



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118678695 A

(43) 申请公布日 2024. 09. 20

(21) 申请号 202411170463.2

(22) 申请日 2024.08.26

(71) 申请人 青岛海存微电子有限公司

地址 266000 山东省青岛市黄岛区映山红  
路117号1栋1605室(原黄岛区科教二  
路117号1栋研发中心办公室)

(72) 发明人 孙慧岩 秦颖超 卢世阳 商显涛  
熊丹荣 刘宏喜 王戈飞

(74) 专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理  
有限公司 11205  
专利代理师 黄健 刘芳

(51) Int. Cl.

H10B 61/00 (2023.01)

H10N 50/01 (2023.01)

权利要求书2页 说明书11页 附图4页

(54) 发明名称

半导体存储器件及其形成方法

(57) 摘要

本申请提供一种半导体存储器件及其形成方法,涉及半导体技术领域,用于提高半导体存储器件的转化效率,降低短路。该形成方法包括:在底电极层上形成多个磁隧道结,磁隧道结的侧壁具有残余物,残余物接触底电极层;形成残余物覆盖层,包括第一残余物覆盖层和第二残余物覆盖层,第一残余物覆盖层覆盖残余物,第二残余物覆盖层覆盖相邻残余物之间的底电极层;第一残余物覆盖层的上表面不高于第二残余物覆盖层的上表面;刻蚀去除残余物和第一残余物覆盖层,暴露与磁隧道结的侧壁接触的底电极层。残余物和第一残余物覆盖层可以同步去除,从而保证残余物完全去除,提高器件矫顽力,降低对底电极层的分流,提高转换效率。



1. 一种半导体存储器件的形成方法,其特征在于,包括:

在底电极层上形成多个磁隧道结,所述磁隧道结的侧壁具有残余物,所述残余物接触所述底电极层;

形成残余物覆盖层,包括第一残余物覆盖层和第二残余物覆盖层,所述第一残余物覆盖层覆盖所述残余物,所述第二残余物覆盖层覆盖相邻所述残余物之间的所述底电极层;所述第一残余物覆盖层的上表面不高于所述第二残余物覆盖层的上表面;

刻蚀去除所述残余物和所述第一残余物覆盖层,暴露与所述磁隧道结的侧壁接触的所述底电极层。

2. 根据权利要求1所述的形成方法,其特征在于,所述残余物覆盖层经非垂直沉积形成。

3. 根据权利要求1所述的形成方法,其特征在于,刻蚀去除所述残余物和所述第一残余物覆盖层之后,还包括:

重复形成第三残余物覆盖层,所述第三残余物覆盖层至少覆盖剩余所述残余物、剩余所述第一残余物覆盖层、剩余所述第二残余物覆盖层;

刻蚀去除所述第三残余物覆盖层、剩余所述残余物和剩余所述第一残余物覆盖层至少一次,以完全去除所述残余物。

4. 根据权利要求1所述的形成方法,其特征在于,刻蚀去除所述残余物和所述第一残余物覆盖层时,所述刻蚀的刻蚀角度大于或者等于 $60^{\circ}$ ,且小于或者等于 $120^{\circ}$ 。

5. 根据权利要求1-4任一项所述的形成方法,其特征在于,所述磁隧道结的侧壁具有再沉积物;

去除所述残余物和所述第一残余物覆盖层,暴露与所述磁隧道结的侧壁接触的所述底电极层之后,还包括:

形成再沉积物覆盖层,包括第一再沉积物覆盖层和第二再沉积物覆盖层,所述第一再沉积物覆盖层覆盖所述再沉积物,所述第二再沉积物覆盖层覆盖相邻所述磁隧道结之间的剩余所述第二残余物覆盖层和所述底电极层;所述第一再沉积物覆盖层的厚度小于所述第二再沉积物覆盖层的厚度;

刻蚀去除所述第一再沉积物覆盖层和所述再沉积物,暴露所述磁隧道结的侧壁。

6. 根据权利要求5所述的形成方法,其特征在于,利用沉积形成所述再沉积物覆盖层,所述沉积的沉积角度大于 $70^{\circ}$ ,且小于 $110^{\circ}$ 。

7. 根据权利要求5所述的形成方法,其特征在于,刻蚀去除所述第一再沉积物覆盖层和所述再沉积物,所述刻蚀为非垂直刻蚀。

8. 根据权利要求5所述的形成方法,其特征在于,所述磁隧道结包括依次堆叠设置的自由层、隧穿层和参考层;

所述第二再沉积物覆盖层的厚度大于所述自由层的厚度,且小于所述自由层和所述隧穿层的总厚度。

9. 一种半导体存储器件的形成方法,其特征在于,包括:

在底电极层上形成多个磁隧道结,所述磁隧道结的侧壁具有残余物和再沉积物,所述残余物接触所述底电极层;

形成再沉积物覆盖层,包括第一再沉积物覆盖层和第二再沉积物覆盖层,所述第一再

沉积物覆盖层覆盖所述再沉积物,所述第二再沉积物覆盖层覆盖相邻所述磁隧道结之间的所述残余物和所述底电极层;所述第一再沉积物覆盖层的厚度小于所述第二再沉积物覆盖层的厚度;

刻蚀去除所述第一再沉积物覆盖层和所述再沉积物,暴露所述磁隧道结的侧壁和与所述磁隧道结接触的所述残余物;

形成残余物覆盖层,包括第一残余物覆盖层和第二残余物覆盖层,所述第一残余物覆盖层覆盖暴露的所述残余物,所述第二残余物覆盖层覆盖相邻所述残余物之间的所述第二再沉积物覆盖层;所述第一残余物覆盖层的上表面不高于所述第二残余物覆盖层的上表面;

刻蚀去除所述残余物和所述第一残余物覆盖层,暴露与所述磁隧道结的侧壁接触的所述底电极层。

10. 一种半导体存储器件,其特征在于,包括:底电极层和位于所述底电极层上的多个磁隧道结;

所述磁隧道结的侧壁具有残余物,所述残余物接触所述底电极层;

所述残余物通过刻蚀的方式去除,包括:

形成残余物覆盖层,包括第一残余物覆盖层和第二残余物覆盖层,所述第一残余物覆盖层覆盖所述残余物,所述第二残余物覆盖层覆盖相邻所述残余物之间的所述底电极层;所述第一残余物覆盖层的上表面不高于所述第二残余物覆盖层的上表面;

刻蚀去除所述残余物和所述第一残余物覆盖层。

## 半导体存储器件及其形成方法

### 技术领域

[0001] 本申请涉及半导体技术领域,尤其涉及一种半导体存储器件及其形成方法。

### 背景技术

[0002] 随着半导体技术的不断发展,后摩尔时代到来,越来越多的新型半导体存储器件应运而生。其中非易失性的磁性随机存储器(Magnetic Random Access Memory,简称MRAM)具有功耗低、读写速度高等特点。自旋轨道矩磁存储器(Spin Orbit Torque-Magnetic Random Access Memory,简称SOT-MRAM)因其更高的耐久性,得到广泛应用。

[0003] SOT-MRAM包括用于存储数据的磁隧道结(Magnetic Tunnel Junction,简称MTJ)和用于提供自旋轨道矩(Spin Orbit Torque,简称SOT)对数据进行写入的重金属层。其中,MTJ的核心结构包括自由层、隧穿层和固定层,自由层的磁矩方向可以改变,参考层的磁矩不会发生变化。当自由层与参考层的磁矩方向平行时,MTJ呈现低阻态;当自由层与参考层的磁矩方向反平行时,MTJ呈现高阻态。这样,MTJ的高低阻态就可以用来相应地存储数据“1”和“0”。重金属层在通入写入电流时会产生自旋轨道耦合效应,从而产生自旋转矩带动自由层产生定向翻转,写入电流并不会流经隧穿层,这也是SOT-MRAM高耐久性的原因之一。

