(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 104183473 A
(43)申请公布日 2014.12.03

(21)申请号 201310190331.1

(22)申请日 2013.05.21

(71)申请人 中芯国际集成电路制造(上海)有限公司
地址 201203 上海市浦东新区张江路 18 号

(72)发明人 王新鹏 何其暘

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227
代理人 骆苏华

(51)Int.Cl.
H01L 21/28(2006.01)
H01L 21/336(2006.01)
H01L 29/78(2006.01)
H01L 29/41(2006.01)

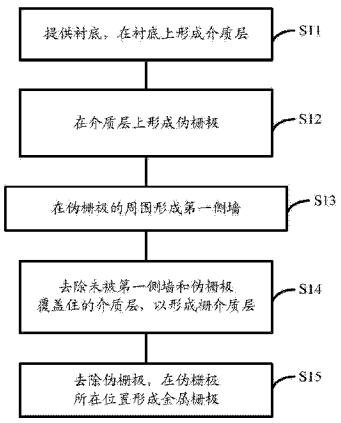
权利要求书2页 说明书14页 附图17页

(54)发明名称

金属栅极晶体管的形成方法及半导体器件

(57)摘要

本发明公开了一种金属栅极晶体管的形成方法及半导体器件，该方法包括：提供衬底；在所述衬底上形成介质层；在所述介质层上形成伪栅极；在所述伪栅极的周围形成第一侧墙；去除未被所述第一侧墙和伪栅极覆盖住的介质层，以形成栅介质层；形成所述栅介质层之后，去除所述伪栅极，在所述伪栅极所在位置形成金属栅极。通过在伪栅极的周围形成第一侧墙，并以伪栅极和第一侧墙为掩模，对介质层进行刻蚀即可使得栅介质层的侧壁凸出于伪栅极的侧壁外，而不用通过现有非常复杂的刻蚀工艺控制来使得栅介质层的侧壁凸出于伪栅极的侧壁外，由此可见，该方法较为容易实现。另外，通过调节第一侧墙的厚度即可控制栅介质层的侧壁凸出量。



CN 104183473 A

1. 一种金属栅极晶体管的形成方法，其特征在于，包括：

提供衬底；

在所述衬底上形成介质层；

在所述介质层上形成伪栅极；

在所述伪栅极的周围形成第一侧墙；

去除未被所述第一侧墙和伪栅极覆盖住的介质层，以形成栅介质层；

形成所述栅介质层之后，去除所述伪栅极，在所述伪栅极所在位置形成金属栅极。

2. 根据权利要求 1 所述的形成方法，其特征在于，

形成所述伪栅极之前还包括：在所述介质层上形成功函数层；

形成所述伪栅极之后、形成所述第一侧墙之前还包括：去除未被所述伪栅极覆盖住的功函数层；

所述第一侧墙还位于剩余功函数层的周围。

3. 根据权利要求 1 所述的形成方法，其特征在于，

形成所述伪栅极之前还包括：在所述介质层上形成功函数层；

形成所述第一侧墙之后、形成所述栅介质层之前，还包括：去除未被所述第一侧墙和伪栅极覆盖住的功函数层。

4. 根据权利要求 1 所述的形成方法，其特征在于，

形成所述伪栅极之前还包括：在所述介质层上形成功函数层；

形成所述伪栅极之后、形成所述第一侧墙之前，还包括：在所述伪栅极的周围形成第二侧墙，然后去除未被所述第二侧墙和伪栅极覆盖住的功函数层；

所述第一侧墙还位于剩余功函数层及第二侧墙的周围。

5. 根据权利要求 1 所述的形成方法，其特征在于，所述伪栅极包括第一伪栅极和第二伪栅极，所述第一伪栅极的长度小于所述第二伪栅极的长度，和 / 或，所述第一伪栅极的宽度小于所述第二伪栅极的宽度；

所述第一伪栅极周围的第一侧墙的厚度大于第二伪栅极周围的第一侧墙的厚度。

6. 根据权利要求 5 所述的形成方法，其特征在于，在第一伪栅极和第二伪栅极周围形成第一侧墙的方法包括：

在所述第一伪栅极的侧壁和顶部上形成第三侧墙材料层、在所述第二伪栅极的侧壁和顶部上形成第四侧墙材料层，且所述第四侧墙材料层的厚度小于所述第三侧墙材料层的厚度；

对所述第三侧墙材料层和第四侧墙材料层进行回刻，以在所述第一伪栅极和第二伪栅极的周围均形成第一侧墙。

7. 根据权利要求 6 所述的形成方法，其特征在于，形成所述第三侧墙材料层和第四侧墙材料层的方法包括：

在所述衬底、第一伪栅极和第二伪栅极上形成第一侧墙材料层；

在所述第一侧墙材料层上形成图形化光刻胶层，所述图形化光刻胶层将覆盖在第一伪栅极侧壁和顶部上的第一侧墙材料层部分覆盖住；

去除所述第一侧墙材料层的未被图形化光刻胶层覆盖住的部分；

去除所述图形化光刻胶层之后，在所述衬底、剩余的第一侧墙材料层、第二伪栅极的侧

壁和顶部上形成第二侧墙材料层；

所述第二侧墙材料层的覆盖在所述第一伪栅极侧壁和顶部上的部分，以及剩余的第一侧墙材料层，共同构成所述第三侧墙材料层，所述第二侧墙材料层的覆盖在所述第二伪栅极侧壁和顶部上的部分，构成所述第四侧墙材料层。

8. 根据权利要求 1 所述的形成方法，其特征在于，在所述伪栅极的周围形成第一侧墙的方法包括：

在所述介质层和伪栅极上形成侧墙材料层；

对所述侧墙材料层进行回刻，以形成所述第一侧墙。

9. 根据权利要求 8 所述的形成方法，其特征在于，所述侧墙材料层的形成方法为原子层沉积。

10. 根据权利要求 8 所述的形成方法，其特征在于，所述侧墙材料层的厚度为1Å-50Å。

11. 根据权利要求 1 所述的形成方法，其特征在于，所述第一侧墙的材料为氧化硅。

12. 根据权利要求 1 所述的形成方法，其特征在于，利用干法刻蚀的方法来去除未被所述第一侧墙和伪栅极覆盖住的介质层。

13. 根据权利要求 2 所述的形成方法，其特征在于，利用干法刻蚀的方法来去除未被所述伪栅极覆盖住的功函数层。

14. 根据权利要求 1 所述的形成方法，其特征在于，所述伪栅极上具有硬掩模；所述第一侧墙还位于所述硬掩模的周围。

15. 根据权利要求 2 所述的形成方法，其特征在于，所述功函数层的材料为 TiN。

16. 一种半导体器件，其特征在于，包括：衬底；

位于所述衬底上的栅介质层；

位于所述栅介质层上的伪栅极，所述栅介质层的侧壁凸出于伪栅极的侧壁外；

所述栅介质层的侧壁垂直于衬底的表面。

17. 根据权利要求 16 所述的半导体器件，其特征在于，还包括：位于所述栅介质层和伪栅极之间的功函数层。

18. 根据权利要求 17 所述的半导体器件，其特征在于，所述功函数层的侧壁垂直于衬底的表面。

19. 根据权利要求 17 所述的半导体器件，其特征在于，所述功函数层的侧壁与所述伪栅极的侧壁在同一平面上；

或者，所述功函数层的侧壁凸出于所述伪栅极的侧壁外，且所述功函数层的侧壁凸出量小于或等于栅介质层的侧壁凸出量。

20. 根据权利要求 16 所述的半导体器件，其特征在于，所述伪栅极包括第一伪栅极和第二伪栅极，所述第一伪栅极的长度小于所述第二伪栅极的长度，和 / 或，所述第一伪栅极的宽度小于所述第二伪栅极的宽度；

所述第一伪栅极下方的栅介质层的侧壁凸出量，大于所述第二伪栅极下方的栅介质层的侧壁凸出量。

金属栅极晶体管的形成方法及半导体器件

技术领域

[0001] 本发明属于半导体技术领域，特别是涉及一种金属栅极晶体管的形成方法，以及一种半导体器件。

背景技术

[0002] 随着半导体技术的发展，多晶硅型晶体管由于漏电流大、功耗大等问题，已经不能满足小尺寸半导体工艺的要求。因此，提出了金属栅极型晶体管。

[0003] 现有一种金属栅极晶体管的形成方法包括：如图 1 所示，提供衬底 1，在衬底 1 上由下至上依次形成栅介质层、功函数层、伪栅材料层，对所述伪栅材料层、功函数层及栅介质层进行刻蚀，形成由栅介质层 2、功函数层 3 及伪栅极（dummy gate）4 构成的堆栈结构 5，其中，栅介质层 2、功函数层 3、伪栅极 4 三者的侧壁位于同一平面上；进行离子注入，以在堆栈结构 5 两侧的衬底 1 内形成源极和漏极（未图示），离子注入之后，进行快速热退火处理。

[0004] 但是在制作金属栅极晶体管的过程中会发现，形成堆栈结构 5 之后的几个高温制程（如离子注入、快速热退火等工艺的温度均大于 300℃），会造成栅介质层 2 及功函数层 3 收缩，使得栅介质层 2 和功函数层 3 的宽度小于伪栅极 4 的宽度（第一方向上的尺寸，所述第一方向与沿源极至漏极的方向平行），栅介质层 2 和功函数层 3 的长度小于伪栅极 4 的宽度（第二方向上的尺寸，所述第二方向与沿源极至漏极的方向垂直）。这样一来，当去除伪栅极 4 并形成金属栅极之后，金属栅极的宽度会大于栅介质层 2 及功函数层 3 的宽度，金属栅极的长度会大于栅介质层 2 及功函数层 3 的长度，影响了晶体管的性能。

[0005] 为了解决这个问题，现有一种解决方法是：如图 2 所示，在刻蚀伪栅材料层、功函数层及栅介质层以形成堆栈结构 5 的过程中，控制刻蚀工艺的条件，使得栅介质层 2 的侧壁 21 凸出于功函数层 3 的侧壁 31 和伪栅极 4 的侧壁 41 外，且栅介质层 2 的侧壁 21 是倾斜的，即，栅介质层 2 的侧壁 21 不垂直于衬底 1 的表面 S。

[0006] 为了解决这个问题，现有另一种解决方法是：如图 3 所示，在刻蚀伪栅材料层、功函数层及栅介质层以形成堆栈结构 5 的过程中，控制刻蚀工艺的条件，使得栅介质层 2 的侧壁 21 和功函数层 3 的侧壁 31 均凸出于伪栅极 4 的侧壁 41 外，且栅介质层 2 的侧壁 21 和功函数层 3 的侧壁 31 均是倾斜的，即，栅介质层 2 的侧壁 21 和功函数层 3 的侧壁 31 均不垂直于衬底 1 的表面 S。

[0007] 由于栅介质层 2 和功函数层 3 的侧壁凸出量能够对栅介质层 2 和功函数层 3 在后续工艺中的收缩量进行补偿，使得栅介质层 2、功函数层 3 收缩后，栅介质层 2、功函数层 3 的宽度依然不小于金属栅极的宽度，栅介质层 2、功函数层 3 的长度依然不小于金属栅极的长度，故可以防止金属栅极的宽度大于栅介质层 2、功函数层 3 的宽度，以及防止金属栅极的长度大于栅介质层 2、功函数层 3 的长度，提高了晶体管的性能。

[0008] 但是，上述金属栅极晶体管的形成方法会有以下不足：对刻蚀工艺提出了很大的挑战，包括：通过控制刻蚀工艺的条件，使得栅介质层 2、功函数层 3 的侧壁凸出是非常困难复杂的；很难较为准确地控制栅介质层 2、功函数层 3 的侧壁凸出量。

发明内容

[0009] 本发明要解决的问题是：提供一种更容易实现的金属栅极晶体管形成方法，使得晶体管中栅介质层的侧壁凸出于伪栅极的侧壁外。

[0010] 为解决上述问题，本发明提供了一种金属栅极晶体管的形成方法，包括：

[0011] 提供衬底；

[0012] 在所述衬底上形成介质层；

[0013] 在所述介质层上形成伪栅极；

[0014] 在所述伪栅极的周围形成第一侧墙；

[0015] 去除未被所述第一侧墙和伪栅极覆盖住的介质层，以形成栅介质层；

[0016] 形成所述栅介质层之后，去除所述伪栅极，在所述伪栅极所在位置形成金属栅极。

[0017] 可选的，形成所述伪栅极之前还包括：在所述介质层上形成功函数层；

[0018] 形成所述伪栅极之后、形成所述第一侧墙之前还包括：去除未被所述伪栅极覆盖住的功函数层；

[0019] 所述第一侧墙还位于剩余功函数层的周围。

[0020] 可选的，形成所述伪栅极之前还包括：在所述介质层上形成功函数层；

[0021] 形成所述第一侧墙之后、形成所述栅介质层之前，还包括：去除未被所述第一侧墙和伪栅极覆盖住的功函数层。

[0022] 可选的，形成所述伪栅极之前还包括：在所述介质层上形成功函数层；

[0023] 形成所述伪栅极之后、形成所述第一侧墙之前，还包括：在所述伪栅极的周围形成第二侧墙，然后去除未被所述第二侧墙和伪栅极覆盖住的功函数层；

[0024] 所述第一侧墙还位于剩余功函数层及第二侧墙的周围。

[0025] 可选的，所述伪栅极包括第一伪栅极和第二伪栅极，所述第一伪栅极的长度小于所述第二伪栅极的长度，和/或，所述第一伪栅极的宽度小于所述第二伪栅极的宽度；

[0026] 所述第一伪栅极周围的第一侧墙的厚度大于第二伪栅极周围的第一侧墙的厚度。

[0027] 可选的，在第一伪栅极和第二伪栅极周围形成第一侧墙的方法包括：

[0028] 在所述第一伪栅极的侧壁和顶部上形成第三侧墙材料层、在所述第二伪栅极的侧壁和顶部上形成第四侧墙材料层，且所述第四侧墙材料层的厚度小于所述第三侧墙材料层的厚度；

