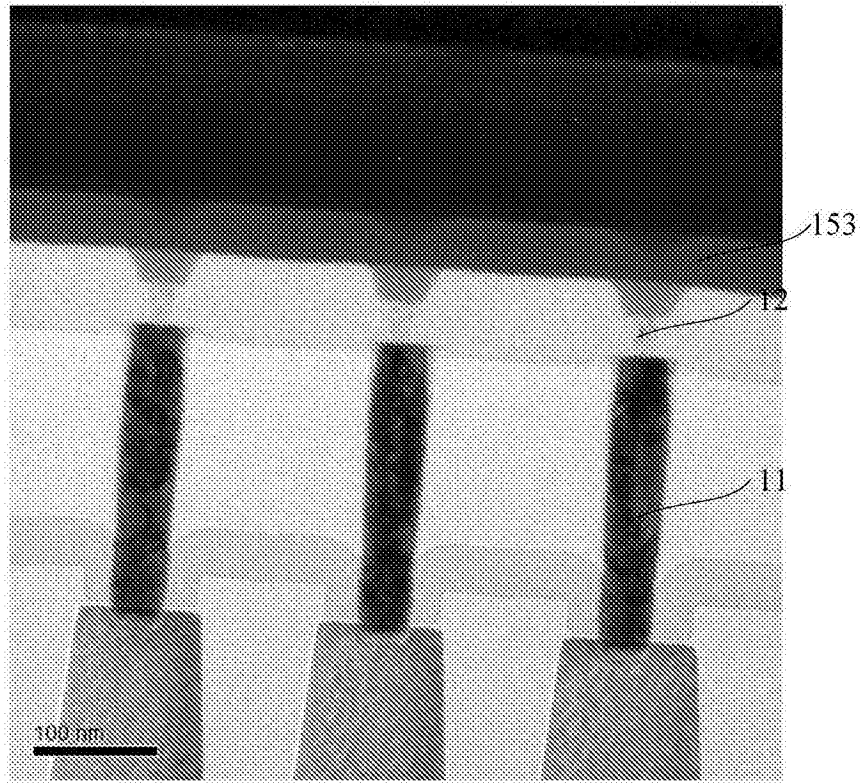


图6

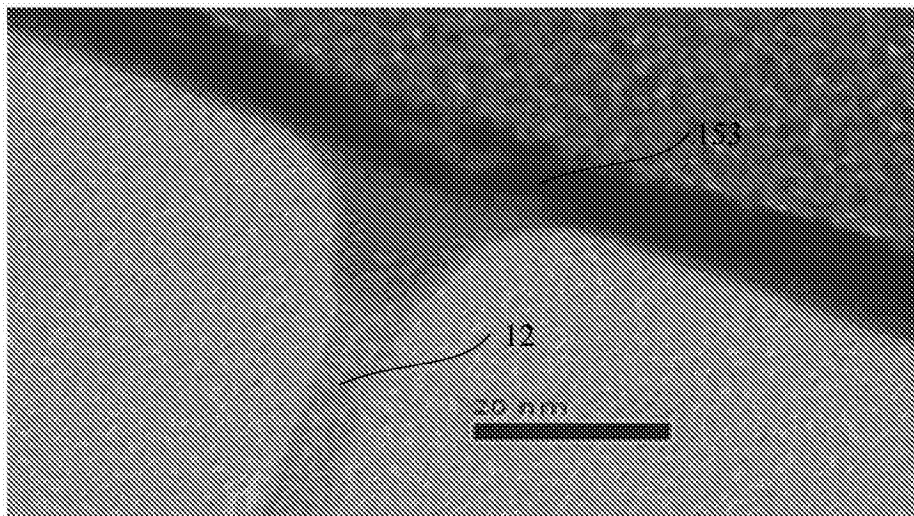


图7

