



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104752221 A

(43) 申请公布日 2015. 07. 01

(21) 申请号 201310754030. 7

(22) 申请日 2013. 12. 31

(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 何其暘 张翼英

(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 21/336(2006. 01)

H01L 21/28(2006. 01)

H01L 21/8238(2006. 01)

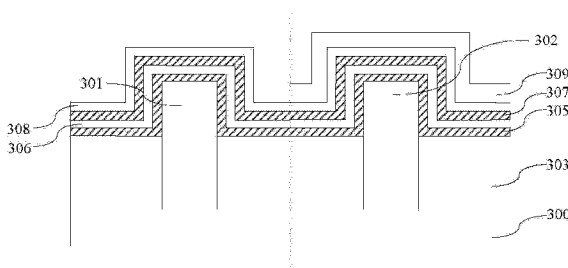
权利要求书2页 说明书9页 附图6页

(54) 发明名称

鳍式场效应晶体管的形成方法

(57) 摘要

一种鳍式场效应晶体管的形成方法,包括:在衬底上形成相邻的第一、第二鳍部;形成横跨第一、第二鳍部的栅极;由下至上依次形成覆盖栅极和衬底的第一保护层、第一刻蚀停止层、第二保护层、第二刻蚀停止层;第二刻蚀停止层上形成图案化掩膜层,覆盖第二鳍部的第二刻蚀停止层;去除第一鳍部上的第二刻蚀停止层,之后同一工艺中去除图案化掩膜层和第一鳍部上的第二保护层;第一刻蚀去除第一鳍部上的第一刻蚀停止层,之后第二刻蚀去除第一鳍部上的第一保护层,露出第一鳍部;加热衬底,对栅极两侧的第一鳍部进行离子注入,形成源极和漏极;去除覆盖第二鳍部的第一刻蚀停止层和第一保护层。本发明的方法降低制作晶体管难度,提高晶体管性能。



1. 一种鳍式场效应晶体管的形成方法,其特征在于,包括:

提供半导体衬底,在所述半导体衬底上形成相邻的第一鳍部和第二鳍部,所述第一鳍部用于形成第一类型的晶体管,第二鳍部用于形成第二类型的晶体管;

形成横跨所述第一鳍部和第二鳍部的栅极,所述栅极覆盖所述第一鳍部的顶部和侧壁,第二鳍部的顶部和侧壁;

由下至上依次形成覆盖所述栅极和衬底的第一保护层、第一刻蚀停止层、第二保护层、第二刻蚀停止层;

在第二刻蚀停止层上形成图案化的掩膜层,覆盖第二鳍部上的第二刻蚀停止层;

以所述图案化的掩膜层为掩膜,去除第一鳍部上的第二刻蚀停止层,之后在同一工艺中去除所述图案化的掩膜层和第一鳍部上的第二保护层;

利用第一刻蚀去除第一鳍部上的第一刻蚀停止层,之后利用第二刻蚀去除所述第一鳍部上的第一保护层,露出所述第一鳍部;

加热所述衬底,之后对所述栅极两侧的第一鳍部进行离子注入,形成第一类型晶体管的源极和漏极;

去除覆盖所述第二鳍部的第一刻蚀停止层和第一保护层。

2. 如权利要求 1 所述的形成方法,其特征在于,所述第一保护层和第二保护层的材料为非晶碳,所述掩膜层的材料为光刻胶。

3. 如权利要求 2 所述的形成方法,其特征在于,所述形成第一保护层和第二保护层的方法为沉积或旋涂。

4. 如权利要求 1 所述的形成方法,其特征在于,所述第一刻蚀停止层的材料为氧化硅、氮化硅、多晶硅或金属。

5. 如权利要求 4 所述的形成方法,其特征在于,利用第一刻蚀去除第一鳍部上的第一刻蚀停止层的同时还去除第二鳍部上的第二刻蚀停止层。

6. 如权利要求 1 所述的形成方法,其特征在于,去除第一鳍部上的第二刻蚀停止层的刻蚀方法为第一刻蚀。

7. 如权利要求 5 或 6 所述的形成方法,其特征在于,所述第一刻蚀为第一等离子体干法刻蚀或第一湿法腐蚀,所述第一刻蚀停止层的材料为氧化硅,所述第一等离子体干法刻蚀的刻蚀气体的化学式为 C_xHyF_z 或 C_xF_z ,所述第一湿法腐蚀的腐蚀剂为氢氟酸。