[0029] 对所述第三侧墙材料层和第四侧墙材料层进行回刻，以在所述第一伪栅极和第二伪栅极的周围均形成第一侧墙。

[0030] 可选的，形成所述第三侧墙材料层和第四侧墙材料层的方法包括：

[0031] 在所述衬底、第一伪栅极和第二伪栅极上形成第一侧墙材料层；

[0032] 在所述第一侧墙材料层上形成图形化光刻胶层，所述图形化光刻胶层将覆盖在第一伪栅极侧壁和顶部上的第一侧墙材料层部分覆盖住；

[0033] 去除所述第一侧墙材料层的未被图形化光刻胶层覆盖住的部分；

[0034] 去除所述图形化光刻胶层之后，在所述衬底、剩余的第一侧墙材料层、第二伪栅极的侧壁和顶部上形成第二侧墙材料层；

[0035] 所述第二侧墙材料层的覆盖在所述第一伪栅极侧壁和顶部上的部分，以及剩余的

第一侧墙材料层，共同构成所述第三侧墙材料层，所述第二侧墙材料层的覆盖在所述第二伪栅极侧壁和顶部上的部分，构成所述第四侧墙材料层。

[0036] 可选的，在所述伪栅极的周围形成第一侧墙的方法包括：

[0037] 在所述介质层和伪栅极上形成侧墙材料层；

[0038] 对所述侧墙材料层进行回刻，以形成所述第一侧墙。

[0039] 可选的，所述侧墙材料层的形成方法为原子层沉积。

[0040] 可选的，所述侧墙材料层的厚度为1Å-50Å。

[0041] 可选的，所述第一侧墙的材料为氧化硅。

[0042] 可选的，利用干法刻蚀的方法来去除未被所述第一侧墙和伪栅极覆盖住的介质层。

[0043] 可选的，利用干法刻蚀的方法来去除未被所述伪栅极覆盖住的功函数层。

[0044] 可选的，所述伪栅极上具有硬掩模；所述第一侧墙还位于所述硬掩模的周围。

[0045] 可选的，所述功函数层的材料为 TiN。

[0046] 另外，本发明还提供了一种半导体器件，包括：

[0047] 衬底；

[0048] 位于所述衬底上的栅介质层；

[0049] 位于所述栅介质层上的伪栅极，所述栅介质层的侧壁凸出于伪栅极的侧壁外；

[0050] 所述栅介质层的侧壁垂直于衬底的表面。

[0051] 可选的，还包括：位于所述栅介质层和伪栅极之间的功函数层。

[0052] 可选的，所述功函数层的侧壁垂直于衬底的表面。

[0053] 可选的，所述功函数层的侧壁与所述伪栅极的侧壁在同一平面上；

[0054] 或者，所述功函数层的侧壁凸出于所述伪栅极的侧壁外，且所述功函数层的侧壁凸出量小于或等于栅介质层的侧壁凸出量。

[0055] 可选的，所述伪栅极包括第一伪栅极和第二伪栅极，所述第一伪栅极的长度小于所述第二伪栅极的长度，和 / 或，所述第一伪栅极的宽度小于所述第二伪栅极的宽度；

[0056] 所述第一伪栅极下方的栅介质层的侧壁凸出量，大于所述第二伪栅极下方的栅介质层的侧壁凸出量。

[0057] 与现有技术相比，本发明的技术方案具有以下优点：

[0058] 通过先在介质层上形成伪栅极，然后在伪栅极的周围形成第一侧墙，再以伪栅极和位于伪栅极周围的第一侧墙为掩模，去除未被伪栅极和第一侧墙覆盖住的介质层，即可使得栅介质层的侧壁凸出于伪栅极的侧壁外，而不用通过现有非常复杂的刻蚀工艺控制来使得栅介质层的侧壁凸出于伪栅极的侧壁外，因此，该方法较为容易实现。另外，由于栅介质层的侧壁凸出量等于第一侧墙的厚度，因此仅通过调节第一侧墙的厚度就可以控制栅介质层的侧壁凸出量。而且，通过在多个不同尺寸的金属栅极晶体管的伪栅极周围形成不同厚度的第一侧墙，即可以在多个不同尺寸的金属栅极晶体管中形成侧壁凸出量不相同的栅介质层。

[0059] 进一步地，形成伪栅极之前还包括：在介质层上形成功函数层，这样，在形成第一侧墙之后、形成栅介质层之前，通过去除未被第一侧墙和伪栅极覆盖住的功函数层，即可使得功函数层的侧壁凸出于伪栅极的侧壁外，而不用通过现有非常复杂的刻蚀工艺控制来使

得功函数层的侧壁凸出于伪栅极的侧壁外，由此可见，该方法较为容易实现。另外，由于功函数层的侧壁凸出量等于第一侧墙的厚度，因此，仅通过调节第一侧墙的厚度就可以控制功函数层的侧壁凸出量。而且，通过在多个不同尺寸的金属栅极晶体管的伪栅极周围形成不同厚度的第一侧墙，即可以在多个不同尺寸的金属栅极晶体管中形成侧壁凸出量不相同的功函数层。

附图说明

[0060] 图 1 是现有第一种金属栅极晶体管在制作过程中的剖面图；

[0061] 图 2 是现有第二种金属栅极晶体管在制作过程中的剖面图；

[0062] 图 3 是现有第三种金属栅极晶体管在制作过程中的剖面图；

[0063] 图 4 是本发明的实施例一中金属栅极晶体管的制作流程图；

[0064] 图 5 至图 9 是本发明的实施例一中金属栅极晶体管在制作过程中的剖面图；

[0065] 图 10 至图 16 是本发明的实施例二中金属栅极晶体管在制作过程中的剖面图；

[0066] 图 17 是本发明的实施例三中金属栅极晶体管的制作流程图；

[0067] 图 18 至图 21 是本发明的实施例三中金属栅极晶体管在制作过程中的剖面图；

[0068] 图 22 是本发明的实施例四中金属栅极晶体管的制作流程图；

[0069] 图 23 至图 26 是本发明的实施例四中金属栅极晶体管在制作过程中的剖面图；

[0070] 图 27 是本发明的实施例五中金属栅极晶体管的制作流程图；

[0071] 图 28 至图 31 是本发明的实施例五中金属栅极晶体管在制作过程中的剖面图。

具体实施方式

[0072] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更为明显易懂，下面结合附图对本发明的具体实施例做详细的说明。

[0073] 为详细说明本发明的技术方案，具体实施方式中共包括五个实施例。其中：

[0074] 在实施例一、实施例二和实施例三的技术方案中，仅栅介质层的侧壁凸出于伪栅极的侧壁外；

[0075] 在实施例四的技术方案中，栅介质层和功函数层的侧壁均凸出于伪栅极的侧壁外，且栅介质层的侧壁凸出量等于功函数层的侧壁凸出量；

[0076] 在实施例五的技术方案中，栅介质层和功函数层的侧壁均凸出于伪栅极的侧壁外，且栅介质层的侧壁凸出量大于功函数层的侧壁凸出量。

[0077] 下面就各个实施例的技术方案进行详细说明。

[0078] 实施例一

[0079] 如图 5 所述，首先执行图 4 中的步骤 S11：提供衬底 100，在衬底 100 上形成介质层 110A。

[0080] 介质层 110A 至少包括高 K 介质层。在一个实施例中，介质层 110A 还包括：位于高 K 介质层下方的界面层。所述界面层的作用是弥补高 K 介质层与衬底 100 之间的界面缺陷。所述界面层的材料可以为氧化硅或氮氧化硅。

[0081] 继续参照图 5 所示，接着执行图 4 中的步骤 S12：在介质层 110A 上形成伪栅极 120。

[0082] 伪栅极 120 用于定义晶体管中金属栅极的位置，在后续工艺中伪栅极 120 会被去

除。在本实施例中，伪栅极 120 上具有硬掩模 130。

[0083] 硬掩模 130 和伪栅极 120 的形成方法包括：在介质层 110A 上由下至上依次形成伪栅材料层、硬掩模层和图形化光刻胶层；以所述图形化光刻胶层为掩模，对所述硬掩模层和伪栅材料层进行干法刻蚀，以形成硬掩模 130 和伪栅极 120，然后去除图形化光刻胶层。

[0084] 硬掩模 130 的材料为氮化硅，伪栅极 120 的材料为多晶硅。但是，硬掩模 130 和伪栅极 120 的材料并不能仅局限于本实施例。

[0085] 如图 6 所示，接着执行图 4 中的步骤 S13：在伪栅极 120 的周围形成第一第一侧墙 140。

[0086] 第一侧墙 140 的形成方法包括：结合图 5 和图 6 所示，在介质层 110A 和伪栅极 120 上形成侧墙材料层；对所述侧墙材料层进行回刻，以在伪栅极 120 的周围形成第一侧墙 140。

[0087] 在本实施例中，第一侧墙 140 还位于硬掩模 130 的周围。

[0088] 所述侧墙材料层的形成方法为原子层沉积（ALD），以使所述侧墙材料层具有较好地台阶覆盖能力，并使所述侧墙材料层的厚度比较均匀。

[0089] 所述侧墙材料层的厚度为1Å-50Å。

[0090] 在形成第一侧墙 140 的过程中，硬掩模 130 保护伪栅极 120 不被刻蚀。

[0091] 在刻蚀形成第一侧墙 140 的过程中，应使所述侧墙材料层与硬掩模 130 之间有较高的刻蚀选择比，并使所述侧墙材料层与介质层 110A 中的高 K 介质层之间有较高的刻蚀选择比。所述侧墙材料层的材料（即为第一侧墙 140 的材料）为氧化硅，硬掩模 130 的材料为氮化硅，刻蚀形成第一侧墙 140 的步骤中所采用的刻蚀气体包括：主刻蚀气体至少包括 CH_3F、CHF_3、CH_2F_2 中的一种，辅助刻蚀气体至少包括 Ar、O_2、He 中的一种。

[0092] 结合图 6 和图 7 所示，接着执行图 4 中的步骤 S14：去除未被伪栅极 120 及第一侧墙 140 覆盖住的介质层 110A，以形成栅介质层 110。

[0093] 形成栅介质层 110 的方法包括：以伪栅极 120 及第一侧墙 140 为掩模，对介质层 110A 进行干法刻蚀，以形成栅介质层 110。当栅介质层 110 是利用干法刻蚀工艺形成时，栅介质层 110 的侧壁 D1 是竖直的，即，栅介质层 110 的侧壁 D1 垂直于衬底 100 的表面。

[0094] 由于栅介质层 110 是以伪栅极 120 和位于伪栅极 120 周围的第一侧墙 140 为掩模刻蚀形成的，因此，栅介质层 110 的侧壁 D1 凸出于伪栅极 120 的侧壁 D3 外；且栅介质层 110 的侧壁凸出量 W（即为栅介质层 110 的侧壁超出伪栅极 120 的侧壁的量）等于第一侧墙 140 的厚度（即为用于形成第一侧墙 140 的侧墙材料层的厚度）。因此，仅通过调节第一侧墙 140 的厚度就可以控制栅介质层 110 的侧壁凸出量。

[0095] 另外，通过在伪栅极 120 的周围形成第一侧墙 140，并以伪栅极 120 和第一侧墙 140 为掩模，对介质层 110A 进行刻蚀即可使得栅介质层 110 的侧壁 D1 凸出于伪栅极 120 的侧壁 D3 外，而不用通过现有非常复杂的刻蚀工艺控制来使得栅介质层的侧壁凸出于伪栅极的侧壁外，由此可见，该方法较为容易实现。

[0096] 在刻蚀形成栅介质层 110 的过程中，硬掩模 130 保护伪栅极 120 不被刻蚀。

[0097] 如图 8 或图 9 所示，接着执行图 4 中的步骤 S15：形成栅介质层 110 之后，结合图 7 所示，去除伪栅极 120，在伪栅极 120 所在位置形成金属栅极 M。

[0098] 在一种可选方案中，结合图 7 和图 8 所示，形成金属栅极 M 的方法包括：形成栅介

质层 110 之后，在栅介质层 110 和第一侧墙 140 的周围形成侧墙 150 ；然后，形成层间介质层 160 ；利用化学机械研磨工艺对层间介质层 160 进行平坦化处理，在平坦化处理的过程中去除硬掩模 130，直至露出伪栅极 120 ；然后去除伪栅极 120，以形成沟槽 ；向所述沟槽内填充金属层，利用化学机械研磨工艺去除所述沟槽外多余的金属层，以在伪栅极 120 所在位置形成金属栅极 M。

[0099] 在另一种可选方案中，结合图 7 和图 9 所示，形成金属栅极 M 的方法包括 ：形成栅介质层 110 之后，去除第一侧墙 140，在栅介质层 110、伪栅极 120 和硬掩模 130 的周围形成侧墙 150 ；然后，形成层间介质层 160、去除伪栅极 120，在伪栅极 120 所在位置形成金属栅极 M，此步骤的更具体内容可以参考上述方案，在此不再赘述。

[0100] 如前所述，形成栅介质层之后的几个高温制程，会造成栅介质层收缩，使得栅介质层的宽度小于伪栅极的宽度，以及栅介质层的长度小于伪栅极的长度。这样一来，去除伪栅极并在伪栅极所在位置形成金属栅极之后，金属栅极的宽度会大于栅介质层的宽度、金属栅极的长度会大于栅介质层的长度。在本实施例的技术方案中，由于栅介质层 110 的侧壁 D1 凸出于伪栅极 120 的侧壁 D3 外，因此，栅介质层 110 的侧壁凸出量能够对栅介质层 110 在后续工艺中的收缩量进行补偿，通过控制栅介质层 110 的侧壁凸出量的大小，不仅可以使得栅介质层 110 收缩后栅介质层 110 的宽度依然不小于金属栅极 M 的宽度，即栅介质层 110 收缩后，栅介质层 110 的侧壁凸出于金属栅极的侧壁外，或者栅介质层 110 的侧壁和金属栅极的侧壁位于同一平面上，故可以防止金属栅极 M 的宽度大于栅介质层 110 的宽度 ；而且可以使得栅介质层 110 收缩后栅介质层 110 的长度依然不小于金属栅极 M 的长度，即栅介质层 110 收缩后，栅介质层 110 的侧壁凸出于金属栅极的侧壁凸出，或者栅介质层 110 的侧壁和金属栅极的侧壁位于同一平面上，故可以防止金属栅极 M 的长度大于栅介质层 110 的长度，提高了晶体管的性能。

[0101] 需说明的是，在本实施例中，硬掩模 130 的作用之一是在刻蚀步骤中保护其下方的伪栅极 120 不被刻蚀。但在其它实施例中，伪栅极 120 上也可以没有硬掩模 130。

[0102] 由上述可知，在本实施例的技术方案中，通过先在介质层上形成伪栅极，然后在伪栅极的周围形成第一侧墙，再以伪栅极和位于伪栅极周围的第一侧墙为掩模，去除未被伪栅极和第一侧墙覆盖住的介质层以形成栅介质层，使得栅介质层的侧壁凸出于伪栅极的侧壁外。由于栅介质层的侧壁凸出量等于第一侧墙的厚度，因此仅通过调节第一侧墙的厚度就可以控制栅介质层的侧壁凸出量。

[0103] 在上述金属栅极晶体管形成方法的基础上，本实施例还提供了一种半导体器件，该半导体器件是金属栅极晶体管在制造过程中的半成品，如图 7 所示，该半导体器件包括 ：衬底 100 ；位于衬底 100 上方的栅介质层 110 ；位于栅介质层 110 上方的伪栅极 120，栅介质层 110 的侧壁 D1 凸出于伪栅极 120 的侧壁 D3 外，且栅介质层 110 的侧壁 D1 是竖直的，即，栅介质层 110 的侧壁 D1 垂直于衬底 100 的表面。

[0104] 实施例二

[0105] 本实施例是在实施例一的基础上作出的改进，使得 ：当衬底上同时形成有多个不同尺寸（是指金属栅极的宽度和长度尺寸）的金属栅极晶体管时，可以根据各个金属栅极晶体管尺寸的不同，来分别制定各个金属栅极晶体管中形成在伪栅极周围的第一侧墙的厚度，进而能够分别控制各个金属栅极晶体管中栅介质层的侧壁凸出量。