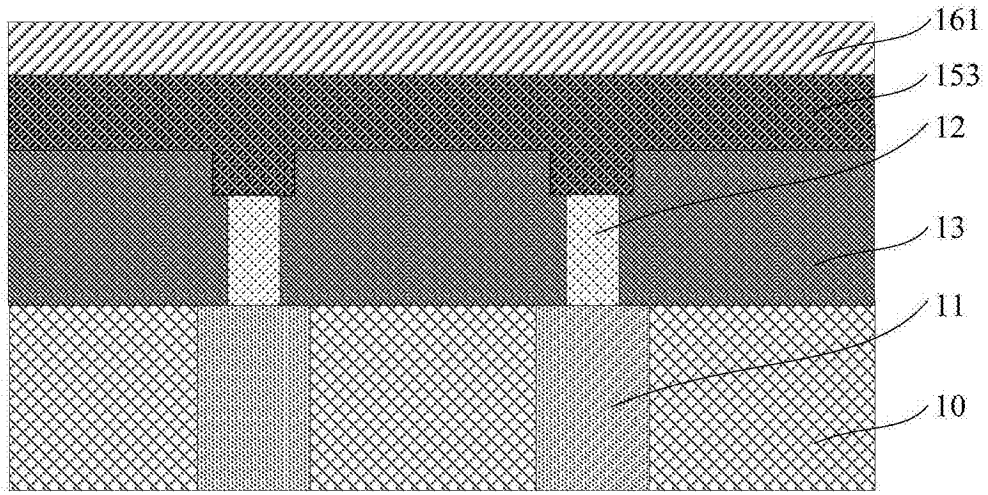


图8

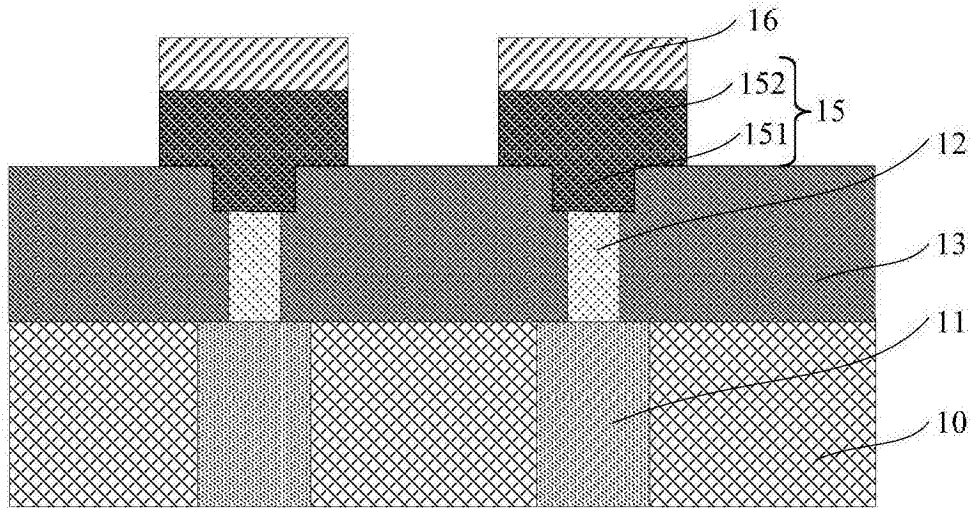


图9

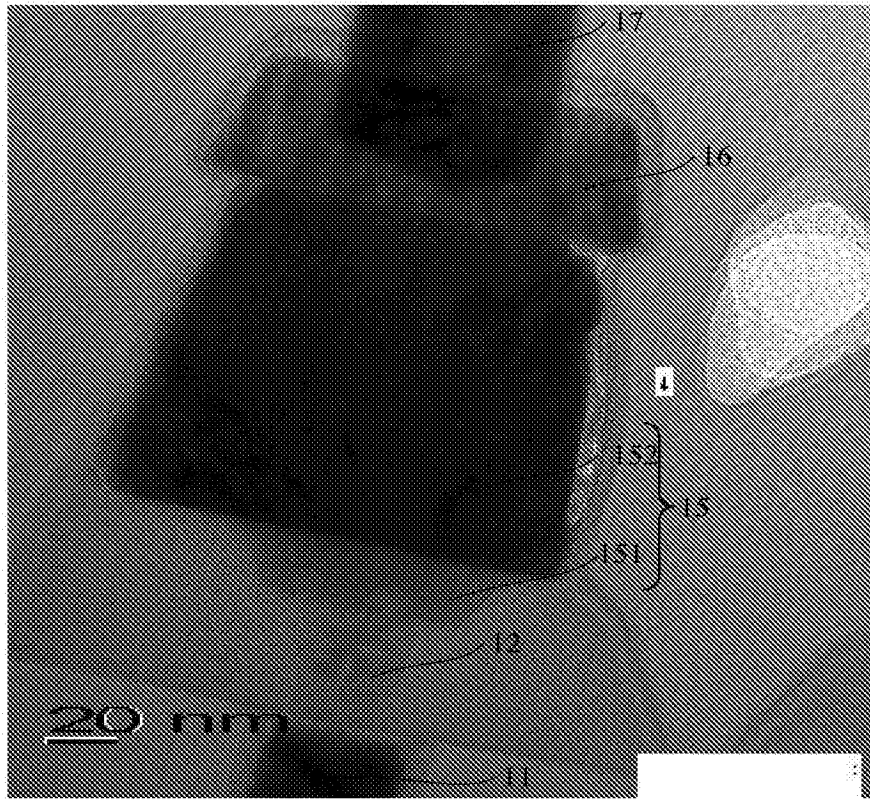