[0004] 然而,半导体存储器件形成时,刻蚀形成磁隧道结的过程中往往存在残余物,为了保证重金属层的刻蚀损伤最低无法进行过刻蚀,使得残余物难以去除。残余物会影响到整体器件矫顽力(Hc),并会使重金属层的分流,降低转化效率降低,影响半导体存储器件的效率。

### 发明内容

[0005] 鉴于上述问题,本申请实施例提供一种半导体存储器件及其形成方法,用于提高转换效率,从而提高半导体存储器件的效率。

[0006] 根据一些实施例,本申请提供一种半导体存储器件的形成方法,其包括:

在底电极层上形成多个磁隧道结,所述磁隧道结的侧壁具有残余物,所述残余物接触所述底电极层;

形成残余物覆盖层,包括第一残余物覆盖层和第二残余物覆盖层,所述第一残余物覆盖层覆盖所述残余物,所述第二残余物覆盖层覆盖相邻所述残余物之间的所述底电极层;所述第一残余物覆盖层的上表面不高于所述第二残余物覆盖层的上表面;

刻蚀去除所述残余物和所述第一残余物覆盖层,暴露与所述磁隧道结的侧壁接触的所述底电极层。

[0007] 在一些可能的实施例中,所述残余物覆盖层经非垂直沉积形成。

[0008] 在一些可能的实施例中,刻蚀去除所述残余物和所述第一残余物覆盖层之后,还包括:

重复形成第三残余物覆盖层,所述第三残余物覆盖层至少覆盖剩余所述残余物、剩余所述第一残余物覆盖层、剩余所述第二残余物覆盖层;

刻蚀去除剩余所述残余物和剩余所述第一残余物覆盖层至少一次,以完全去除所述残余物。

[0009] 在一些可能的实施例中,刻蚀去除所述残余物和所述第一残余物覆盖层时,所述刻蚀的刻蚀角度大于或者等于 $60^{\circ}$ ,且小于或者等于 $120^{\circ}$ 。

[0010] 在一些可能的实施例中,所述磁隧道结的侧壁具有再沉积物;

去除所述残余物和所述第一残余物覆盖层,暴露与所述磁隧道结的侧壁接触的所述底电极层之后,还包括:

形成再沉积物覆盖层,包括第一再沉积物覆盖层和第二再沉积物覆盖层,所述第一再沉积物覆盖层覆盖所述再沉积物,所述第二再沉积物覆盖层覆盖相邻所述磁隧道结之间的剩余所述残余物覆盖层和所述底电极层;所述第一再沉积物覆盖层的厚度小于所述第二再沉积物覆盖层的厚度;

刻蚀去除所述第一再沉积物覆盖层和所述再沉积物,暴露所述磁隧道结的侧壁。

[0011] 在一些可能的实施例中,利用沉积形成所述再沉积物覆盖层,所述沉积的沉积角度大于 $70^{\circ}$ ,且小于 $110^{\circ}$ 。

[0012] 在一些可能的实施例中,刻蚀去除所述第一再沉积物覆盖层和所述再沉积物,所述刻蚀为非垂直刻蚀。

[0013] 在一些可能的实施例中,所述磁隧道结包括依次堆叠设置的自由层、隧穿层和参考层;

所述第二再沉积物覆盖层的厚度大于所述自由层的厚度,且小于所述自由层和所述隧穿层的总厚度。

[0014] 本申请实施例提供的半导体存储器件的形成方法至少具有如下优点:

本申请实施例提供的半导体存储器件的形成方法中,在底电极层上形成多个磁隧道结,磁隧道结的侧壁具有残余物,并形成残余物覆盖层。残余物覆盖层包括覆盖残余物的第一残余物覆盖层,以及覆盖相邻残余物之间的底电极层的第二残余物覆盖层,第一残余物覆盖层的上表面不高于第二残余物覆盖层的上表面,使得磁隧道结之间的残余物覆盖层形成平坦或者中间凸出的形貌。刻蚀去除残余物和第一残余物覆盖层,暴露与磁隧道结的侧壁接触的底电极层,使得残余物和第一残余物覆盖层可以同步去除,从而保证残余物完全去除,提高器件矫顽力,降低对底电极层的分流,提高转换效率。

[0015] 根据一些实施例,本申请还提供一种半导体存储器件的形成方法,其包括:

在底电极层上形成多个磁隧道结,所述磁隧道结的侧壁具有残余物和再沉积物,所述残余物接触所述底电极层;

形成再沉积物覆盖层,包括第一再沉积物覆盖层和第二再沉积物覆盖层,所述第一再沉积物覆盖层覆盖所述再沉积物,所述第二再沉积物覆盖层覆盖相邻所述磁隧道结之间的所述残余物和所述底电极层;所述第一再沉积物覆盖层的厚度小于所述第二再沉积物覆盖层的厚度;

刻蚀去除所述第一再沉积物覆盖层和所述再沉积物,暴露所述磁隧道结的侧壁;

形成残余物覆盖层,包括第一残余物覆盖层和第二残余物覆盖层,所述第一残余物覆盖层覆盖所述残余物上的所述第二再沉积物覆盖层,所述第二残余物覆盖层覆盖相邻所述残余物之间的所述第二再沉积物覆盖层;所述第一残余物覆盖层的上表面不高于所述

第二残余物覆盖层的上表面；

刻蚀去除所述残余物、所述第一残余物覆盖层和部分所述第二再沉积物覆盖层，暴露与所述磁隧道结的侧壁接触的所述底电极层。

[0016] 本申请实施例提供的半导体存储器件的形成方法至少具有如下优点：

本申请实施例提供的半导体存储器件的形成方法中，在底电极层上形成多个磁隧道结，磁隧道结的侧壁具有残余物和再沉积物，并形成再沉积物覆盖层。再沉积物覆盖层包括覆盖再沉积物的第一再沉积物覆盖层，以及覆盖残余物和底电极层的第二再沉积物覆盖层，第一再沉积物覆盖层的厚度小于第二再沉积物覆盖层的厚度，使得磁隧道结的侧壁的第二再沉积物覆盖层较薄。刻蚀去除第一再沉积物覆盖层和再沉积物，磁隧道结的侧壁打开，从而保证再沉积物的完全去除，避免器件短路，提高器件效率。再形成残余物覆盖层，残余物覆盖层包括覆盖残余物上的第二再沉积物覆盖层的第一残余物覆盖层，以及覆盖相邻残余物之间的第二再沉积物覆盖层，第一残余物覆盖层的上表面不高于第二残余物覆盖层的上表面，使得磁隧道结之间的残余物覆盖层形成平坦或者中间凸出的形貌。刻蚀去除残余物和第一残余物覆盖层，将残余物和第一残余物覆盖层同步去除，从而保证残余物完全去除，提高器件矫顽力，降低对底电极层的分流，提高转换效率。

[0017] 根据一些实施例，本申请还提供一种半导体存储器件，包括底电极层和位于所述底电极层上的多个磁隧道结；

所述磁隧道结的侧壁具有残余物，所述残余物接触所述底电极层；

所述残余物通过刻蚀的方式去除，包括：

形成残余物覆盖层，包括第一残余物覆盖层和第二残余物覆盖层，所述第一残余物覆盖层覆盖所述残余物，所述第二残余物覆盖层覆盖相邻所述残余物之间的所述底电极层；所述第一残余物覆盖层的上表面不高于所述第二残余物覆盖层的上表面；