[0106] 如图 10 所述，首先执行图 4 中的步骤 S11 ：提供衬底 100，在衬底 100 上形成介质层 110A。

[0107] 继续参照图 10 所示，接着执行图 4 中的步骤 S12 ：在衬底 100 上形成伪栅极。

[0108] 所述伪栅极包括 ：第一伪栅极 121 和第二伪栅极 122，且第一伪栅极 121 的长度小于第二伪栅极 122 的长度（沿第一方向上的尺寸，所述第一方向垂直于沿源极至漏极的方向），和 / 或，第一伪栅极 121 的宽度小于第二伪栅极 122 的宽度（沿第二方向上的尺寸，所述第二方向平行于沿源极至漏极的方向）在本实施例中，以第一伪栅极 121 的宽度小于第二伪栅极 122 的宽度为例。

[0109] 在本实施例中，第一伪栅极 121 上具有第一硬掩模 131，第二伪栅极 122 上具有第二硬掩模 132。

[0110] 如图 13 所示，接着执行图 4 中的步骤 S13 ：在伪栅极的周围形成第一侧墙。

[0111] 在第一伪栅极 121 的周围形成第一侧墙 143，在第二伪栅极 122 的周围形成第一侧墙 144，且第一侧墙 143 的厚度大于第一侧墙 144 的厚度。

[0112] 在第一伪栅极 121 的周围形成第一侧墙 143、在第二伪栅极 122 的周围形成第一侧墙 144 的方法包括 ：继续参考图 13 所示，在第一伪栅极 121 的侧壁和顶部上形成第三侧墙材料层、在第二伪栅极 122 的侧壁和顶部上形成第四侧墙材料层，且所述第四侧墙材料层的厚度小于所述第三侧墙材料层的厚度 ；对所述第三侧墙材料层和第四侧墙材料层进行回刻，以在第一伪栅极 121 的周围形成第一侧墙 143、在第二伪栅极 122 的周围形成第一侧墙 144。

[0113] 在一种可选方案中，形成所述第三侧墙材料层和第四侧墙材料层的方法包括 ：结合图 10 和图 11 所示，在衬底 100、第一伪栅极 121 和第二伪栅极 122 上形成第一侧墙材料层（未图示）；在所述第一侧墙材料层上形成图形化光刻胶层（未图示），所述图形化光刻胶层将覆盖在第一伪栅极 121 侧壁和顶部上的第一侧墙材料层部分覆盖住 ；去除第一侧墙材料层的未被所述图形化光刻胶层覆盖住的部分，形成剩余的第一侧墙材料层 141 ；结合图 11 和图 12 所示，去除所述图形化光刻胶层之后，在衬底 100、剩余的第一侧墙材料层 141、第二伪栅极 122 的侧壁和顶部上形成第二侧墙材料层 142 ；第二侧墙材料层 142 的覆盖在第一伪栅极 121 侧壁和顶部上的部分，以及剩余的第一侧墙材料层 141，共同构成所述第三侧墙材料层，第二侧墙材料层 142 的覆盖在第二伪栅极 122 侧壁和顶部上的部分，构成所述第四侧墙材料层。

[0114] 所述第一侧墙材料层和第二侧墙材料层 142 的形成方法为原子层沉积，以使第一侧墙材料层和第二侧墙材料层 142 均具有较好地台阶覆盖能力。

[0115] 所述第一侧墙材料层和第二侧墙材料层 142 的厚度为1Å-50Å。

[0116] 所述第一侧墙材料层和第二侧墙材料层 142 的材料为氧化硅，第一硬掩模 131 和第二硬掩模 132 的材料为氮化硅，刻蚀步骤中所采用的刻蚀气体可以参考实施例一，在此不再赘述。

[0117] 结合图 13 和图 14 所示，接着执行图 4 中的步骤 S14 ：去除未被伪栅极和第一侧墙覆盖住的介质层 110A，以形成栅介质层。

[0118] 位于第一伪栅极 121 和第一侧墙 143 下方的栅介质层为栅介质层 111，位于第二伪栅极 122 和第一侧墙 144 下方的栅介质层为栅介质层 112。由于第一侧墙 143 的厚度大

于第一侧墙 144 的厚度，而栅介质层 111 的侧壁凸出量等于第一侧墙 143 的厚度，栅介质层 112 的侧壁凸出量等于第一侧墙 144 的厚度，故栅介质层 111 的侧壁凸出量大于栅介质层 112 的侧壁凸出量。

[0119] 由于栅介质层 111 的侧壁凸出量等于第一侧墙 143 的厚度，栅介质层 112 的侧壁凸出量等于第一侧墙 144 的厚度，因此，通过调节第二侧墙材料层 142 的厚度就可以控制第一侧墙 144 的宽度，进而控制栅介质层 112 的侧壁凸出量，通过调节第二侧墙材料层 142 和第一侧墙材料层的厚度之和就可以控制第一侧墙 143 的宽度，进而控制栅介质层 111 的侧壁凸出量。

[0120] 如图 15 或图 16 所示，接着执行图 4 中的步骤 S15 ：结合图 14 所示，去除伪栅极，在伪栅极所在位置形成金属栅极。

[0121] 在一种可选方案中，结合图 14 和图 15 所示，形成金属栅极的方法包括 ：形成栅介质层 111 和栅介质层 112 之后，在栅介质层 111 和第一侧墙 143 的周围形成侧墙 150，在栅介质层 112 和第一侧墙 144 的周围形成侧墙 150 ；然后，形成层间介质层 160、去除第一伪栅极 121、第二伪栅极 122，分别在第一伪栅极 121、第二伪栅极 122 所在位置形成金属栅极 M1、金属栅极 M2，此步骤的更具体内容可以参考实施例一，在此不再赘述。

[0122] 在另一种可选方案中，结合图 14 和图 16 所示，形成金属栅极的方法包括 ：形成栅介质层 111 和栅介质层 112 之后，去除第一侧墙 143 和第一侧墙 144，在栅介质层 111、第一伪栅极 121 和第一硬掩模 131 的周围形成侧墙 150，在栅介质层 112、第二伪栅极 122 和第二硬掩模 132 的周围形成侧墙 150 ；然后，形成层间介质层 160、去除第一伪栅极 121、第二伪栅极 122，分别在第一伪栅极 121、第二伪栅极 122 所在位置形成金属栅极 M1 和金属栅极 M2，此步骤的更具体内容可以参考实施例一，在此不再赘述。

[0123] 需强调的是，由于本实施例是在实施例一的基础上进一步改进获得的，因此上述本实施例的技术方案仅仅描述了一些比较重要的改进之处，其它未详细说明的内容或可替换方案可参考实施例一，在本实施例中不再赘述。

[0124] 实施例三

[0125] 实施例三和实施例一之间的区别在于 ：在实施例三的技术方案中，栅介质层和伪栅极之间还形成有功函数层，且形成在所述伪栅极周围的第一侧墙还位于所述功函数层的周围。

[0126] 下面就本实施例的技术方案进行详细说明。

[0127] 如图 18 所示，首先执行图 17 中的步骤 S21 ：提供衬底 200，在衬底 200 上形成介质层 210A。

[0128] 继续参照图 18 所示，接着执行图 17 中的步骤 S22 ：在介质层 210A 上形成功函数层 ；接着执行图 17 中的步骤 S23 ：在介质层 210A 上形成伪栅极 230 ；接着执行图 17 中的步骤 S24 ：去除未被伪栅极 230 覆盖住的功函数层，以形成剩余的功函数层 220。

[0129] 在本实施例中，伪栅极 230 上具有硬掩模 240。

[0130] 所述功函数层用于调节金属栅极晶体管的功函数。另外，在一个反应腔室内形成介质层 210A 之后，往往需在另一个反应腔室内形成伪栅极，而在排队等待形成伪栅极的过程中，介质层 210A 很容易暴露在大气环境中，使得介质层 210A 被氧化以致影响介质层 210A 的质量。当介质层 210A 和伪栅极之间设有功函数层时，在形成介质层 210A 之后，可以继续

在同一个反应腔室内在介质层 210A 上形成功函数层，然后在另一个反应腔室中形成伪栅极，在排队等待形成伪栅极的过程中，所述功函数层可以避免介质层 210A 暴露在大气环境中。

[0131] 采用干法刻蚀方法来去除未被伪栅极 230 覆盖住的功函数层。在这种情况下，剩余功函数层 220 的侧壁 D2 是竖直的，即，剩余功函数层 220 的侧壁 D2 垂直于衬底 200 的表面。

[0132] 由于剩余功函数层 220 是以伪栅极 230 为掩模刻蚀形成的，故剩余功函数层 220 的侧壁 D2 和伪栅极 230 的侧壁 D3 位于同一平面上。

[0133] 如图 19 所示，接着执行图 17 中的步骤 S25 ：在伪栅极 230 的周围形成第一侧墙 250。

[0134] 在本实施例中，结合图 18 和图 19 所示，在伪栅极 230 的周围形成第一侧墙 250 的方法包括 ：在介质层 210A、剩余功函数层 220 和伪栅极 230 上形成侧墙材料层（未图示）；对所述侧墙材料层进行回刻，以形成第一侧墙 250。第一侧墙 250 除了位于伪栅极 230 的周围之外，还位于剩余功函数层 220 的周围。

[0135] 结合图 19 和图 20 所示，接着执行图 17 中的步骤 S26 ：去除未被第一侧墙 250 和伪栅极 230 覆盖住的介质层 210A，以形成栅介质层 210。

[0136] 由于栅介质层 210 是以伪栅极 230 和位于伪栅极 230 周围的第一侧墙 250 为掩模刻蚀形成的，因此，栅介质层 210 的侧壁 D1 凸出于伪栅极 230 的侧壁 D3 外 ；且栅介质层 210 的侧壁凸出量 W （即为栅介质层 210 的侧壁超出伪栅极 230 的侧壁的量）等于第一侧墙 250 的厚度（即为用于形成第一侧墙 250 的侧墙材料层的厚度）。因此，通过调节第一侧墙 250 的厚度就可以控制栅介质层 210 的侧壁凸出量。

[0137] 如图 21 所示，接着执行图 17 中的步骤 S27 ：形成栅介质层 210 之后，去除伪栅极 230，在伪栅极 230 所在位置形成金属栅极 M。

[0138] 在一种可选方案中，结合图 20 和图 21 所示，形成金属栅极 M 的方法包括 ：形成栅介质层 210 之后，在栅介质层 210 和第一侧墙 250 的周围形成侧墙 260 ；然后，形成层间介质层 270、去除伪栅极 230、在伪栅极 120 所在位置形成金属栅极 M。

[0139] 需强调的是，由于本实施例是在实施例一的基础上进一步改进获得的，因此上述本实施例的技术方案仅仅描述了一些比较重要的改进之处，其它未详细说明的内容或可替换方案可参考实施例一，在本实施例中不再赘述。

[0140] 由上述可知，在本实施例的技术方案中，通过先在介质层上形成功函数层和位于功函数层上的伪栅极，然后去除未被伪栅极覆盖住的功函数层，接着在伪栅极和剩余功函数层的周围形成第一侧墙，再以伪栅极和第一侧墙为掩模，去除未被伪栅极和第一侧墙覆盖住的介质层以形成栅介质层，使得栅介质层的侧壁凸出于伪栅极的侧壁外，由于栅介质层的侧壁凸出量等于第一侧墙的厚度，因此，通过调节第一侧墙的厚度就可以控制栅介质层的侧壁凸出量。

[0141] 在本实施例的技术方案中，通过在多个不同尺寸的金属栅极晶体管的伪栅极周围形成不同宽度的第一侧墙，即可以在多个不同尺寸的金属栅极晶体管中形成侧壁凸出量不相同的栅介质层，具体的在多个不同尺寸的金属栅极晶体管的伪栅极周围形成不同宽度的第一侧墙的方法可以参考实施例二，在此不再详细说明。

[0142] 在上述金属栅极晶体管形成方法的基础上，本实施例还提供了一种半导体器件，该半导体器件是金属栅极晶体管在制造过程中的半成品，如图 20 所示，该半导体器件包括：衬底 200；位于衬底 200 上方的栅介质层 210；位于栅介质层 210 上方的伪栅极 230；位于栅介质层 210 和伪栅极 230 之间的功函数层 220。栅介质层 210 的侧壁 D1 凸出于伪栅极 230 的侧壁 D3 外，且栅介质层 210 的侧壁 D1 是竖直的，即，栅介质层 210 的侧壁 D1 垂直于衬底 200 的表面；功函数层 220 和伪栅极 230 的侧壁位于同一平面上。

[0143] 实施例四

[0144] 实施例四和实施例一之间的区别在于：在实施例四的技术方案中，栅介质层和伪栅极之间还形成有功函数层，且栅介质层和功函数层的侧壁均凸出于伪栅极的侧壁外。

[0145] 实施例四和实施例三之间的区别在于：在实施例三的技术方案中，功函数层和伪栅极的侧壁位于同一平面上，仅有栅介质层的侧壁凸出于伪栅极的侧壁外，且位于伪栅极周围的第一侧墙还位于功函数层的周围；而在实施例四的技术方案中，栅介质层和功函数层的侧壁均凸出于伪栅极的侧壁外，且位于伪栅极周围的第一侧墙位于功函数层的上方。

[0146] 下面就本实施例的技术方案进行详细说明。

[0147] 如图 23 所示，首先执行图 22 中的步骤 S31：提供衬底 300，在衬底 300 上形成介质层 310A。

[0148] 继续参照图 23 所示，接着执行图 22 中的步骤 S32：在介质层 310A 上形成功函数层 320A。

[0149] 继续参照图 23 所示，接着执行图 22 中的步骤 S33：在介质层 310A 上形成伪栅极 330，伪栅极 330 上具有硬掩模 340。

[0150] 如图 24 所示，接着执行图 22 中的步骤 S34：在伪栅极 330 的周围形成第一侧墙 350。

[0151] 在一种可选方案中，在伪栅极 330 的周围形成第一侧墙 350 的方法包括：在功函数层 320A 和伪栅极 330 上形成侧墙材料层；对所述侧墙材料层进行回刻，以形成第一侧墙 350，第一侧墙 350 不仅位于伪栅极 330 的周围、还位于功函数层 320A 的上方。

[0152] 在刻蚀形成第一侧墙 350 的过程中，应使所述侧墙材料层与硬掩模 340 之间有较高的刻蚀选择比，并使所述侧墙材料层与功函数层 320A 之间有较高的刻蚀选择比。所述侧墙材料层的材料为氧化硅，硬掩模 340 的材料为氮化硅，功函数层 320A 的材料为 TiN，刻蚀形成第一侧墙 350 的步骤中所采用的刻蚀气体包括：主刻蚀气体至少包括 CH_3F、CHF_3、CH_2F_2 中的一种，辅助刻蚀气体至少包括 Ar、O_2、He 中的一种。当然，所述侧墙材料层、硬掩模 340 和功函数层 320A 的材料并不能仅局限于本实施例。