8. 如权利要求 1 所述的形成方法,其特征在于,利用第二刻蚀去除所述第一鳍部上的第一保护层的同时还去除第二鳍部上的第二保护层。

9. 如权利要求 1 所述的形成方法,其特征在于,所述在同一工艺中去除所述图案化的掩膜层和第一鳍部上的第二保护层的方法为第二刻蚀。

10. 如权利要求 8 或 9 所述的形成方法,其特征在于,所述第二刻蚀为第二等离子体干法刻蚀,所述第二等离子体干法刻蚀的刻蚀气体包含氧气。

11. 如权利要求 10 所述的形成方法,其特征在于,所述第二等离子体干法刻蚀的刻蚀气体为二氧化硫和氧气的混合气体,所述二氧化硫与所述氧气的体积比为 1:10 ~ 10:1。

12. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,去除覆盖所述第二鳍部的第一刻蚀停止层和第一保护层包括:

采用第一刻蚀去除覆盖所述第二鳍部的第一刻蚀停止层;

去除第一刻蚀停止层后,采用第二刻蚀去除覆盖第二鳍部上的第一保护层。

13. 如权利要求 1 所述的形成方法,其特征在于,所述第一刻蚀停止层的厚度为 20 ~ 100 埃。

14. 如权利要求 1 所述的形成方法,其特征在于,所述第一保护层的厚度为 500 ~ 2000 埃。

15. 如权利要求 1 所述的形成方法,其特征在于,所述加热所述衬底,所述加热温度大于等于 300 摄氏度。

16. 如权利要求 1 所述的形成方法,其特征在于,所述第一类型晶体管为 NMOS 鳍式场效应晶体管,所述离子注入为磷离子、砷离子或者锑离子注入。

17. 如权利要求 1 所述的形成方法,其特征在于,所述第一类型晶体管为 PMOS 鳍式场效应晶体管,所述离子注入为硼离子或者镓离子注入。

鳍式场效应晶体管的形成方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体领域,尤其涉及鳍式场效应晶体管的形成方法。

背景技术

[0002] 随着半导体产业向更低的技术节点的发展,渐渐开始从平面 CMOS 晶体管向三维 FinFET (3D 鳍式场效应晶体管) 器件结构的过渡。FinFET 中,栅极结构至少可以从两侧对沟道进行控制,具有比平面 MOSFET 器件强得多的栅极对沟道的控制能力,能够很好的抑制短沟道效应。而且相对其它器件具有更好的与现有的集成电路生产技术的兼容性。

[0003] 现有技术中的鳍式场效应晶体管的形成方法如下:

[0004] 参考图 1,提供半导体衬底 100,所述衬底 100 上具有凸起的第一鳍部 101 和第二鳍部 102。第一鳍部 101 用于形成 NMOS 鳍式场效应晶体管,第二鳍部 102 用于形成 PMOS 鳍式场效应晶体管。接着,形成横跨所述第一鳍部 101 和第二鳍部 102 的栅极 104,栅极 104 覆盖部分第一鳍部 101 的顶部和侧壁、第二鳍部 102 的顶部和侧壁。

[0005] 结合参考图 1 和图 2,形成覆盖所述衬底和栅极 104 的非晶碳层 105。接着,在非晶碳层 105 上形成图案化的光刻胶 106,所述图案化的光刻胶层 106 露出所述第一鳍部 101 位置处的非晶碳层 105。

[0006] 结合参考图 1 和图 3,干法刻蚀去除覆盖所述第一鳍部 101 位置处的非晶碳层 105,由于图案化的光刻胶层 106 与非晶碳层 105 的刻蚀选择比很接近,所述图案化的光刻胶层 106 也会被去除,形成图案化的非晶碳层 107。图案化的非晶碳层 107 露出第一鳍部 101 及其上的栅极 104。接着,加热所述衬底,对所述栅极 104 两侧的第一鳍部 101 进行高温离子注入,形成第一鳍式场效应晶体管的源极或漏极。

[0007] 参考图 4,去除图案化的非晶碳层 107 (参考图 3)。

[0008] 参考上述步骤,对栅极 104 两侧的第二鳍部 102 进行高温离子注入,形成第二鳍式场效应晶体管的源极或漏极。

[0009] 但是,采用现有技术的形成方法形成的鳍式场效应晶体管的性能不佳。

发明内容

[0010] 本发明解决的问题是现有技术中的鳍式场效应晶体管的性能不佳。

[0011] 为解决上述问题,本发明提供一种鳍式场效应晶体管的形成方法,包括:

[0012] 提供半导体衬底,在所述半导体衬底上形成相邻的第一鳍部和第二鳍部,所述第一鳍部用于形成第一类型的晶体管,第二鳍部用于形成第二类型的晶体管;

[0013] 形成横跨所述第一鳍部和第二鳍部的栅极,所述栅极覆盖所述第一鳍部的顶部和侧壁,第二鳍部的顶部和侧壁;

[0014] 由下至上依次形成覆盖所述栅极和衬底的第一保护层、第一刻蚀停止层、第二保护层、第二刻蚀停止层;

[0015] 在第二刻蚀停止层上形成图案化的掩膜层,覆盖第二鳍部上的第二刻蚀停止层;