刻蚀去除所述残余物和所述第一残余物覆盖层。

[0018] 本申请实施例提供的半导体存储器件至少具有如下优点：

本申请实施例提供的半导体存储器件中，残余物通过刻蚀的方式去除，使得残余物完全去除，提高器件矫顽力，降低对底电极的分流，提高转换效率。

## 附图说明

[0019] 图1为本申请实施例中的半导体存储器件的形成方法的一种示意图；

图2为本申请实施例中形成磁隧道结后的示意图；

图3为本申请实施例中形成残余物覆盖层后的一种示意图；

图4为本申请实施例中形成残余物覆盖层后的另一种示意图；

图5为本申请实施例中刻蚀残余物覆盖层后的一种示意图；

图6为本申请实施例中刻蚀残余物覆盖层后的另一种示意图；

图7为本申请实施例中形成再沉积物覆盖层后的示意图；

图8为本申请实施例中刻蚀再沉积物覆盖层后的一种示意图；

图9为本申请实施例中的半导体存储器件的形成方法的另一种示意图。

[0020] 附图标记说明：

10-底电极层；

20-磁隧道结；

21-自由层;	22-隧穿层;
23-参考层;	24-固定层;
30-残余物;	40-再沉积物;
50-残余物覆盖层;	51-凸起;
60-再沉积物覆盖层。	

### 具体实施方式

[0021] 相关技术中的半导体存储器件(例如磁存储器),自由层的材料通常为CoFeB,各分子占比会有多种,例如2:6:2。隧穿层的材料通常为MgO,各分子占比一般为1:1。参考层的材料通常为CoFeB,各分子占比会有多种,例如2:6:2。磁隧道结的材料相对复杂且各膜层厚度相对较薄,通常为0.1-10nm,难以采用化学刻蚀等对于工艺更为友好的方式对磁隧道结进行刻蚀。在刻蚀终点的抓取上,因其膜层厚度原因也很难进行抓取。

[0022] 目前通常采用离子束刻蚀(Ion Beam Etching,简称IBE)偏物理的去除方式对磁隧道结进行刻蚀,以避免化学刻蚀多种材料无法兼容的问题。但上述去除方式也同样存在一定问题:为了保证刻蚀的均一性以及刻蚀效率,IBE通常会采取一定角度进行刻蚀,这就在刻蚀至重金属层时自由层的残留,形成残余物。而为了保证重金属层的刻蚀损伤最低,难以进行过刻蚀,使得残余物难以去除。残余物和自由层的材料相同,会影响到整体器件矫顽力(Hc),进而磁翻转效果,还会产生重金属层的分流,使得转化效率降低,影响器件的效率。

[0023] 此外,因IBE刻蚀的局限性,在刻蚀MTJ产生的粒子无法像化学刻蚀一样具有高的挥发性,这就使得这些粒子不会及时被排除而重新沉积在MTJ结的附近,形成再沉积物。再沉积物使得MTJ的尺寸被放大,中间态严重,严重时会造成整个器件的短路。

[0024] 对于上述问题,目前一般采取大角度与小角度IBE交替刻蚀,大角度去除再沉积物,小角度降低残余物,并在MTJ之间进行沟槽刻蚀,切断残余物。然而目前这些方式只能减轻并不能彻底解决IBE刻蚀带来的残余物和再沉积物的问题,反而会对MTJ结底部的底电极层造成刻蚀损伤,损害半导体存储器件的电性能。

[0025] 为此,本申请实施例提供一种半导体存储器件的形成方法,形成残余物覆盖层,残余物覆盖层包括覆盖残余物的第一残余物覆盖层,以及覆盖相邻残余物之间的底电极层的第二残余物覆盖层,第一残余物覆盖层的上表面不高于第二残余物覆盖层的上表面,使得磁隧道结之间的残余物覆盖层形成平坦或者中间凸出的形貌。

[0026] 刻蚀去除残余物和第一残余物覆盖层使得残余物和第一残余物覆盖层可以同步去除,从而保证残余物完全去除,提高器件矫顽力,降低对底电极的分流,提高转换效率。第二残余物覆盖层会有所剩余,至少剩余的第二残余物覆盖层还可以在后续刻蚀过程中对底电极层进行保护,降低对底电极层的损伤,提高翻转效率。

[0027] 为了使本申请实施例的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述。显然,所描述的实施例仅仅是本申请的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动的前提下所获得的所有其它实施例,均属于本申请保护的范围。

[0028] 参阅图1,本申请实施例提供一种半导体存储器件的形成方法,该形成方法具体包括以下步骤:

步骤S100:在底电极层上形成多个磁隧道结,磁隧道结的侧壁具有残余物,残余物接触底电极层。

[0029] 底电极层10可以形成在衬底(图中未画出)上,底电极层10可以为重金属层。多个磁隧道结20刻蚀形成,具体的,在衬底上依次沉积底电极层、初始自由层、初始隧穿层和初始参考层,即衬底、底电极层、初始自由层、初始隧穿层和初始参考层依次叠置。

[0030] 采用常规刻蚀方法,例如离子束刻蚀,去除部分初始自由层、部分初始隧穿层和部分初始参考层,剩余的初始自由层形成多个间隔设置的自由层21,剩余的初始隧穿层形成多个间隔设置的隧穿层22,剩余的初始参考层形成多个间隔设置的参考层23。参阅图2,每个自由层21及其上的隧穿层22和参考层23形成一个磁隧道结20,相邻的磁隧道结20之间形成沟槽。

[0031] 在底电极层10上形成多个磁隧道结20后,由于刻蚀方法的局限性,磁隧道结20的侧壁具有残余物30,其中,磁隧道结20两侧通常均具有残余物30,残余物30接触底电极层10。残余物30为自由层残留,其与自由层21为一体结构。沿远离磁隧道结20侧壁的方向,残余物30的厚度逐渐减小。

[0032] 在一些可能的示例性,初始参考层上还可以沉积形成初始固定层,并在后续被刻蚀去除部分。剩余的初始固定层形成多个间隔设置的固定层24,磁隧道结20还包括相对应的固定层24。固定层24用于固定或限制参考层23的磁矩方向,其材料通常包括反铁磁性(Anti-ferromagnetic,简称AFM)材料,例如FeMn、PtMn、IrMn、NiO等。

[0033] 步骤S200:形成残余物覆盖层,包括第一残余物覆盖层和第二残余物覆盖层,第一残余物覆盖层覆盖残余物,第二残余物覆盖层覆盖相邻残余物之间的底电极层;第一残余物覆盖层的上表面不高于第二残余物覆盖层的上表面。

[0034] 参阅图2和图3,形成残余物覆盖层50,残余物覆盖层50至少覆盖相邻磁隧道结20之间的残余物30和底电极层10。可以理解的是,相邻磁隧道结20之间形成沟槽,相邻磁隧道结20彼此靠近的一侧均具有残余物30,这些残余物30为相邻的残余物30,即位于同一沟槽内的残余物30为相邻的残余物30。

[0035] 其中,残余物覆盖层50包括第一残余物覆盖层和第二残余物覆盖层,第一残余物覆盖层和第二残余物覆盖层均位于相邻磁隧道结20之间。第一残余物覆盖层覆盖残余物30,第二残余物覆盖层覆盖相邻残余物30之间的底电极层10。

[0036] 第一残余物覆盖层的上表面不高于第二残余物覆盖层的上表面,上表面是指背离底电极层10的表面。第一残余物覆盖层可以和残余物形成互补,在后续的去掉过程中达到残余物和残余物覆盖层同步去除的效果。这样,如图4所示,第二残余物覆盖层凸出于第一残余物覆盖层,使得磁隧道结20之间的残余物覆盖层50形成凸起51;或者,如图3所示,第二残余物覆盖层齐平于第一残余物覆盖层,使得磁隧道结20之间的残余物覆盖层50较为平坦。

[0037] 在一些可能的示例中,残余物覆盖层50的材料包括氧化硅、氮化硅、氮氧化硅、金属氧化物和金属氮化物中的至少一者。残余物覆盖层50经非垂直沉积形成,具体的,残余物覆盖层50可以直接通过非垂直沉积形成,还可以间接通过非垂直沉积形成,即残余物覆盖

层50通过非垂直沉积后,并通过氧化/氮化后成。

[0038] 示例性的,化学沉积形成残余物覆盖层50。又示例性的,物理沉积残余物覆盖层50的材料,直接形成残余物覆盖层50。再示例性的,物理沉积金属层,如铝、镁等,并对金属层进行氧化处理或者氮化处理,形成残余物覆盖层50,此时,残余物覆盖层50的材料为金属氧化物或者金属氮化物。