[0153] 结合图 24 和图 25 所示，接着执行图 22 中的步骤 S35：去除未被第一侧墙 350 和伪栅极 330 覆盖住的功函数层 320A。

[0154] 采用干法刻蚀的方法去除未被第一侧墙 350 和伪栅极 330 覆盖住的功函数层 320A，在这种情况下，剩余功函数层 320 的侧壁 D2 是竖直的，即，剩余功函数层 320 的侧壁 D2 垂直于衬底 300 的表面。

[0155] 由于剩余功函数层 320 是以伪栅极 330 和位于伪栅极 330 周围的第一侧墙 350 为掩模刻蚀形成的，因此，剩余功函数层 320 的侧壁 D2 凸出于伪栅极 330 的侧壁 D3 外。且剩余功函数层 320 的侧壁凸出量 W（即为剩余功函数层 320 的侧壁超出伪栅极 330 的侧壁的

量)等于第一侧墙 350 的厚度(即为用于形成第一侧墙 350 的侧墙材料层的厚度)。因此,通过调节第一侧墙 350 的厚度就可以控制剩余功函数层 320 的侧壁凸出量 W。

[0156] 另外,通过在伪栅极 330 的周围形成第一侧墙 350,并以伪栅极 330 和第一侧墙 350 为掩模,对功函数层 320A 进行刻蚀即可使得剩余功函数层 320 的侧壁 D2 凸出于伪栅极 330 的侧壁 D3 外,而不用通过现有非常复杂的刻蚀工艺控制来使得功函数层的侧壁凸出于伪栅极的侧壁外,由此可见,该方法较为容易实现。

[0157] 继续结合图 24 和图 25 所示,接着执行图 22 中的步骤 S36 :去除未被第一侧墙 350 和伪栅极 330 覆盖住的介质层 310A,以形成栅介质层 310。

[0158] 同剩余功函数层 320 一样,栅介质层 310 也是以伪栅极 330 和位于伪栅极 330 周围的第一侧墙 350 为掩模刻蚀形成的,因此,栅介质层 310 的侧壁 D1 凸出于伪栅极 330 的侧壁 D3 外。且栅介质层 310 的侧壁凸出量 W(即为栅介质层 310 的侧壁超出伪栅极 330 的侧壁的量)也等于第一侧墙 350 的厚度(即为用于形成第一侧墙 350 的侧墙材料层的厚度)。因此,通过调节第一侧墙 350 的厚度就可以同时控制,剩余功函数层 320 和栅介质层 310 的侧壁凸出量 W。

[0159] 如图 26 所示,接着执行图 22 中的步骤 S37 :形成栅介质层 310 之后,去除伪栅极 330,在伪栅极 330 所在位置形成金属栅极 M。

[0160] 结合图 25 和图 26 所示,形成金属栅极 M 的方法包括 :形成栅介质层 310 之后,在栅介质层 310、剩余功函数层 320 和第一侧墙 350 的周围形成侧墙 360 ;然后,形成层间介质层 370、去除伪栅极 330、在伪栅极 330 所在位置形成金属栅极 M。

[0161] 如前所述,形成功函数层之后的几个高温制程,会造成功函数层、栅介质层收缩,使得功函数层和栅介质层的宽度小于伪栅极的宽度、功函数和栅介质层的长度小于伪栅极的长度。这样一来,去除伪栅极并在伪栅极所在位置形成金属栅极之后,金属栅极的宽度会大于功函数层和栅介质层的宽度、金属栅极的长度会大于功函数层和栅介质层的长度。

[0162] 在本实施例的技术方案中,由于功函数层 320 的侧壁 D2 凸出于伪栅极 330 的侧壁 D3 外,因此功函数层 320 的侧壁凸出量能够对功函数层 320 在后续工艺中的收缩量进行补偿,通过控制功函数层 320 的侧壁凸出量的大小,不仅可以使得功函数层 320 收缩后功函数层 320 的宽度依然不小于金属栅极 M 的宽度,即功函数层 320 收缩后,功函数层 320 的侧壁凸出于金属栅极的侧壁外,或者,功函数层 320 的侧壁和金属栅极的侧壁位于同一平面上,故可以防止金属栅极 M 的宽度大于功函数层 320 的宽度 ;而且还使得功函数层 320 收缩后功函数层 320 的长度依然不小于金属栅极 M 的长度,即功函数层 320 收缩后,功函数层 320 的侧壁凸出于金属栅极的侧壁外,或者,功函数层 320 的侧壁和金属栅极的侧壁位于同一平面上,故可以防止金属栅极 M 的长度大于功函数层 320 的长度,提高了晶体管的性能。

[0163] 在本实施例的技术方案中,栅介质层 310 的侧壁凸出量也能够对栅介质层 310 在后续工艺中的收缩量进行补偿,进而提高晶体管的性能,具体的原因可以参考实施例一,在此不再赘述。

[0164] 需强调的是,由于本实施例是在实施例一的基础上进一步改进获得的,因此上述本实施例的技术方案仅仅描述了一些比较重要的改进之处,其它未详细说明的内容或可替换方案可参考实施例一,在本实施例中不再赘述。

[0165] 由上述可知,在本实施例的技术方案中,通过先在介质层上形成功函数层和位于

功函数层上的伪栅极，然后在伪栅极的周围形成第一侧墙，接着以伪栅极和第一侧墙为掩模，去除未被伪栅极和第一侧墙覆盖住的功函数层，使得剩余功函数层的侧壁凸出于伪栅极的侧壁外，再以伪栅极和第一侧墙为掩模，去除未被伪栅极和第一侧墙覆盖住的介质层以形成栅介质层，使得栅介质层的侧壁也凸出于伪栅极的侧壁外，且栅介质层和剩余功函数层的侧壁凸出量相等。由于栅介质层和剩余功函数层的侧壁凸出量均等于第一侧墙的厚度，因此，通过调节第一侧墙的厚度就可以同时控制栅介质层和剩余功函数层的侧壁凸出量。

[0166] 利用本实施例的技术方案，通过在多个不同尺寸的金属栅极晶体管的伪栅极周围形成不同宽度的第一侧墙，即可以在多个不同尺寸的金属栅极晶体管中形成侧壁凸出量不相同的栅介质层，同时还可以在多个不同尺寸的金属栅极晶体管中形成侧壁凸出量不相同的功函数层，具体的在多个不同尺寸的金属栅极晶体管的伪栅极周围形成不同厚度的第一侧墙的方法可以参考实施例二，在此不再详细说明。

[0167] 在上述金属栅极晶体管形成方法的基础上，本实施例还提供了一种半导体器件，该半导体器件是金属栅极晶体管在制造过程中的半成品，如图 25 所示，该半导体器件包括：衬底 300；位于衬底 300 上方的栅介质层 310；位于栅介质层 310 上方的伪栅极 330、位于栅介质层 310 和伪栅极 330 之间的功函数层 320。

[0168] 栅介质层 310 的侧壁 D1 凸出于伪栅极 330 的侧壁 D3 外，且栅介质层 310 的侧壁 D1 是竖直的，即，栅介质层 310 的侧壁 D1 垂直于衬底 300 的表面；功函数层 220 的侧壁 D2 和栅介质层 310 的侧壁 D1 位于同一平面上，且功函数层 320 的侧壁 D2 是竖直的，即，功函数层 320 的侧壁 D2 垂直于衬底 300 的表面。

[0169] 实施例五

[0170] 实施例五和实施例一之间的区别在于：在实施例一的技术方案中，仅栅介质层的侧壁凸出于伪栅极的侧壁外；而在实施例五的技术方案中，栅介质层和伪栅极之间还形成有功函数层，且栅介质层和功函数层的侧壁均凸出于伪栅极的侧壁外。

[0171] 实施例五和实施例三之间的区别在于：在实施例三的技术方案中，功函数层和伪栅极的侧壁位于同一平面上，仅有栅介质层的侧壁凸出于伪栅极的侧壁外，且位于伪栅极周围的第一侧墙还位于功函数层的周围；而在实施例五的技术方案中，栅介质层和功函数层的侧壁均凸出于伪栅极的侧壁外，且伪栅极和第一侧墙之间还有位于功函数层的上方的第二侧墙。

[0172] 实施例五和实施例四之间的区别在于：在实施例四的技术方案中，栅介质层和功函数层的侧壁均凸出于伪栅极的侧壁外，且栅介质层和功函数层的侧壁凸出量相等，位于伪栅极周围的第一侧墙还位于功函数层的上方；而在实施例五的技术方案中，栅介质层和功函数层的侧壁均凸出于伪栅极的侧壁外，且栅介质层的侧壁凸出量大于功函数层的侧壁凸出量，另外，伪栅极和第一侧墙之间还有位于功函数层的上方的第二侧墙。

[0173] 下面就本实施例的技术方案进行详细说明。

[0174] 如图 28 所示，首先执行图 27 中的步骤 S41：提供衬底 400，在衬底 400 上形成介质层 410A。

[0175] 继续参照图 28 所示，接着执行图 27 中的步骤 S42：在介质层 410A 上形成功函数层 420A。

[0176] 继续参照图 28 所示，接着执行图 27 中的步骤 S43：在介质层 410A 上形成伪栅极 430，伪栅极 430 上具有硬掩模 440。

[0177] 如图 29 所示，接着执行图 27 中的步骤 S44：在伪栅极 430 的周围形成第二侧墙 451。

[0178] 在伪栅极 430 的周围形成第二侧墙 451 的方法包括：

[0179] 结合图 28 和图 29 所示，在功函数层 420A 和伪栅极 430 上形成侧墙材料层，对侧墙材料层进行回刻，以在伪栅极 430 的周围形成第二侧墙 451。

[0180] 继续参照图 28 和图 29 所示，接着执行图 27 中的步骤 S45：去除未被第二侧墙 450 和伪栅极 430 覆盖住的功函数层 420A。

[0181] 采用干法刻蚀的方法去除未被第二侧墙 451 和伪栅极 430 覆盖住的功函数层 410A，在这种情况下，剩余功函数层 420 的侧壁 D2 是竖直的，即，剩余功函数层 420 的侧壁 D2 垂直于衬底 400 的表面。

[0182] 由于剩余功函数层 420 是以伪栅极 430 和位于伪栅极 430 周围的第二侧墙 451 为掩模刻蚀形成的，因此，剩余功函数层 420 的侧壁 D2 凸出于伪栅极 430 的侧壁 D3 外。且剩余功函数层 420 的侧壁凸出量 W1(即为剩余功函数层 420 的侧壁超出伪栅极 430 的侧壁的量)等于第二侧墙 451 的厚度(即为用于形成第二侧墙 451 的侧墙材料层的厚度)。因此，通过调节第二侧墙 451 的厚度就可以控制剩余功函数层 420 的侧壁凸出量 W1。

[0183] 在形成第二侧墙 451 的过程中，应使所述侧墙材料层与硬掩模 440 之间有较高的刻蚀选择比，并使所述侧墙材料层与功函数层 420A 之间有较高的刻蚀选择比。所述侧墙材料层的材料为氧化硅，硬掩模 440 的材料为氮化硅，功函数层 420A 的材料为 TiN，刻蚀形成第二侧墙 451 的步骤中所采用的刻蚀气体包括：主刻蚀气体至少包括 CH_3F、CHF_3、CH_2F_2 中的一种，辅助刻蚀气体至少包括 Ar、O_2、He 中的一种。

[0184] 如图 30 所示，接着执行图 27 中的步骤 S46：在伪栅极 430 的周围形成第一侧墙 452。

[0185] 结合图 29 和图 30 所示，在伪栅极 430 的周围形成第一侧墙 452 的方法包括：在介质层 410A、剩余功函数层 420、第二侧墙 451 和伪栅极 430 上形成侧墙材料层，对侧墙材料层进行回刻，以形成第一侧墙 452，第一侧墙 452 除了位于伪栅极 430 的周围之外，还位于剩余功函数层 420 的周围。

[0186] 另外，在形成第一侧墙 452 的过程中，应使所述侧墙材料层与介质层 410A 中的高 K 介质层之间有较高的刻蚀选择比。刻蚀形成第一侧墙 452 的步骤中所采用的刻蚀气体包括：主刻蚀气体至少包括 CH_3F、CHF_3、CH_2F_2 中的一种，辅助刻蚀气体至少包括 Ar、O_2、He 中的一种。

[0187] 如图 31 所示，接着执行图 27 中的步骤 S47：去除未被第一侧墙 452 和伪栅极 430 覆盖住的介质层 410A，以形成栅介质层 410。

[0188] 由于栅介质层 410 是以伪栅极 430 和位于伪栅极 430 周围的第一侧墙 452 和第二侧墙 451 为掩模刻蚀形成的，因此，栅介质层 410 的侧壁 D1 凸出于伪栅极 430 的侧壁 D3 外。且栅介质层 410 的侧壁凸出量 W2（即为栅介质层 410 的侧壁超出伪栅极 430 的侧壁的量）等于第一侧墙 451 和第一侧墙 452 的厚度之和。因此，通过调节第一侧墙 451 和第一侧墙 452 的厚度之和就可以控制栅介质层 410 的侧壁凸出量 W2。

[0189] 另外，由于剩余功函数层 420 的侧壁凸出量 W1 等于第一侧墙 451 的厚度，而栅介质层 410 的侧壁凸出量 W2 等于第一侧墙 451 和第一侧墙 452 的厚度之和，故栅介质层 410 的侧壁凸出量 W2 大于剩余功函数层 420 的侧壁凸出量 W1。

[0190] 如图 31 所示，接着执行图 27 中的步骤 S47 ：形成栅介质层 410 之后，去除伪栅极 430，在伪栅极 430 所在位置形成金属栅极 M。

[0191] 结合图 30 和图 31 所示，形成金属栅极 M 的方法包括 ：形成栅介质层 410 之后，在栅介质层 410 和第一侧墙 452 的周围形成侧墙 460 ；然后，形成层间介质层 470、去除伪栅极 430、在伪栅极 430 所在位置形成金属栅极 M。

[0192] 需强调的是，由于本实施例是在实施例一的基础上进一步改进获得的，因此上述本实施例的技术方案仅仅描述了一些比较重要的改进之处，其它未详细说明的内容或可替换方案可参考实施例一，在本实施例中不再赘述。

[0193] 由上述可知，在本实施例的技术方案中，通过先在介质层上形成功函数层和位于功函数层上的伪栅极，然后在伪栅极的周围形成第二侧墙，接着以伪栅极和第二侧墙为掩模，去除未被伪栅极和第二侧墙覆盖住的功函数层，使得剩余功函数层的侧壁凸出于伪栅极的侧壁外，接着在剩余功函数层和伪栅极的周围形成第一侧墙，再以伪栅极、第一侧墙和第二侧墙为掩模，去除未被伪栅极、第一侧墙和第二侧墙覆盖住的介质层以形成栅介质层，使得栅介质层的侧壁凸出于伪栅极的侧壁外。由于剩余功函数层的侧壁凸出量等于第二侧墙的厚度，因此通过调节第二侧墙的厚度就可以控制剩余功函数层的侧壁凸出量。由于栅介质层的侧壁凸出量等于第一侧墙和第二侧墙的厚度之和，因此，通过调节第一侧墙和第二侧墙的厚度之和就可以控制栅介质层的侧壁凸出量。