- [0016] 以所述图案化的掩膜层为掩膜,去除第一鳍部上的第二刻蚀停止层,之后在同一工艺中去除所述图案化的掩膜层和第一鳍部上的第二保护层;
- [0017] 利用第一刻蚀去除第一鳍部上的第一刻蚀停止层,之后利用第二刻蚀去除所述第一鳍部上的第一保护层,露出所述第一鳍部;
- [0018] 加热所述衬底,之后,对所述栅极两侧的第一鳍部进行离子注入,形成第一类型晶体管的源极和漏极;
- [0019] 去除覆盖所述第二鳍部的第一刻蚀停止层和第一保护层。
- [0020] 可选的,所述第一保护层和第二保护层材料为非晶碳,所述掩膜层材料为光刻胶。
- [0021] 可选的,所述形成第一保护层和第二保护层的方法为沉积或旋涂。
- [0022] 可选的,所述第一刻蚀停止层材料为氧化硅、氮化硅、多晶硅或金属。
- [0023] 可选的,利用第一刻蚀去除第一鳍部上的第一刻蚀停止层的同时还去除第二鳍部上的第二刻蚀停止层。
- [0024] 可选的,去除第一鳍部上的第二刻蚀停止层的刻蚀方法为第一刻蚀。
- [0025] 可选的,所述第一刻蚀为第一等离子体干法刻蚀或第一湿法腐蚀,所述第一刻蚀停止层材料为氧化硅,所述第一等离子体干法刻蚀的刻蚀气体化学式为 $C_xH_yF_z$ 或 C_xF_z ,所述第一湿法腐蚀的腐蚀剂为氢氟酸。
- [0026] 可选的,利用第二刻蚀去除所述第一鳍部上的第一保护层的同时还去除第二鳍部上的第二保护层。
- [0027] 可选的,所述在同一工艺中去除所述图案化的掩膜层和第一鳍部上的第二保护层的方法为第二刻蚀。
- [0028] 可选的,所述第二刻蚀为第二等离子体干法刻蚀,所述第二等离子体干法刻蚀的刻蚀气体包含氧气。
- [0029] 可选的,所述第二等离子体干法刻蚀的刻蚀气体为二氧化硫和氧气的混合气体,所述二氧化硫与所述氧气的体积比为 1:10 ~ 10:1。
- [0030] 可选的,去除覆盖所述第二鳍部的第一刻蚀停止层和第一保护层包括:
- [0031] 采用第一刻蚀去除覆盖所述第二鳍部的第一刻蚀停止层;
- [0032] 去除第一刻蚀停止层后,采用第二刻蚀去除覆盖第二鳍部上的第一保护层。
- [0033] 可选的,所述第一刻蚀停止层的厚度为 20 ~ 100 埃。
- [0034] 可选的,所述第一保护层的厚度为 500 ~ 2000 埃。
- [0035] 可选的,所述加热所述衬底,所述加热温度大于等于 300 摄氏度。
- [0036] 可选的,所述第一类型晶体管为 NMOS 鳍式场效应晶体管,所述离子注入为磷离子、砷离子或者锑离子注入。
- [0037] 可选的,所述第一类型晶体管为 PMOS 鳍式场效应晶体管,所述离子注入为硼离子或者镓离子注入。
- [0038] 与现有技术相比,本发明的技术方案具有以下优点:
- [0039] 由下至上依次形成覆盖所述栅极和衬底的第一保护层、第一刻蚀停止层、第二保护层、第二刻蚀停止层。去除第一鳍部上的第二刻蚀停止层时,当刻蚀至完全露出第一鳍部上的第二保护层时,刻蚀自动停止。在同一工艺中去除第一鳍部上的第二保护层和图案化

的掩膜层时,当刻蚀第一鳍部上的第二保护层至完全露出第一鳍部上的第一刻蚀停止层、刻蚀图案化的掩膜层至完全露出第二鳍部上的第二刻蚀停止层,刻蚀自动停止。利用第一刻蚀去除第一鳍部上的第一刻蚀停止层和第二鳍部上的第二刻蚀停止层时,当刻蚀第一鳍部上的第一刻蚀停止层至完全露出第一鳍部上的第一保护层、刻蚀第二鳍部上的第二刻蚀停止层至完全露出第二鳍部上的第二保护层,第一刻蚀自动停止。利用第二刻蚀去除第一鳍部上的第一保护层和第二鳍部上的第二保护层时,当刻蚀去除第一鳍部上的第一保护层至第一鳍部完全露出、第二鳍部上的第一刻蚀停止层完全露出,第二刻蚀自动停止。整个过程并不需要严格控制第二保护层、第二刻蚀停止层和图案化的光刻胶的厚度,就可以实现完全且精确的去除上述各层直至完全露出第一鳍部的目的。避免了现有技术中的需要精确控制非晶碳层与图案化的光刻胶层的厚度来实现图案化的非晶碳层的形成,以露出第一鳍部。因此,采用本发明的技术方案的方法降低了制作鳍式场效应晶体管的难度,并且,第一保护层、第一刻蚀停止层、第二保护层、第二刻蚀停止层的形成,能够保证后续覆盖第二鳍部的第一保护层的厚度精度,从而能够保证在对第一鳍部进行高温离子注入时,有效的保护第二鳍部不被离子注入,进而提高后续形成的第一、第二鳍式场效应晶体管的性能。