[0039] 非垂直沉积是指用于形成残余物覆盖层50的材料粒子的沉积方向相对于支撑底电极层10和磁隧道结20的基板的平面不相垂直,即沉积不具备良好方向性。材料粒子包括残余物覆盖层50的反应物离子、残余物覆盖层50的靶材离子,或者残余物覆盖层50相对应的金属层的靶材离子等。非垂直沉积的沉积角度大于 $120^\circ$ ,或者小于 $60^\circ$ ,即沉积角度不能为 $90^\circ$ 。沉积角度是指材料粒子的沉积方向与基板的平面之间的夹角。

[0040] 材料粒子的沉积方向与磁隧道结20的堆叠方向不相重合,形成一定的角度。这样,材料粒子受到高密度磁隧道结20的遮挡(阴影效应),各位置处残余物覆盖层50的厚度不同,第一残余物覆盖层较薄,第二残余物覆盖层较厚。磁隧道结20之间的残余物覆盖层50可以与残余物30形成互补,使得磁隧道结20之间的残余物覆盖层50平坦或者在中间形成凸起51。

[0041] 可以理解的是,在沉积过程中,材料粒子还同步覆盖磁隧道结20的顶部,磁隧道结20的顶部的残余物覆盖层50的厚度大于第一残余物覆盖层的厚度,例如磁隧道结20的顶部的残余物覆盖层50的厚度与第二残余物覆盖层的厚度相同。材料粒子还可以同步覆盖磁隧道结20的侧壁,磁隧道结20的侧壁的残余物覆盖层50的厚度小于第二残余物覆盖层的厚度。在其他示例中,磁隧道结20的侧壁上没有残余物覆盖层50。

[0042] 步骤S300:刻蚀去除残余物和第一残余物覆盖层,暴露与磁隧道结的侧壁接触的底电极层。

[0043] 参阅图5和图6,刻蚀去除残余物30和第一残余物覆盖层时,刻蚀的刻蚀角度大于或者等于 $60^\circ$ ,且小于或者等于 $120^\circ$ ,优选 $90^\circ$ 。刻蚀角度是指刻蚀方向(如图5和图6中箭头所示)与基板的平面之间的夹角。基板的平面在图5和图6中为水平面。刻蚀包括高偏压的IBE刻蚀,刻蚀气体包括氦气、氩气和氦气中的至少一者,优选氦气,其分子量小。

[0044] 这样,可以提高去除残余物30和第一残余物覆盖层的准直性,刻蚀形貌会逐步传递,待刻蚀至残余物30完全去除结束刻蚀,与磁隧道结20接触的底电极层10暴露。

[0045] 可以理解的是,磁隧道结20的顶部和侧壁也存在残余物覆盖层50时,磁隧道结20顶部的残余物覆盖层50、第一残余物覆盖层和第二残余物覆盖层的刻蚀速率基本相等,并大于其他区域的残余物覆盖层50(例如磁隧道结20侧壁的残余物覆盖层50)的刻蚀速率。

[0046] 刻蚀去除残余物30和第一残余物覆盖层时,也会同步刻蚀到第二残余物覆盖层。如图5所示,第一残余物覆盖层的上表面和第二残余物覆盖层的上表面齐平时,第二残余物覆盖层也同步刻蚀去除,磁隧道结20之间的底电极层10均暴露。如图6所示,第一残余物覆盖层的上表面低于第二残余物覆盖层的上表面时,第二残余物覆盖层还有部分剩余,剩余的第二残余物覆盖层覆盖磁隧道结20之间的部分底电极层10,以保护底电极层10不会受到损伤。

[0047] 刻蚀去除残余物30和第一残余物覆盖层时,还会同步刻蚀到磁隧道结20的顶部和侧壁也存在残余物覆盖层50。刻蚀去除残余物30和第一残余物覆盖层后,磁隧道结20的顶

部和侧壁的残余物覆盖层50可以完全去除,也可以有部分剩余。例如,磁隧道结20的顶部和侧壁的残余物覆盖层50均剩余部分残余物覆盖层50。

[0048] 综上,本申请实施例的半导体存储器件的形成方法中,在底电极层10上形成多个磁隧道结20,磁隧道结20的侧壁具有残余物30,并形成残余物覆盖层50,残余物覆盖层50包括覆盖残余物30的第一残余物覆盖层,以及覆盖相邻残余物30之间的底电极层10的第二残余物覆盖层。第一残余物覆盖层的上表面不高于第二残余物覆盖层的上表面,使得磁隧道结20之间的残余物覆盖层50形成平坦或者中间凸出的形貌。刻蚀去除残余物30和第一残余物覆盖层,暴露与磁隧道结20的侧壁接触的底电极层10,使得残余物30和第一残余物覆盖层可以同步去除,从而保证残余物30完全去除,提高器件矫顽力,降低对底电极层10的分流,提高转换效率。至少第二残余物覆盖层还可以在后续相对应的刻蚀过程中对底电极层10进行保护,降低对底电极层10的损伤,提高翻转效率。

[0049] 在一些可能的实施例中,刻蚀去除残余物30和第一残余物覆盖层之后,还包括:重复形成第三残余物覆盖层,第三残余物覆盖层至少覆盖剩余残余物30、剩余第一残余物覆盖层、剩余第二残余物覆盖层;刻蚀去除第三残余物覆盖层、剩余残余物30和剩余第一残余物覆盖层至少一次,以完全去除残余物30。

[0050] 在形成残余物覆盖层50后,残余物30、第一残余物覆盖层和第二残余物覆盖层形成互补,第二残余物覆盖层和第一残余物覆盖层形成平坦或者凸起51的形貌。再考虑到残余物30和残余物覆盖层50的刻蚀速率不一致等问题,刻蚀去除残余物30和第一残余物覆盖层之后仍存在少部分残余物30未被完全去除。

[0051] 为了保证残余物30去除完全以及避免底电极层10损伤,可以将形成第三残余物覆盖层,以及刻蚀去除第三残余物覆盖层、残余物30和第一残余物覆盖层50重复至少一次,直至残余物30全部刻蚀完成。

[0052] 可以理解的是,刻蚀去除残余物和第一残余物覆盖层,暴露与磁隧道结的侧壁接触的底电极层(步骤S300)之后,还包括:

步骤a:形成第三残余物覆盖层,第三残余物覆盖层至少覆盖剩余残余物、剩余第一残余物覆盖层、剩余第二残余物覆盖层。

[0053] 步骤b:刻蚀去除第三残余物覆盖层、剩余残余物和剩余第一残余物覆盖层。

[0054] 依次重复步骤a和步骤b至少一次,直至完全去除残余物30。

[0055] 在一些可能的实施例中,磁隧道结20的侧壁还附着有再沉积物40,再沉积物40主要附着在参考层23和隧穿层22的侧面。形成残余物覆盖层50后,再沉积物40可以被残余物覆盖层50所覆盖,也可以暴露出来。刻蚀去除残余物30和第一残余物覆盖层之后,再沉积物40可以被剩余的残余物覆盖层50所覆盖,也可以暴露出来。

[0056] 刻蚀去除残余物和第一残余物覆盖层,暴露与磁隧道结的侧壁接触的底电极层(步骤S300)之后,还包括:

步骤A:形成再沉积物覆盖层,包括第一再沉积物覆盖层和第二再沉积物覆盖层,第一再沉积物覆盖层覆盖再沉积物,第二再沉积物覆盖层覆盖相邻磁隧道结之间的剩余第二残余物覆盖层和底电极层;第一再沉积物覆盖层的厚度小于第二再沉积物覆盖层的厚度。