[0194] 利用本实施例的技术方案，通过在多个不同尺寸的金属栅极晶体管的伪栅极周围形成不同厚度的第一侧墙，即可以在多个不同尺寸的金属栅极晶体管中形成侧壁凸出量不相同的栅介质层 ；通过在多个不同尺寸的金属栅极晶体管的伪栅极周围形成不同厚度的第二侧墙，即可以在多个不同尺寸的金属栅极晶体管中形成侧壁凸出量不相同的功函数层，具体的在多个不同尺寸的金属栅极晶体管的伪栅极周围形成不同厚度的第一侧墙及第二侧墙的方法可以参考实施例二，在此不再详细说明。

[0195] 在上述所有实施例中，当欲形成金属栅极晶体管的栅极长度、宽度尺寸越小时，栅介质层和 / 或功函数层的侧壁凸出量越大。

[0196] 虽然本发明披露如上，但本发明并非限定于此。任何本领域技术人员，在不脱离本发明的精神和范围内，均可作各种更动与修改，因此本发明的保护范围应当以权利要求所限定的范围为准。

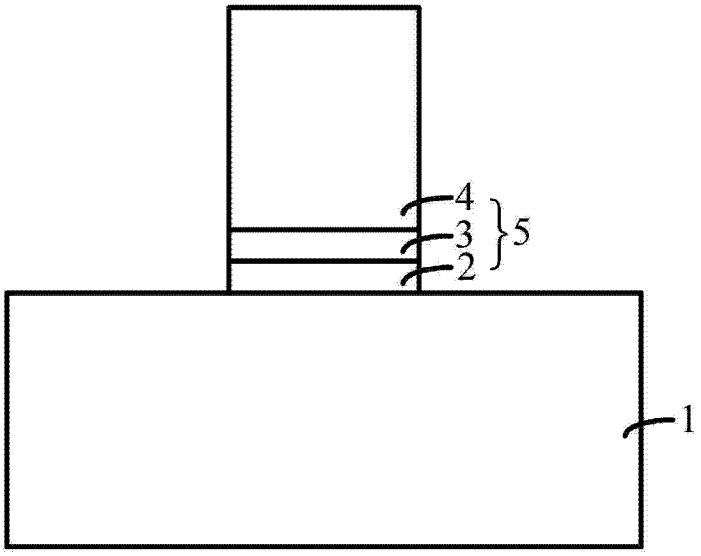


图 1

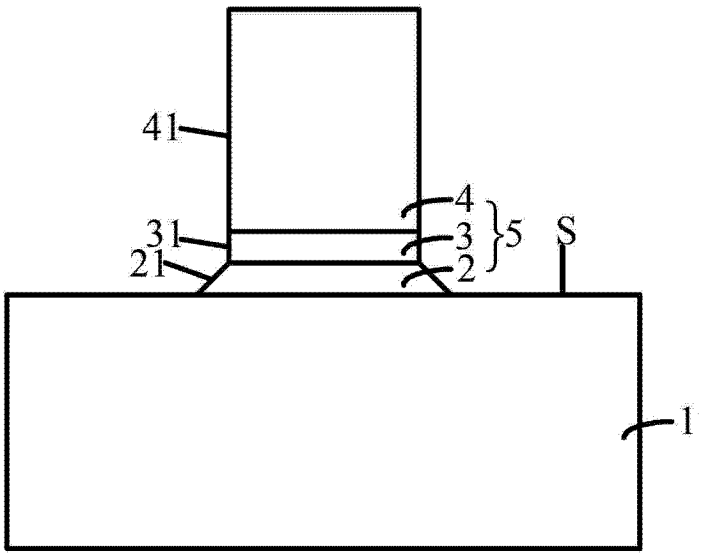


图 2

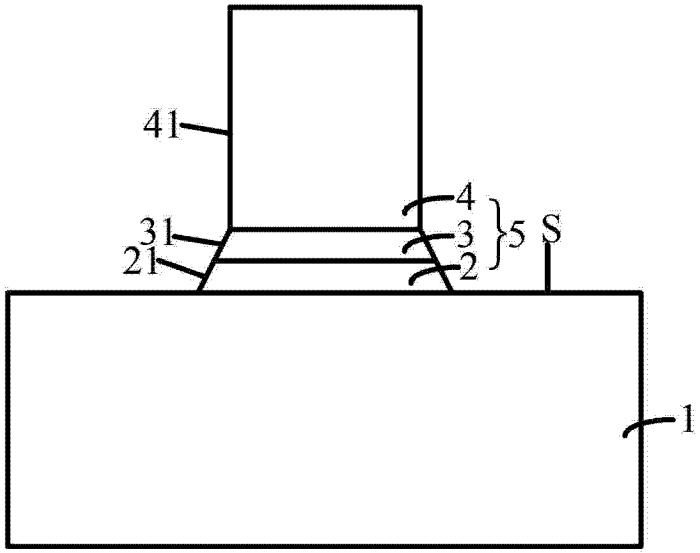

41
4
31
3
5
S
21
2
1

图 3

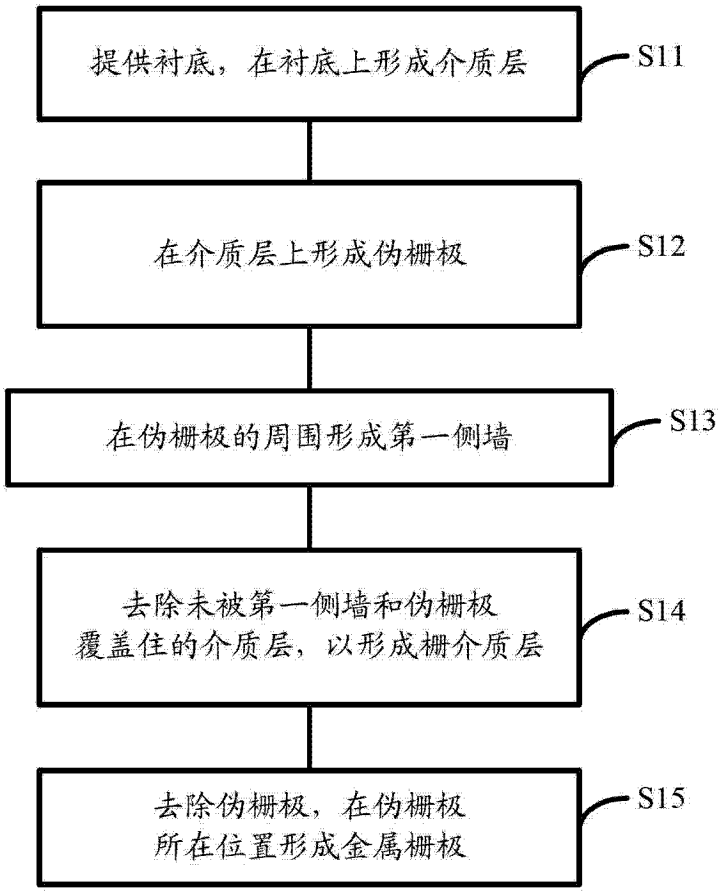

提供衬底，在衬底上形成介质层
S11
在介质层上形成伪栅极
S12
在伪栅极的周围形成第一侧墙
S13
去除未被第一侧墙和伪栅极
覆盖住的介质层，以形成栅介质层
S14
去除伪栅极，在伪栅极
所在位置形成金属栅极
S15