图10

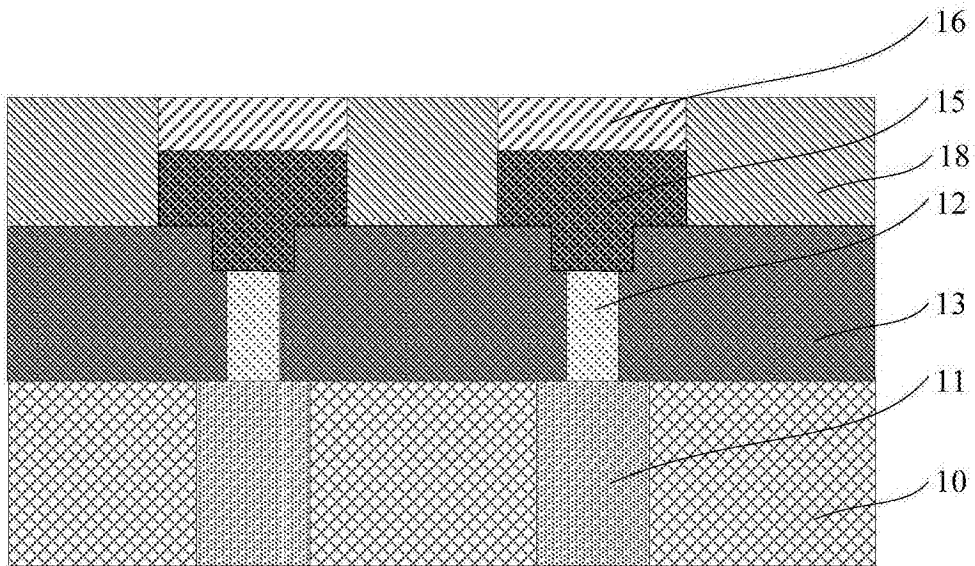


图11



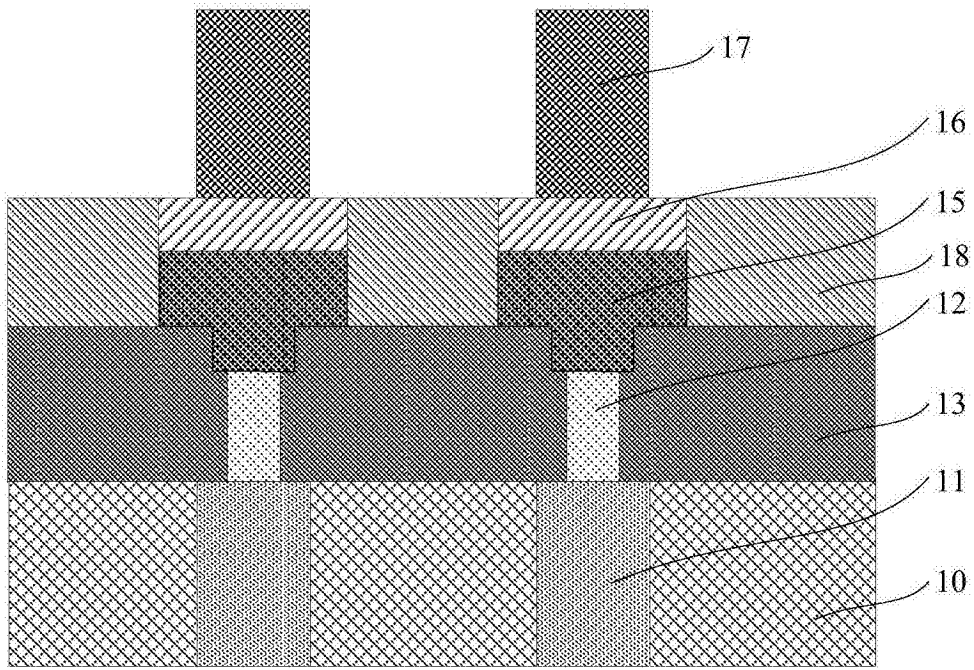