[0057] 参阅图7,再沉积物覆盖层60包括第一再沉积物覆盖层和第二再沉积物覆盖层,第

一再沉积物覆盖层覆盖再沉积物40,还同步覆盖磁隧道结20的侧壁。第二再沉积物覆盖层覆盖相邻磁隧道结20之间的残余物30和底电极层10。在其他示例中,再沉积物覆盖层60还覆盖磁隧道结20的顶部,第二再沉积物覆盖层与第一再沉积物覆盖层为一体结构。

[0058] 再沉积物覆盖层60的材料包括氧化硅、氮化硅、氮氧化硅、金属氧化物和金属氮化物中的至少一者。再沉积物覆盖层60经过垂直沉积形成,具体的,再沉积物覆盖层60可以直接通过垂直沉积形成,还可以间接通过垂直沉积形成,即再沉积物覆盖层60通过垂直沉积后,并通过氧化/氮化后成。

[0059] 示例性的,化学沉积形成再沉积物覆盖层60。又示例性的,物理沉积再沉积物覆盖层60的材料,直接形成再沉积物覆盖层60。再示例性的,物理沉积金属层,并对金属层进行氧化处理或者氮化处理,形成再沉积物覆盖层60,此时,再沉积物覆盖层60的材料为金属氧化物或者金属氮化物。

[0060] 其中,利用沉积形成再沉积物覆盖层60,沉积的沉积角度大于 $70^{\circ}$ ,且小于 $110^{\circ}$ ,优选 $90^{\circ}$ 。其中,沉积角度是指形成再沉积物覆盖层60的材料粒子的沉积方向,相对于支撑底电极层10和磁隧道结20的基板的平面相垂直,即沉积具备较高的方向性。上述材料粒子包括再沉积物覆盖层60的反应物离子、再沉积物覆盖层60的靶材离子,或者再沉积物覆盖层60相对应的金属层的靶材离子等。

[0061] 该沉积可以视为垂直沉积,通过垂直沉积,材料粒子的准直性高,磁隧道结20之间的再沉积物覆盖层60(即第二再沉积物覆盖层)的厚度基本一致,并大于磁隧道结20侧壁的再沉积物覆盖层60(即第一再沉积物覆盖层)的厚度,即第一再沉积物覆盖层的厚度小于第二再沉积物覆盖层的厚度,再沉积物覆盖层60的整体轮廓如图7所示。

[0062] 在其他示例中,磁隧道结20的顶部和侧壁还剩余部分残余物覆盖层50,第一再沉积物覆盖层还覆盖这部分残余物覆盖层50。第二再沉积物覆盖层覆盖剩余第二残余物覆盖层和底电极层10,第二再沉积物覆盖层与第一再沉积物覆盖层为一体结构。

[0063] 在磁隧道结20包括依次堆叠设置的自由层21、隧穿层22和参考层23的示例性,第二再沉积物覆盖层的厚度大于自由层21的厚度,可以避免第二再沉积物覆盖层过薄而在后续刻蚀时暴露自由层21,保证自由层21不被刻蚀。再沉积物40主要附着在隧穿层22和参考层23的侧面,第二再沉积物覆盖层的厚度小于自由层21和隧穿层22的总厚度,便于去除隧穿层22外部的再沉积物40,从而切断自由层21和参考层23的电连接,消除器件短路。

[0064] 步骤B:刻蚀去除第一再沉积物覆盖层和再沉积物,暴露磁隧道结的侧壁。

[0065] 参阅图8,刻蚀去除第一再沉积物覆盖层和再沉积物40,刻蚀为非垂直刻蚀,第一再沉积物覆盖层较薄,刻蚀时无需限制刻蚀角度,只要刻蚀角度非垂直即可将磁隧道结20的侧壁优先被打开,露出再沉积物40,从而去除再沉积物40。

[0066] 此时,磁隧道结20的侧壁完成暴露,磁隧道结20侧壁上的残余物30和再沉积物40被完全去除,磁隧道结20顶部和磁隧道结20之间至少剩余再沉积物覆盖层60,不会对底电极层10产生损伤。如图8所示,磁隧道结20顶部和磁隧道结20之间均剩余再沉积物覆盖层60和残余物覆盖层50。

[0067] 本申请实施例还提供一种半导体存储器件的形成方法,参阅图9,该形成方法具体包括以下步骤:

步骤S100': 在底电极层上形成多个磁隧道结,磁隧道结的侧壁具有残余物和再

沉积物,残余物接触底电极层。

[0068] 如图2所示,每个磁隧道结20可以包括依次堆叠设置的自由层21、隧穿层22和参考层23,自由层21设置在底电极层10上。每个磁隧道结20还可以包括设置在参考层23远离隧穿层22一侧的固定层24。磁隧道结20的侧壁具有残余物30和再沉积物40。

[0069] 其中,残余物30接触底电极层10,残余物30为自由层21的残留,其与自由层21为一体结构。沿远离磁隧道结20侧壁的方向,残余物30的厚度逐渐减小。再沉积物40附着在磁隧道结20的侧壁,其主要附着在参考层23和隧穿层22的侧面。

[0070] 步骤S200': 形成再沉积物覆盖层,包括第一再沉积物覆盖层和第二再沉积物覆盖层,第一再沉积物覆盖层覆盖再沉积物,第二再沉积物覆盖层覆盖相邻磁隧道结之间的残余物和底电极层;第一再沉积物覆盖层的厚度小于第二再沉积物覆盖层的厚度。

[0071] 再沉积物覆盖层60包括第一再沉积物覆盖层和第二再沉积物覆盖层,第一再沉积物覆盖层覆盖再沉积物40,还同步覆盖磁隧道结20的侧壁。第二再沉积物覆盖层覆盖相邻磁隧道结20之间的残余物30和底电极层10。在其他示例中,再沉积物覆盖层60还覆盖磁隧道结20的顶部,第二再沉积物覆盖层与第一再沉积物覆盖层为一体结构。

[0072] 再沉积物覆盖层60利用沉积形成,沉积的沉积角度大于 $70^{\circ}$ ,且小于 $110^{\circ}$ ,优选 $90^{\circ}$ ,即再沉积物覆盖层经过垂直沉积形成。具体的,再沉积物覆盖层可以直接通过垂直沉积形成,还可以间接通过垂直沉积形成,即再沉积物覆盖层通过垂直沉积后,并通过氧化/氮化后成。

[0073] 其中,沉积角度是指形成再沉积物覆盖层60的材料粒子的沉积方向,相对于支撑底电极层10和磁隧道结20的基板的平面相垂直,即沉积具备较高的方向性。上述材料粒子包括再沉积物覆盖层60的反应物离子、再沉积物覆盖层60的靶材离子,或者再沉积物覆盖层60相对应的金属层的靶材离子等。

[0074] 这样,沉积的材料粒子的准直性高,磁隧道结20之间的再沉积物覆盖层60(即第二再沉积物覆盖层)的厚度基本一致,并大于磁隧道结20侧壁的再沉积物覆盖层60(即第一再沉积物覆盖层)的厚度,即第一再沉积物覆盖层的厚度小于第二再沉积物覆盖层的厚度。

[0075] 步骤S300': 刻蚀去除第一再沉积物覆盖层和再沉积物,暴露磁隧道结的侧壁和与磁隧道结接触的残余物。

[0076] 刻蚀去除第一再沉积物覆盖层和再沉积物40,刻蚀为非垂直刻蚀,第一再沉积物覆盖层较薄,刻蚀时无需限制刻蚀角度,只要刻蚀角度非垂直即可将磁隧道结20的侧壁优先被打开,露出再沉积物40,从而去除再沉积物40。

[0077] 磁隧道结20侧壁上的再沉积物40和第一再沉积物覆盖层被完全去除,第二再沉积物覆盖层被同步刻蚀去除至少部分。例如,残余物30上的部分第二再沉积物覆盖层被刻蚀去除,与磁隧道结20接触的部分残余物30暴露,甚至残余物30完全暴露。相邻的残余物30之间还剩余有第二再沉积物覆盖层,以保护底电极层10。在其他示例中,磁隧道结20顶部的再沉积物覆盖层60也会有剩余。