图 4

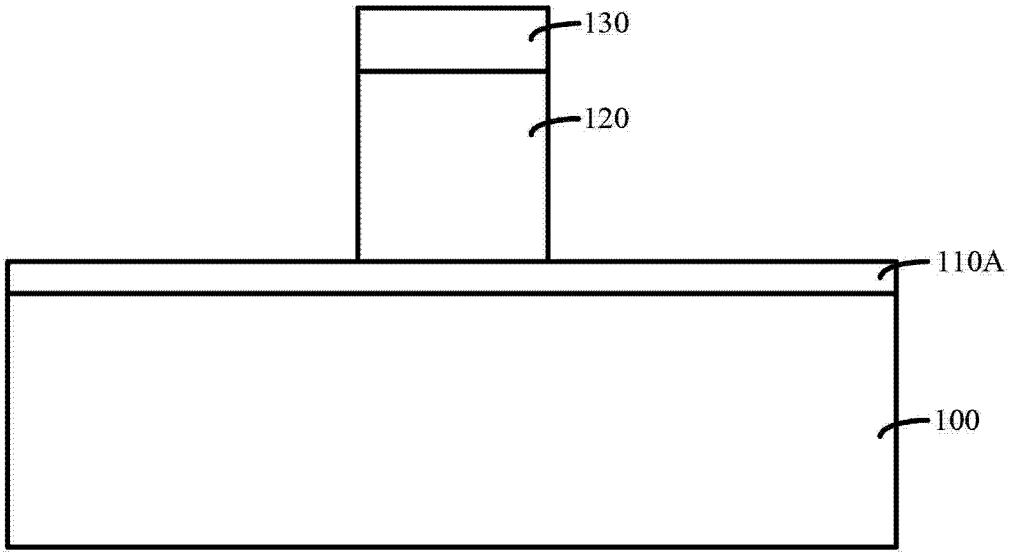


图 5

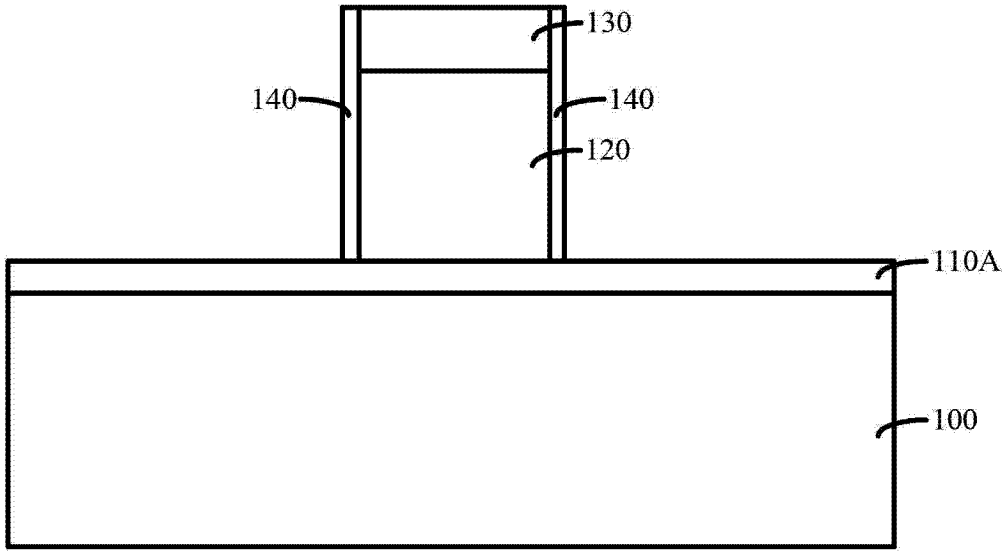


图 6

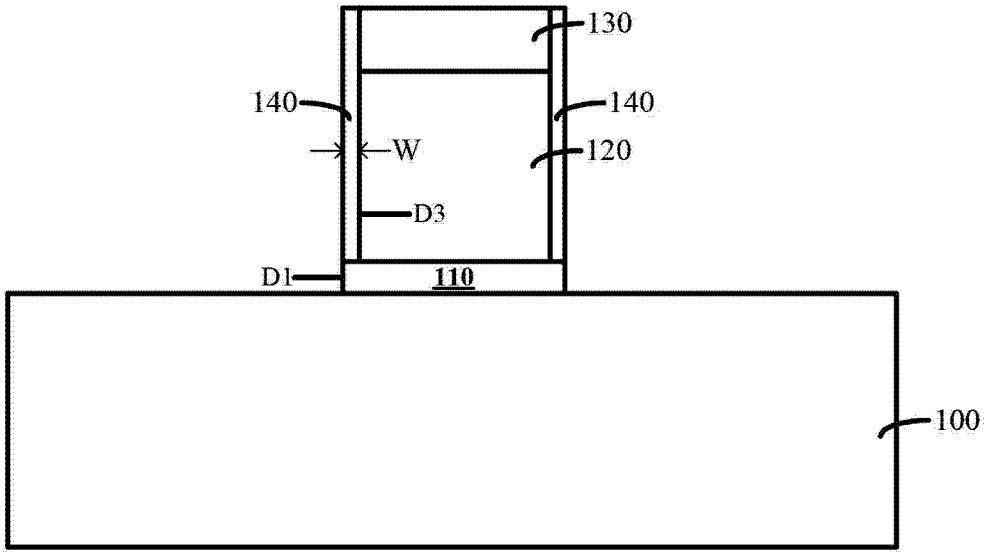


图 7

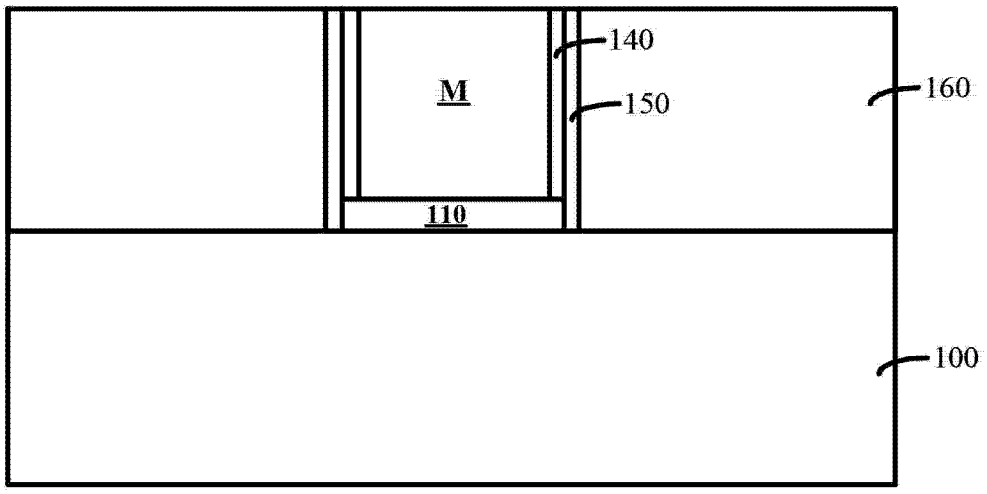


图 8

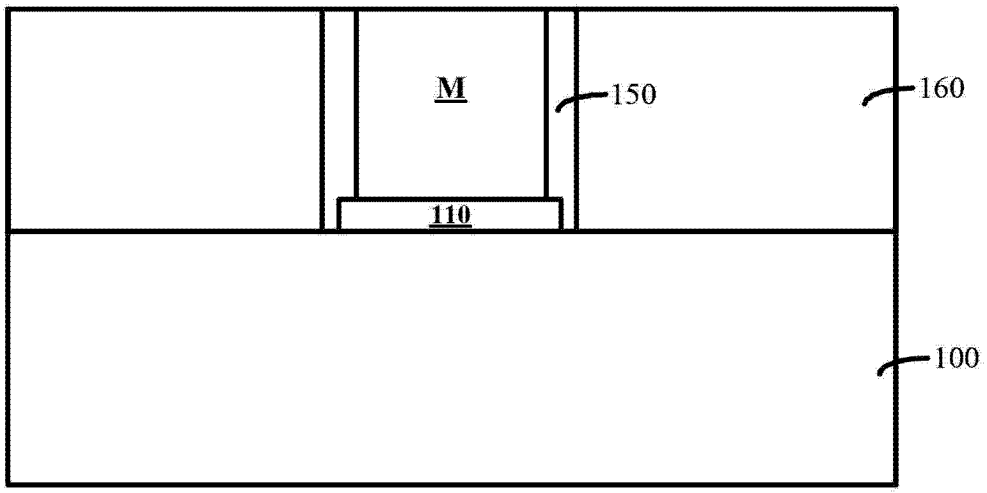


图 9

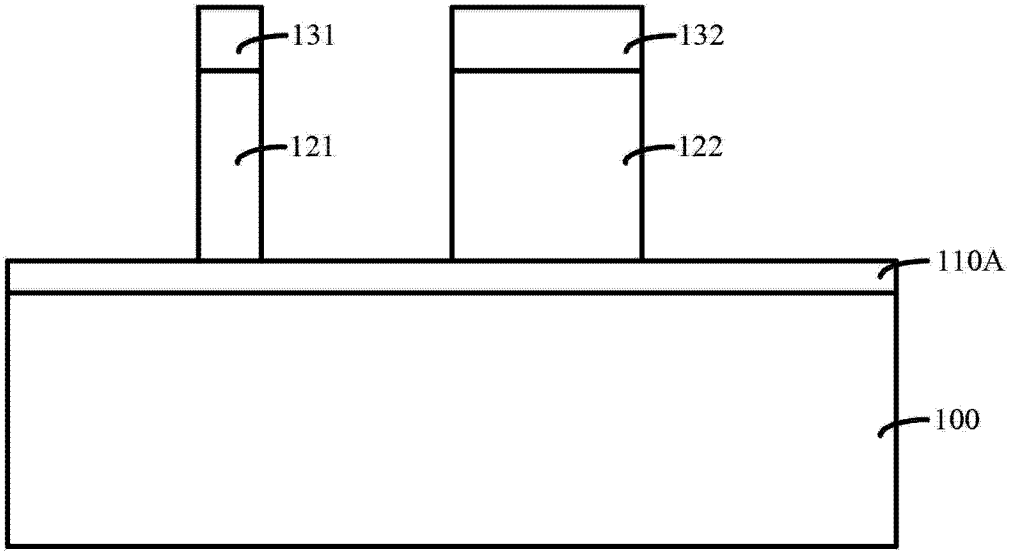


图 10

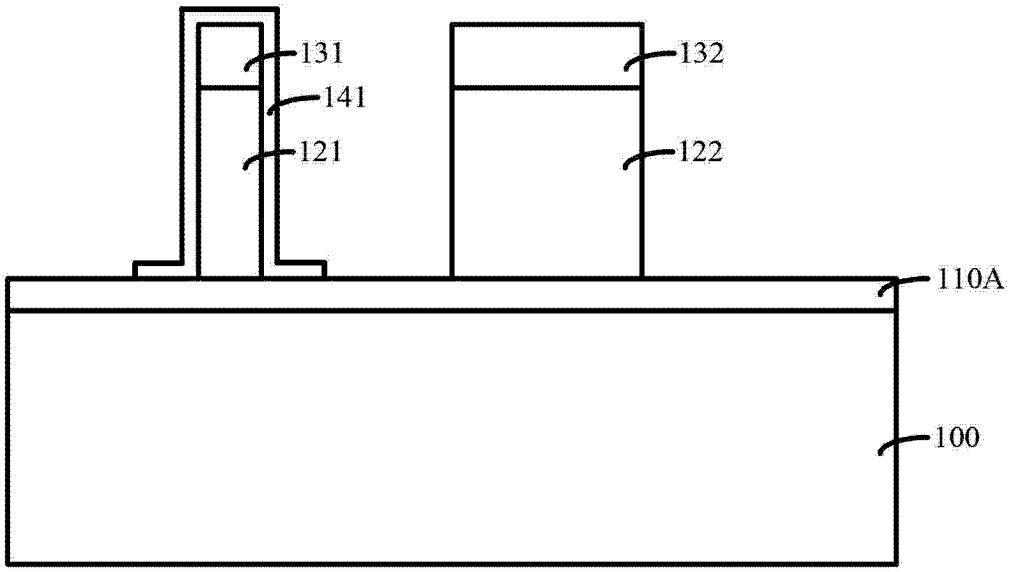


图 11

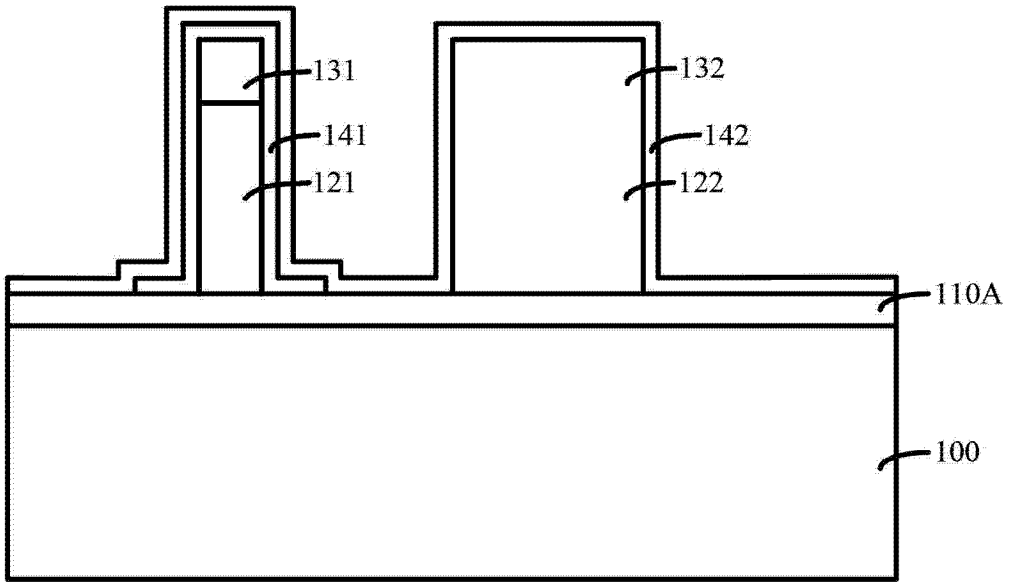


图 12

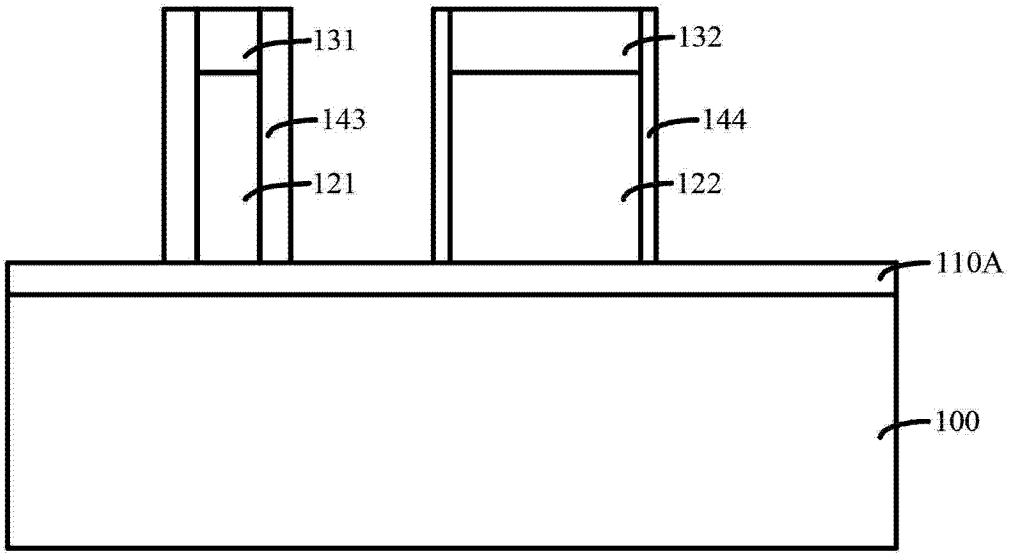

131
132
143
144
121
122
110A
100

图 13

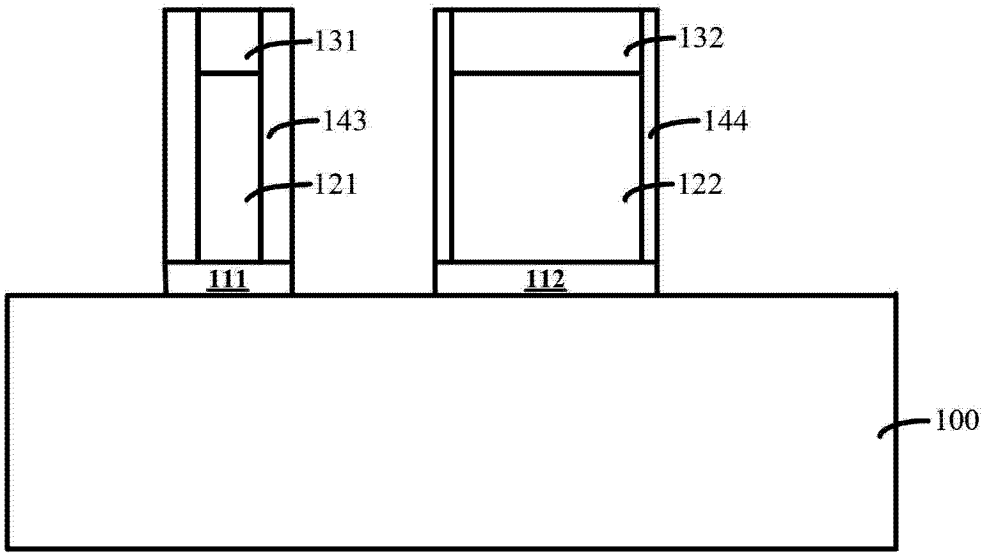

131
132
143
144
121
122
111
112
100

图 14

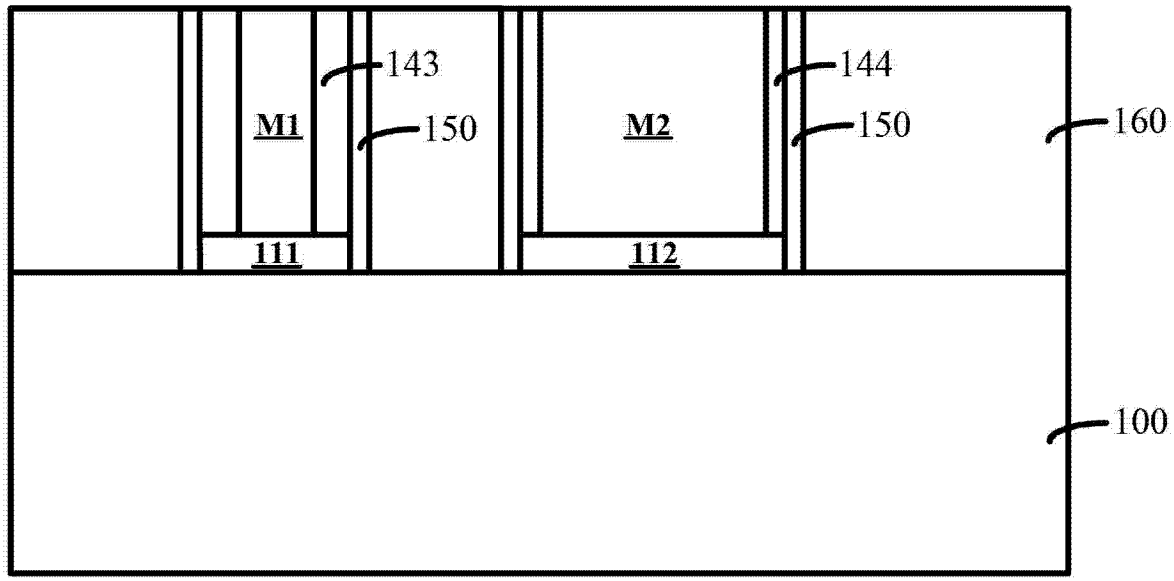

143
144
M1
150
M2
150
160
111
112
100

图 15