图12

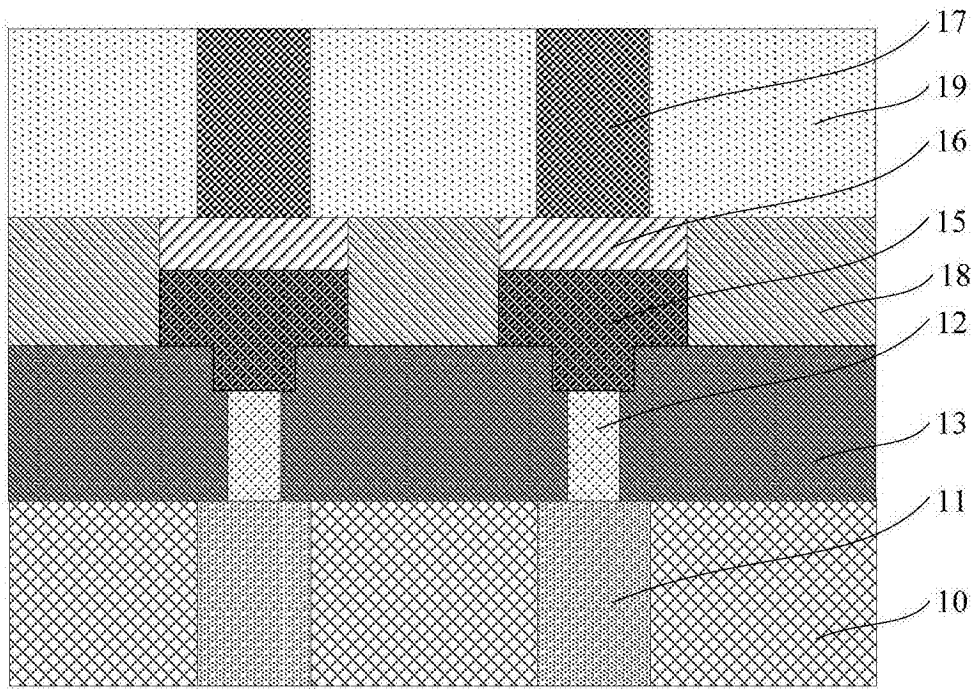


图13

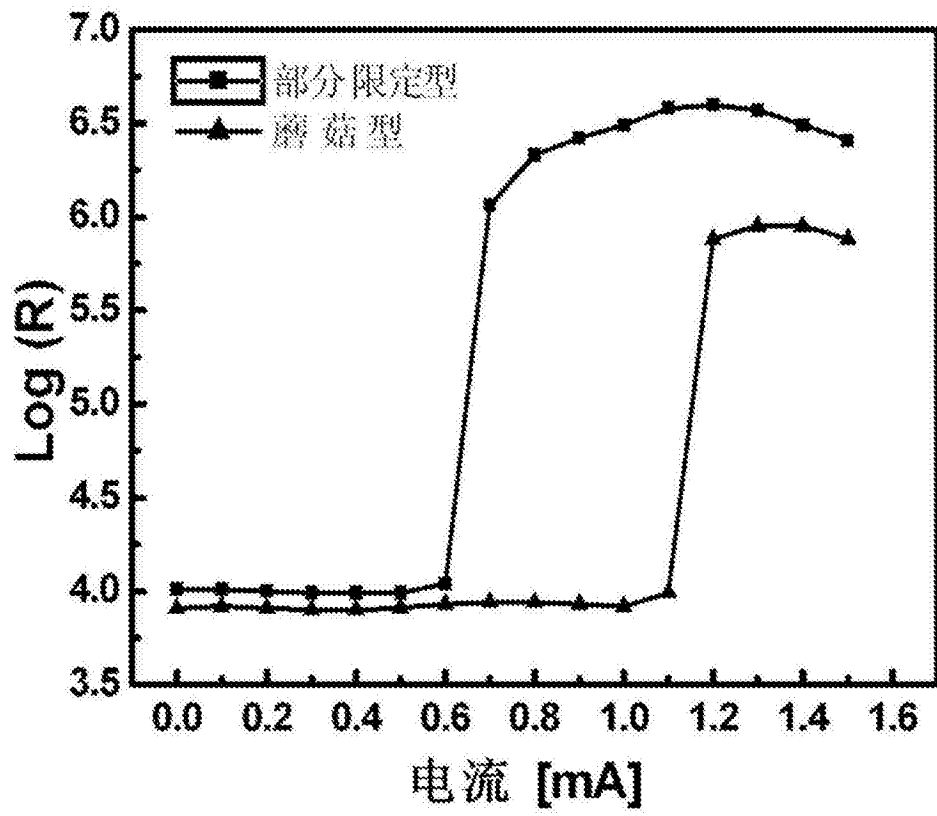


图14