[0078] 步骤S400': 形成残余物覆盖层,包括第一残余物覆盖层和第二残余物覆盖层,第一残余物覆盖层覆盖暴露的残余物,第二残余物覆盖层覆盖相邻残余物之间的第二再沉积物覆盖层;第一残余物覆盖层的上表面不高于第二残余物覆盖层的上表面。

[0079] 残余物覆盖层沉积形成,沉积角度大于 $120^{\circ}$ ,或者小于 $60^{\circ}$ ,沉积角度不能为 $90^{\circ}$ ,

即残余物覆盖层通过非垂直沉积形成。沉积角度是指形成残余物覆盖层材料粒子的沉积方向与基板的平面之间的夹角,材料粒子的沉积方向相对于支撑底电极层10和磁隧道结20的基板的平面不相垂直,即沉积不具备良好方向性。

[0080] 这样,材料粒子受到高密度磁隧道结20的遮挡(阴影效应),各位置处残余物覆盖层的厚度不同。第一残余物覆盖层较薄,第二残余物覆盖层较厚,磁隧道结20之间的残余物覆盖层可以与残余物30形成互补,使得磁隧道结20之间的残余物覆盖层平坦或者在中间形成凸起。

[0081] 在其他示例中,残余物覆盖层还覆盖磁隧道结20的顶部和侧壁磁隧道结20顶部的残余物覆盖层的厚度大于第一残余物覆盖层的厚度,磁隧道结20侧壁的残余物覆盖层的厚度小于第一残余物覆盖层的厚度。

[0082] 步骤S500': 刻蚀去除残余物和第一残余物覆盖层,暴露与磁隧道结的侧壁接触的底电极层。

[0083] 刻蚀去除残余物30和第一残余物覆盖层时,刻蚀的刻蚀角度大于或者等于 $60^\circ$ ,且小于或者等于 $120^\circ$ ,优选 $90^\circ$ 。刻蚀角度是指刻蚀方向与基板的平面之间的夹角。刻蚀包括高偏压的IBE刻蚀,刻蚀气体包括氦气、氙气和氪气中的至少一者,优选氦气,其分子量小。

[0084] 这样,该刻蚀为垂直刻蚀,即指刻蚀方向垂直于基板的平面,利用垂直刻蚀可以提高去除残余物30和第一残余物覆盖层的准直性,使得残余物30和第一残余物覆盖层可以完全去除,形貌会逐步传递,待刻蚀至残余物30完全去除结束刻蚀,与磁隧道结20接触的底电极层10暴露。

[0085] 可以理解的是,刻蚀去除残余物30和第一残余物覆盖层后,磁隧道结20的顶部和相邻磁隧道结20之间至少还剩余有再沉积物覆盖层,例如,磁隧道结20的顶部和相邻磁隧道结20之间均剩余有再沉积物覆盖层和残余物覆盖层。此外,残余物30还可以通过多次刻蚀去除,以保证残余物30可以完全去除,具体可参阅上文实施例,在此不再赘述。

[0086] 综上,本申请实施例中的半导体存储器件的形成方法中,在底电极层10上形成多个磁隧道结20,磁隧道结20的侧壁具有残余物30和再沉积物40。并形成再沉积物覆盖层,再沉积物覆盖层包括覆盖再沉积物40的第一再沉积物覆盖层,以及覆盖残余物30和底电极层10的第二再沉积物覆盖层,第一再沉积物覆盖层的厚度小于第二再沉积物覆盖层的厚度,使得磁隧道结20的侧壁的第二再沉积物覆盖层较薄。刻蚀去除第一再沉积物覆盖层和再沉积物40,磁隧道结20的侧壁打开,从而保证再沉积物40的完全去除,避免器件短路,提高器件效率。再形成残余物覆盖层,残余物覆盖层包括覆盖残余物30上的第二再沉积物覆盖层的第一残余物覆盖层,以及覆盖相邻残余物30之间的第二再沉积物覆盖层,第一残余物覆盖层的上表面不高于第二残余物覆盖层的上表面,使得磁隧道结20之间的残余物覆盖层形成平坦或者中间凸出的形貌。刻蚀去除残余物30和第一残余物覆盖层,将残余物30和第一残余物覆盖层同步去除,从而保证残余物30完全去除,提高器件矫顽力,降低对底电极层10的分流,提高转换效率。

[0087] 本申请实施例还提供一种半导体存储器件,其包括底电极层和位于底电极层上的多个磁隧道结;磁隧道结的侧壁具有残余物,残余物接触底电极层。

[0088] 其中,残余物通过刻蚀的方式去除,包括:

形成残余物覆盖层,包括第一残余物覆盖层和第二残余物覆盖层,第一残余物覆

盖层覆盖残余物,第二残余物覆盖层覆盖相邻残余物之间的底电极层;第一残余物覆盖层的上表面不高于第二残余物覆盖层的上表面;

刻蚀去除残余物和第一残余物覆盖层。

[0089] 这样,残余物通过刻蚀的方式去除,使得残余物完全去除,提高器件矫顽力,降低对底电极的分流,提高转换效率。

[0090] 本说明书中各实施例或实施方式采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分相互参见即可。参考术语“一个实施方式”、“一些实施方式”、“示意性实施方式”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合实施方式或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本申请的至少一个实施方式或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施方式或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任何一个或多个实施方式或示例中以合适的方式结合。

[0091] 最后应说明的是:以上各实施例仅用以说明本申请的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述各实施例对本申请进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本申请各实施例技术方案的范围。