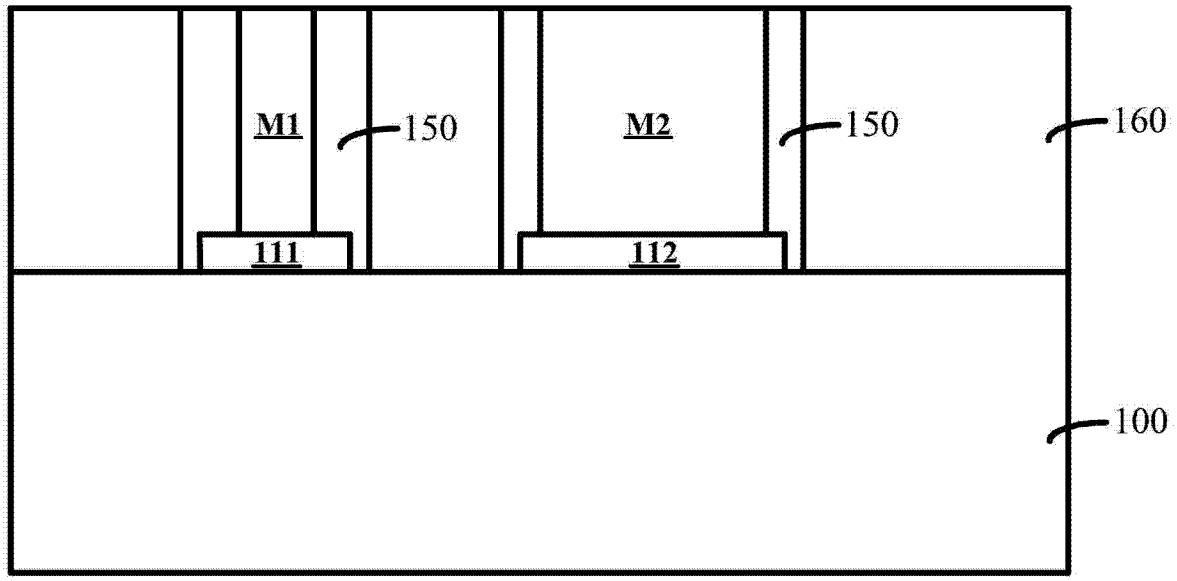

M1
150
M2
150
160
111
112
100

图 16

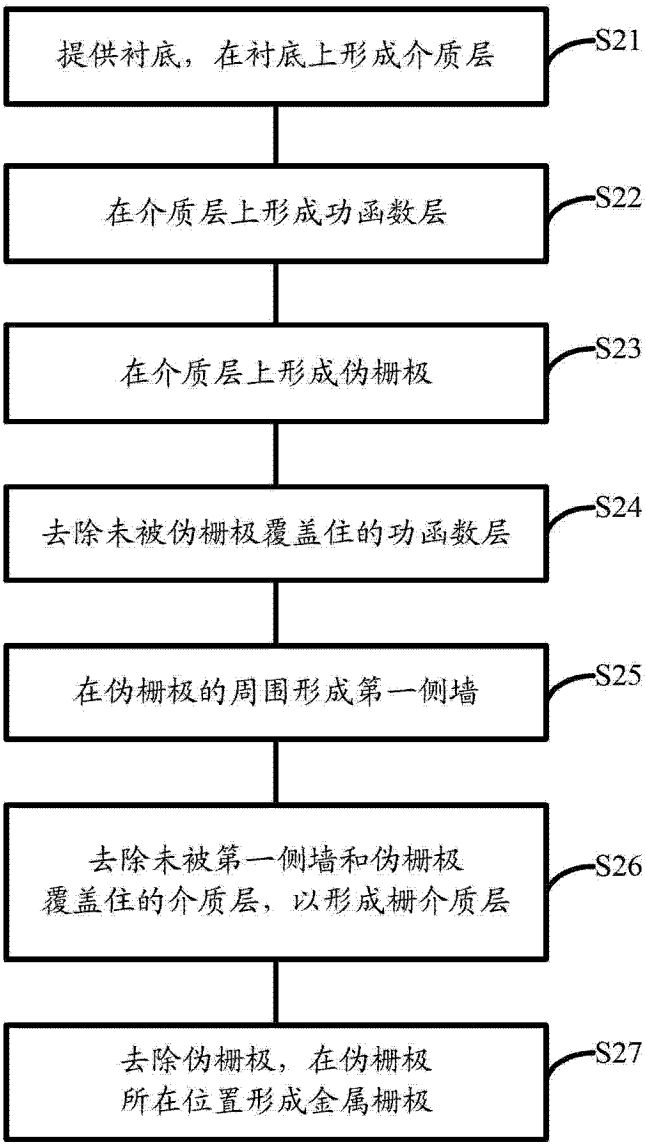

提供衬底，在衬底上形成介质层
S21
在介质层上形成功函数层
S22
在介质层上形成伪栅极
S23
去除未被伪栅极覆盖住的功函数层
S24
在伪栅极的周围形成第一侧墙
S25
去除未被第一侧墙和伪栅极
覆盖住的介质层，以形成栅介质层
S26
去除伪栅极，在伪栅极
所在位置形成金属栅极
S27

图 17

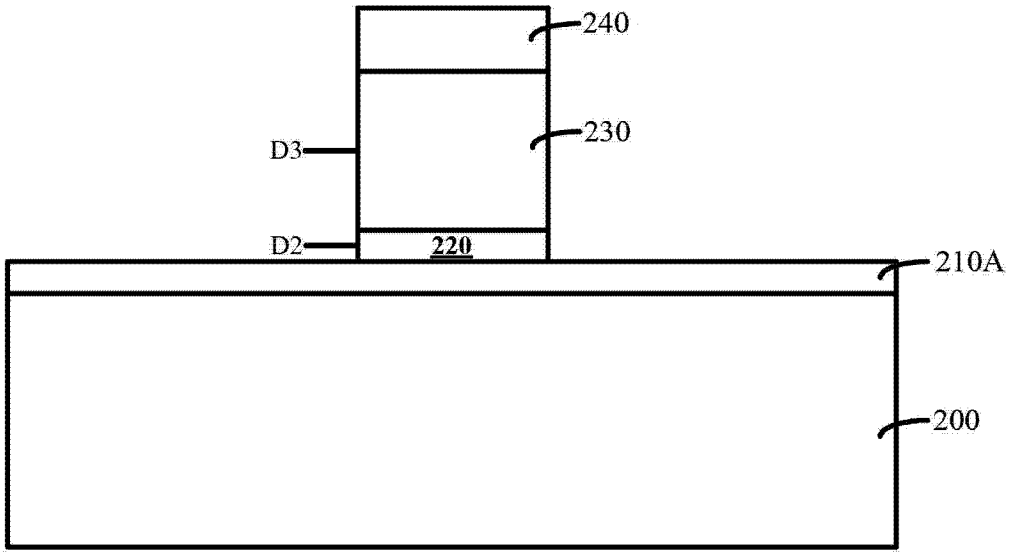


图 18

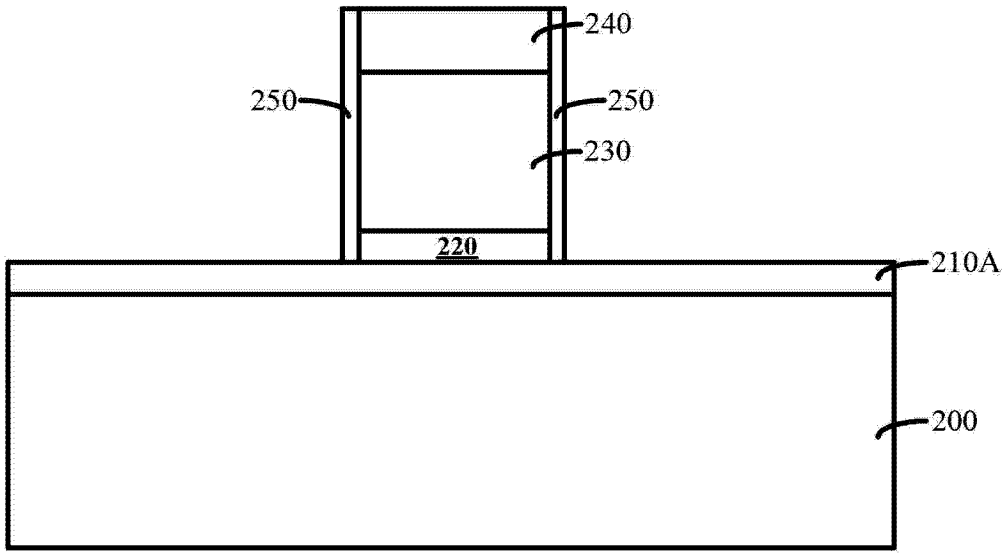


图 19

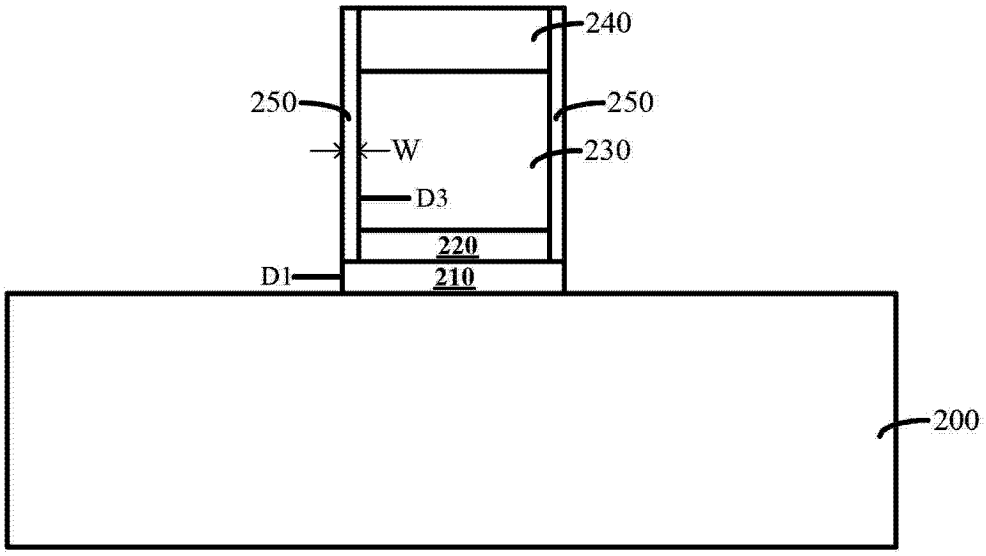


图 20

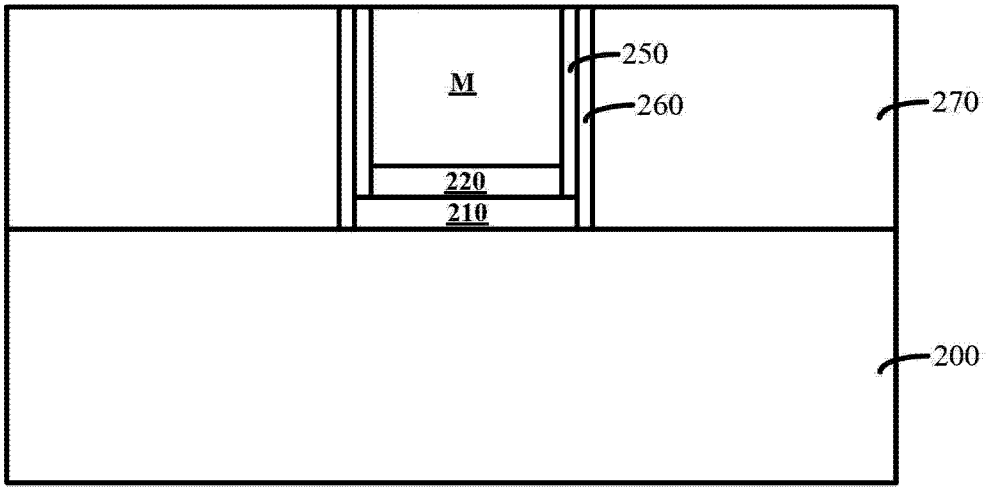


图 21

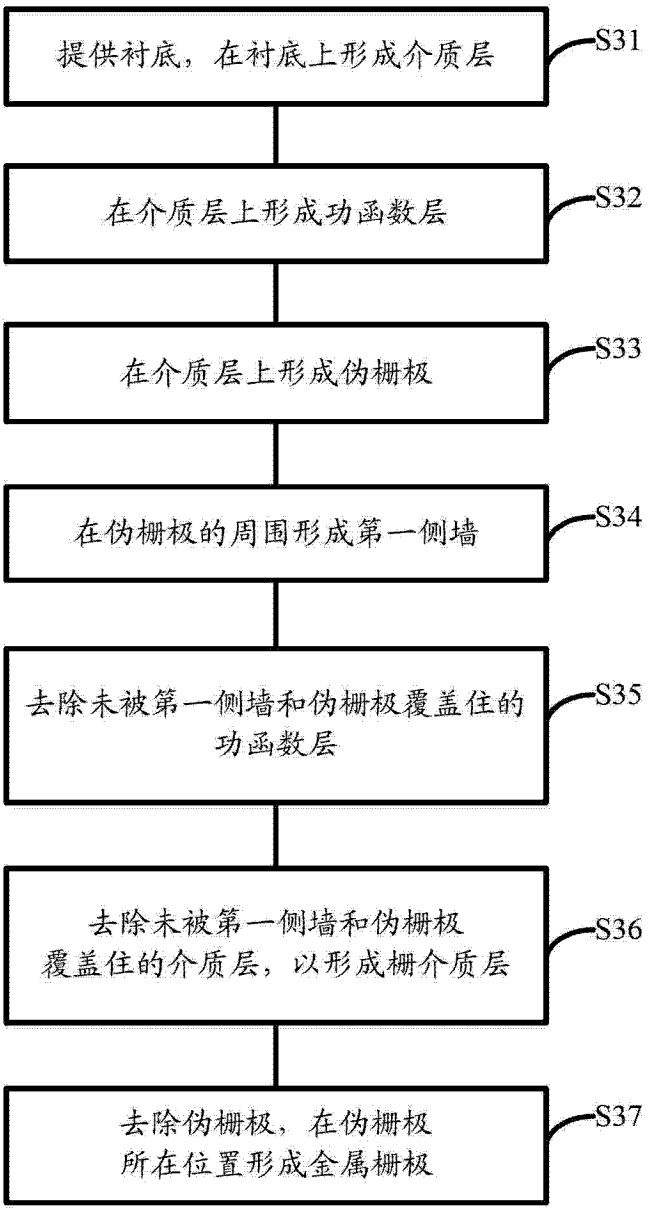

提供衬底，在衬底上形成介质层
S31
在介质层上形成功函数层
S32
在介质层上形成伪栅极
S33
在伪栅极的周围形成第一侧墙
S34
去除未被第一侧墙和伪栅极覆盖住的功函数层
S35
去除未被第一侧墙和伪栅极覆盖住的介质层，以形成栅介质层
S36
去除伪栅极，在伪栅极所在位置形成金属栅极
S37