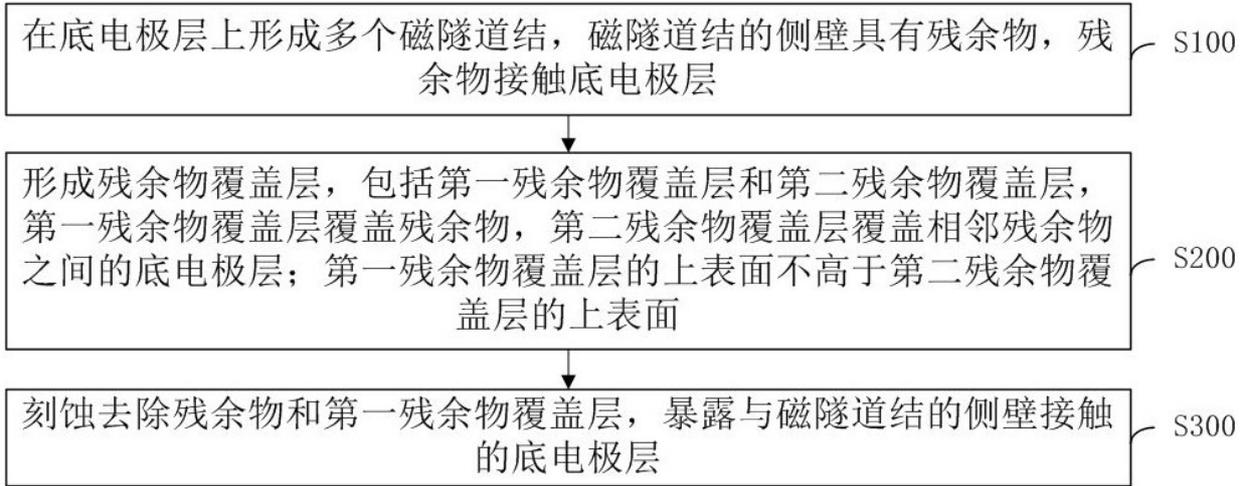


图 1

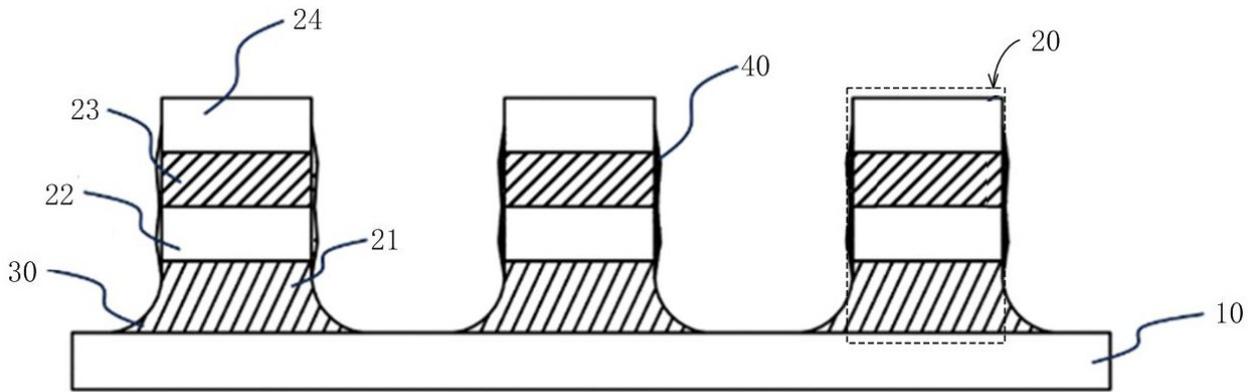


图 2

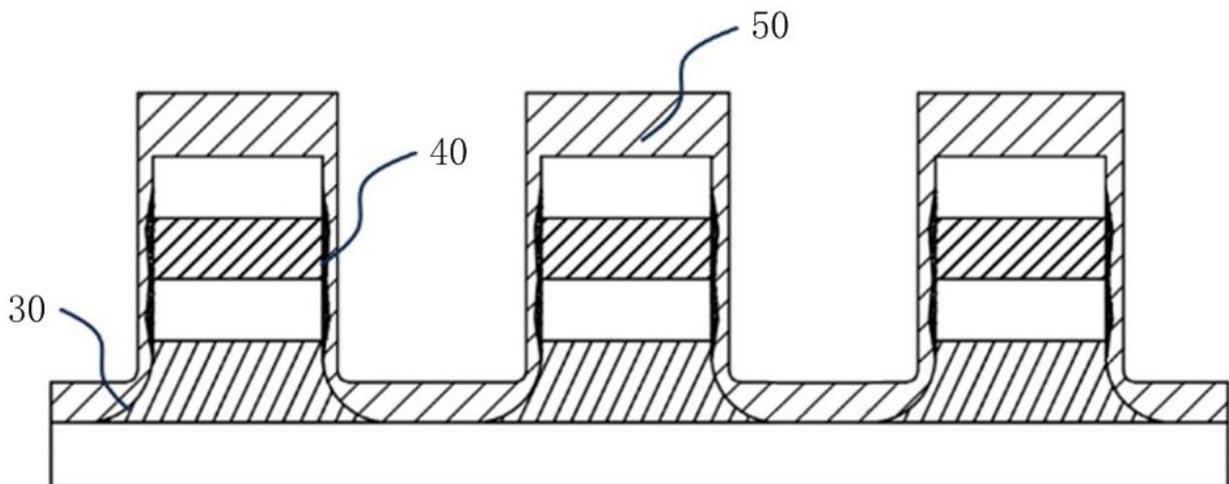


图 3

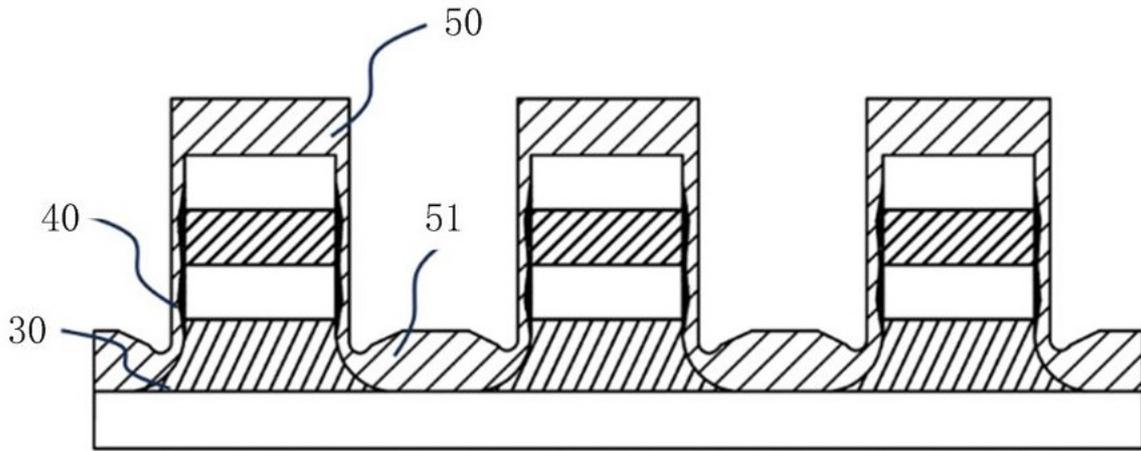


图 4

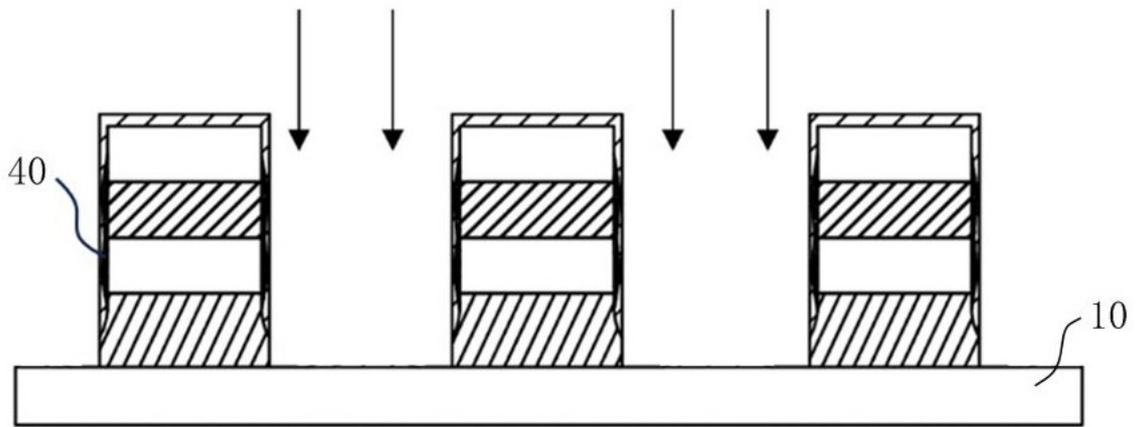