图 22

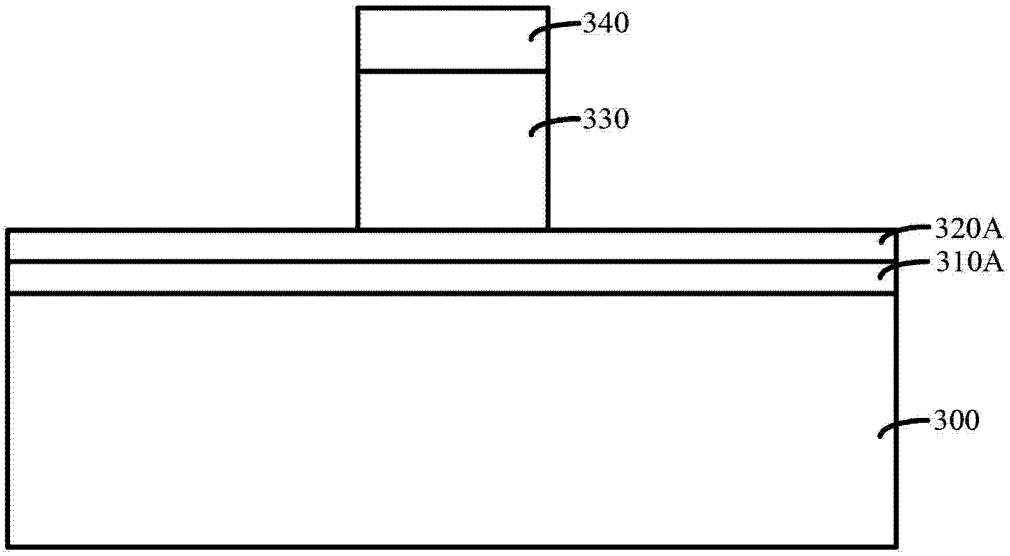


图 23

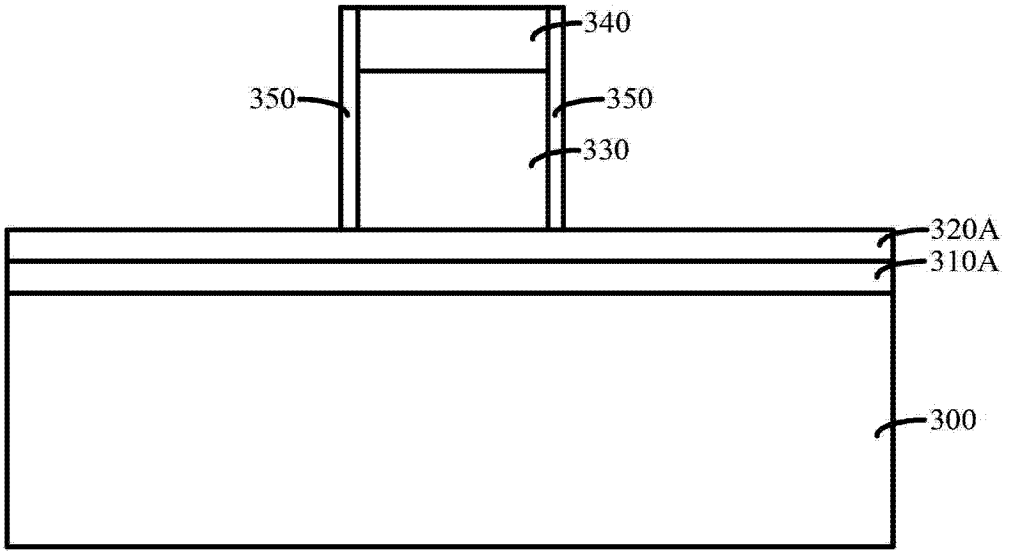


图 24

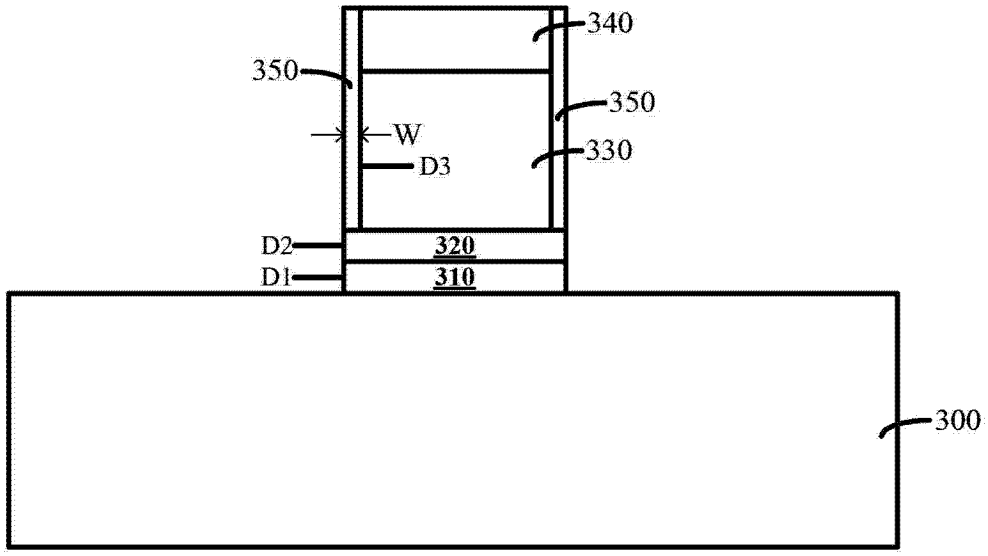


图 25

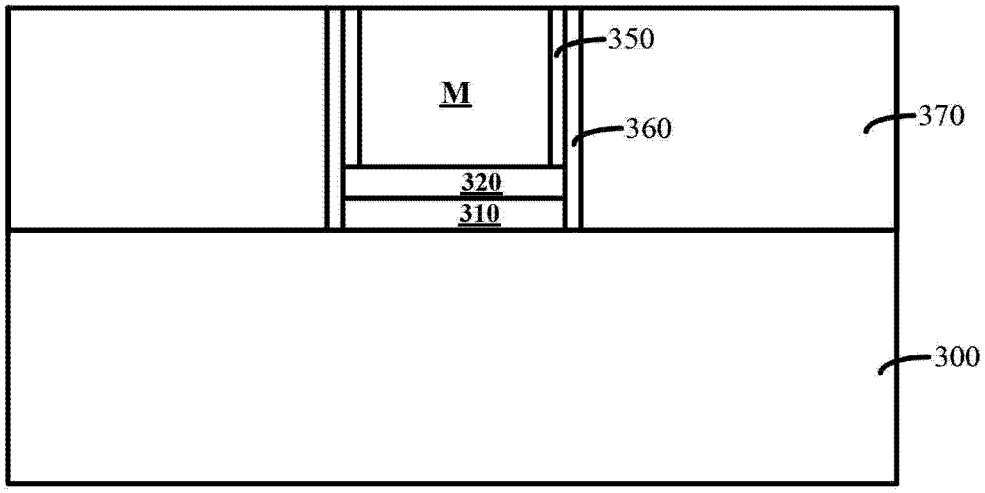


图 26

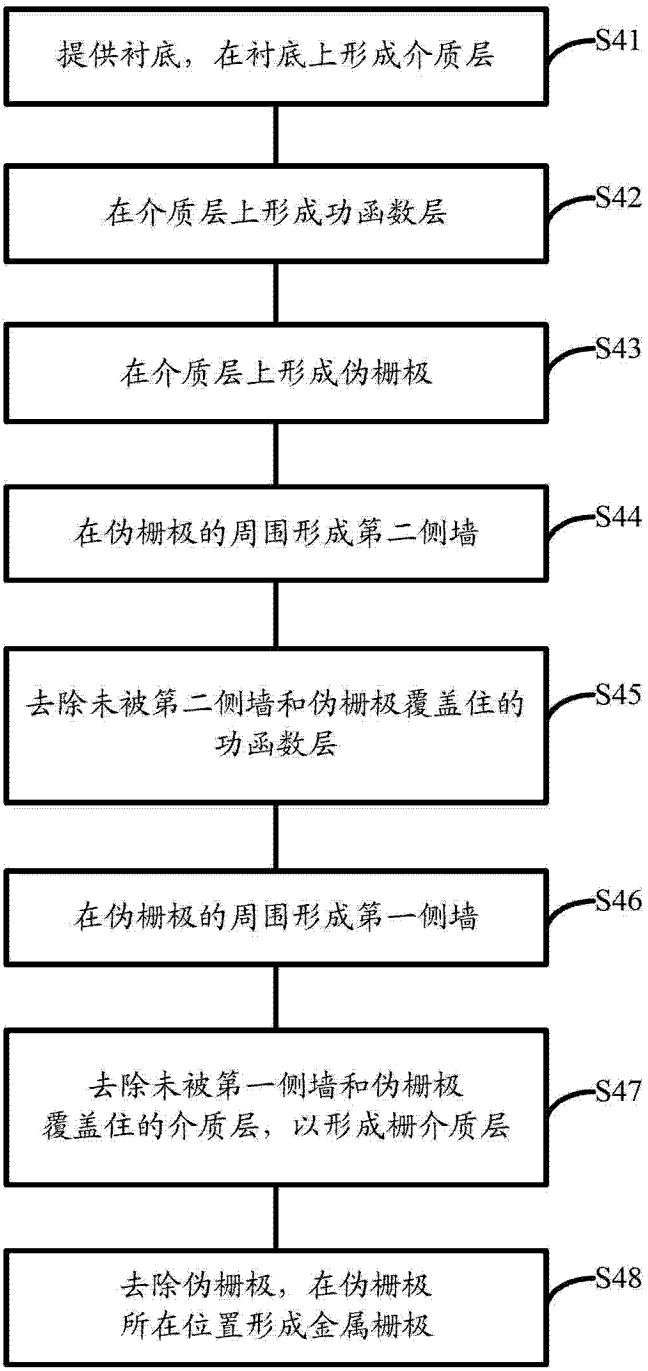

提供衬底，在衬底上形成介质层
S41
在介质层上形成功函数层
S42
在介质层上形成伪栅极
S43
在伪栅极的周围形成第二侧墙
S44
去除未被第二侧墙和伪栅极覆盖住的功函数层
S45
在伪栅极的周围形成第一侧墙
S46
去除未被第一侧墙和伪栅极覆盖住的介质层，以形成栅介质层
S47
去除伪栅极，在伪栅极所在位置形成金属栅极
S48

图 27

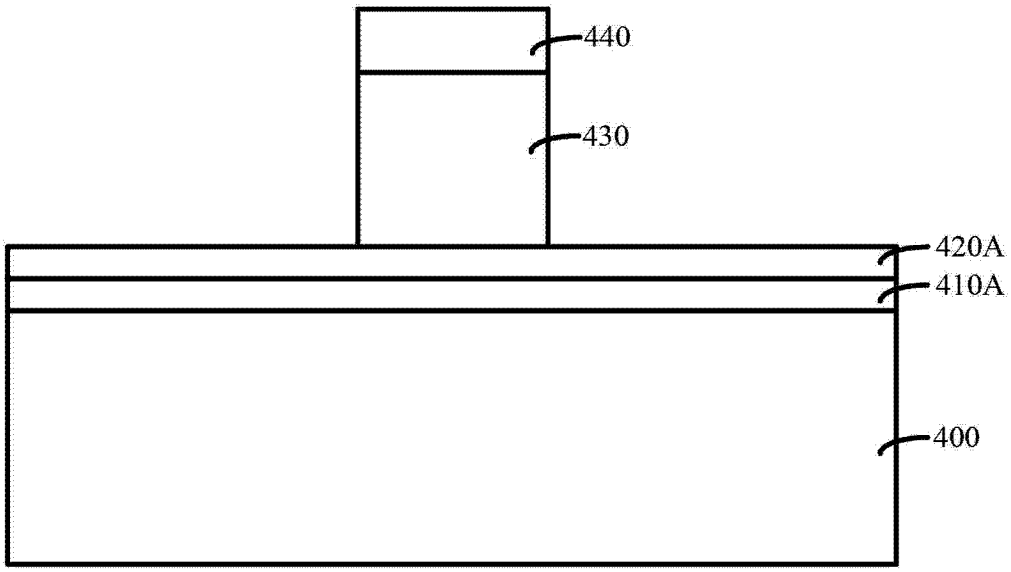


图 28

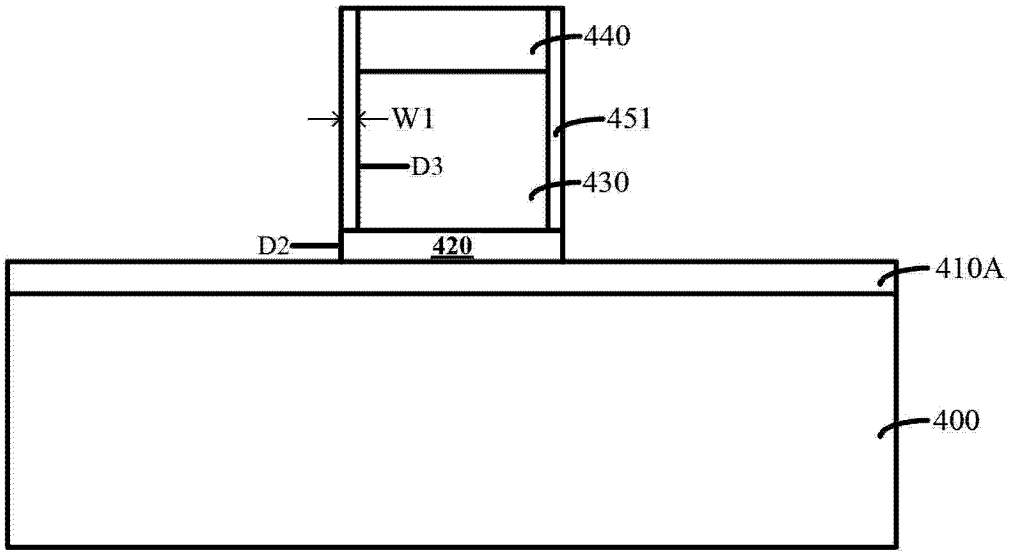


图 29

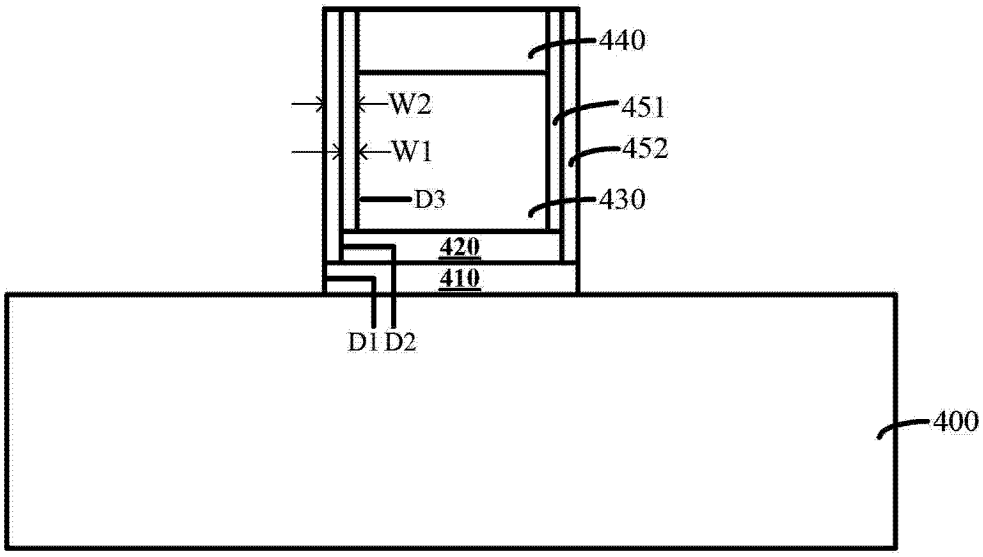

440
W2
451
W1
452
D3
430
420
410
D1 D2
400

图 30

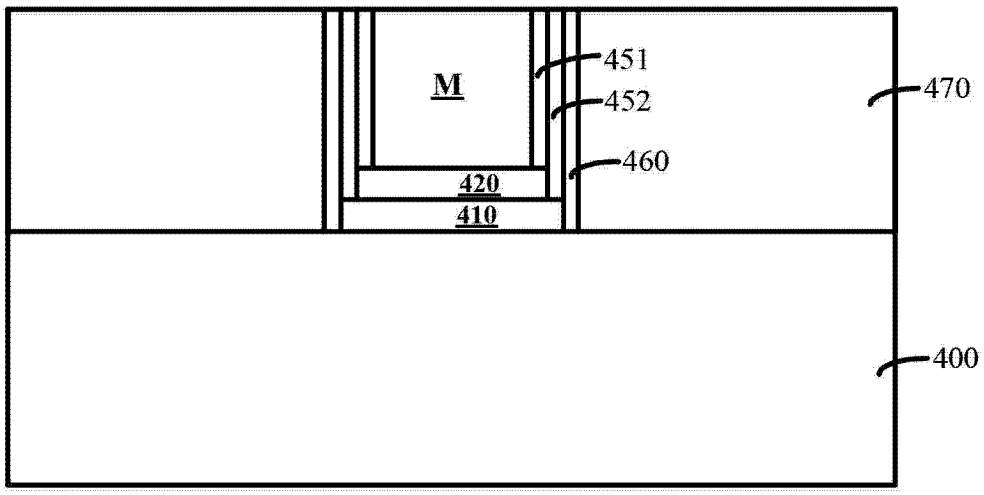

M
451
452
470
460
420
410
400

图 31