图 5

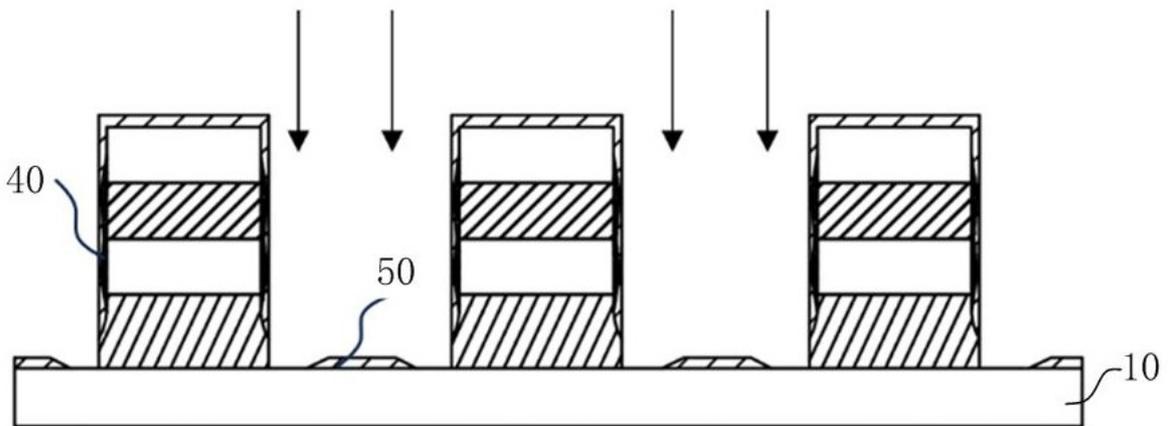


图 6

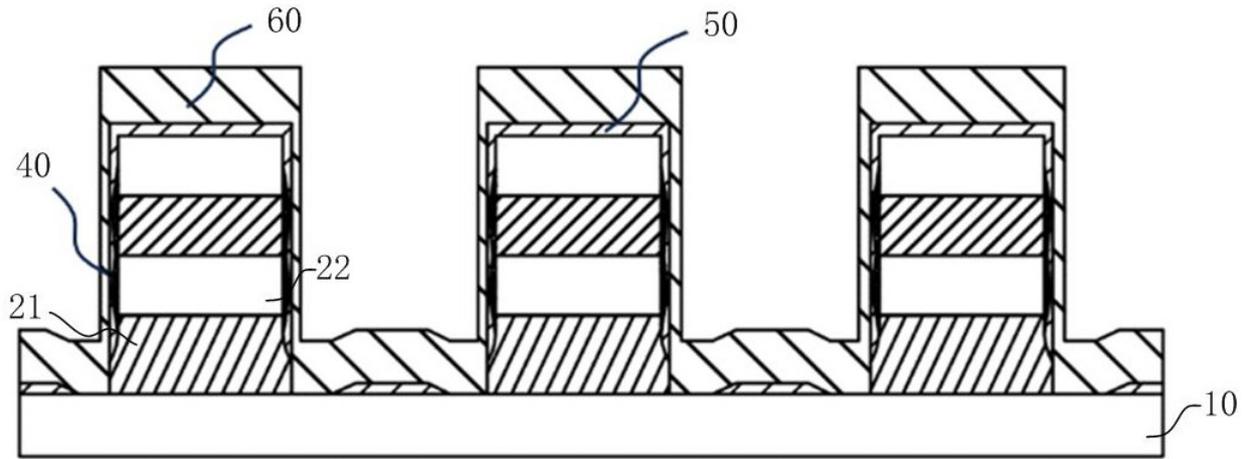


图 7

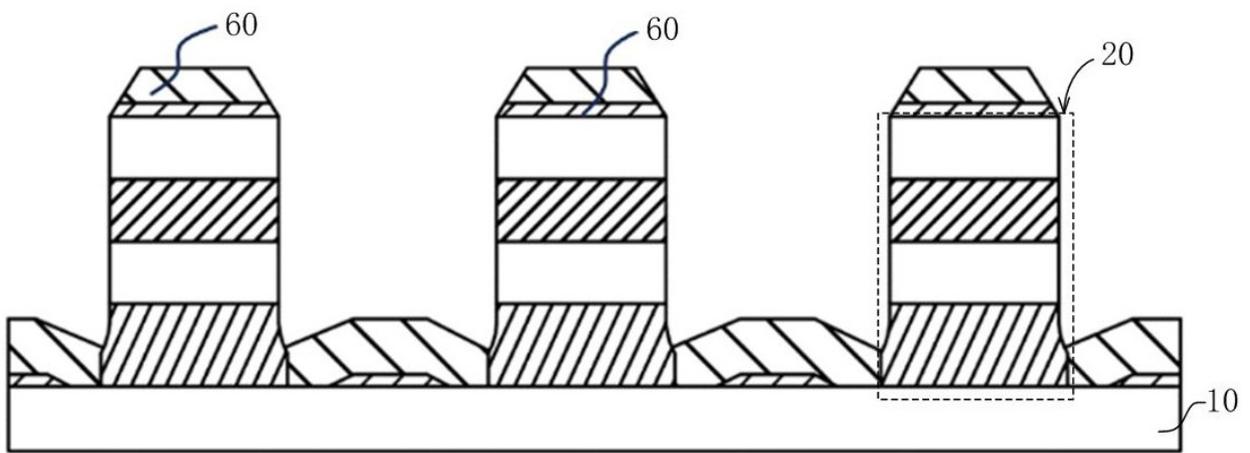


图 8

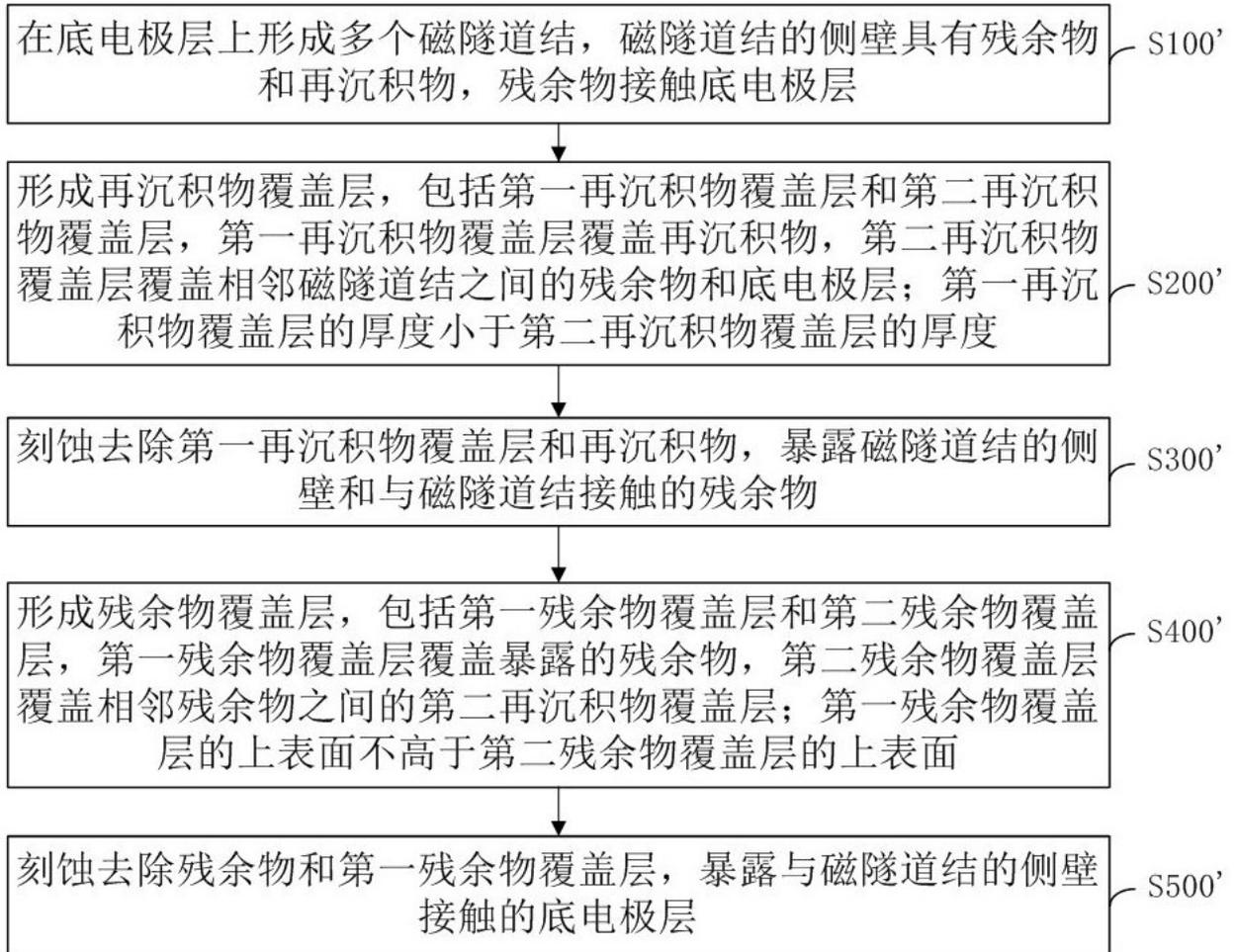


图 9