附图说明

[0040] 图 1 是现有技术中的鳍式场效应晶体管的立体结构示意图;

[0041] 图 2 ~ 图 4 为图 1 的 AA 方向上形成鳍式场效应晶体管的剖面结构示意图;

[0042] 图 5 是本发明具体实施例中的用于形成鳍式场效应晶体管的衬底和栅极的立体结构示意图;

[0043] 图 6 ~ 图 11 为本发明具体实施例中的在图 5 的 BB 方向上形成鳍式场效应晶体管的剖面结构示意图。

具体实施方式

[0044] 参考图 1,如果直接对栅极 104 两侧的第一鳍部 101 进行离子注入时,离子注入过程会使得第一鳍部 101 中的单晶态硅大部分都转化为非晶态硅。与单晶态硅相比,非晶态硅的晶粒大小不均匀,排列杂乱无章,因此,由非晶态硅组成的第一鳍部 101 阻值比较大。另外,由非晶态硅组成的第一鳍部 101 阻值或其他物理性质也较难确定,从而使后续形成的鳍式场效应晶体管的整个物理性能较难控制。

[0045] 形成第一鳍式场效应晶体管的过程中,在衬底上形成图案化的非晶碳层,露出第一鳍部 101 及其上的栅极。接着,加热衬底,对栅极两侧的第一鳍部 101 进行高温离子注入形成源极和漏极,第一鳍部内的非晶态硅层的厚度不仅会有所减薄,而且还避免直接采用图形化的光刻胶层覆盖第二鳍部 102 时对第一鳍部进行离子注入过程中产生的缺陷。该缺陷为:图案化的光刻胶层随温度的增加,流动性增强,当对第一鳍部 101 进行离子注入时,无法确保被该光刻胶层覆盖的第二鳍部 102 不会被离子注入,严重时,图案化的光刻胶层会熔化,从而污染衬底。

[0046] 然而,现有技术中的鳍式场效应晶体管(FinFET)的性能比较差的原因如下:非晶碳与光刻胶的刻蚀选择比很接近,参考图 3,干法刻蚀去除覆盖第一鳍部 101 位置处的非晶碳层 105 时,覆盖第二鳍部 102 的图案化的光刻胶层 106 也会被刻蚀。实际半导体工艺中,

需要精确控制非晶碳层 105 与图案化的光刻胶层 106 的厚度,才能实现同时去除第一鳍部 101 位置处的非晶碳层 105 和图案化的光刻胶层 106。然而,非晶碳层 105 与图案化的光刻胶层 106 的厚度较薄,精确控制非晶碳层 105 与图案化的光刻胶层 106 的厚度在实际的工艺中很难做到,从而使后续形成的鳍式场效应晶体管的性能不佳。

[0047] 例如,非晶碳层 105 如果太薄,干法刻蚀覆盖第一鳍部 101 位置处的非晶碳层 105 后,图案化的光刻胶层 106 会有残留,后续对第一鳍部 101 进行离子注入的过程中,图案化的光刻胶层 106 流动性会增加,甚至会熔化,从而会污染衬底。非晶碳层 105 如果太厚,干法刻蚀完覆盖第一鳍部 101 位置处的非晶碳层 105 后,会对光刻胶层 106 下面的图案化的非晶碳层 107 形成严重的过刻蚀,后续对第一鳍部 101 进行离子注入的过程中,被严重过刻蚀的图案化的非晶碳层 107 无法很好的保护第二鳍部 102 不被离子注入。

[0048] 因此,本发明提供一种鳍式场效应晶体管的形成方法。可以提高后续形成的鳍式场效应晶体管的性能。

[0049] 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。具体如下:

[0050] 参考图 5,执行步骤 S11,提供半导体衬底,在所述半导体衬底上形成相邻的第一鳍部 301 和第二鳍部 302,所述第一鳍部 301 用于形成第一类型的晶体管,第二鳍部 302 用于形成第二类型的晶体管。

[0051] 其中,半导体衬底的具体形成方法如下:提供硅层 300。其他实施例中,还可以提供包括 III - V 族元素化合物层(如砷化镓、磷化铟、氮化镓等)、碳化硅、锗硅、绝缘体上硅锗或其叠层结构,或金刚石层,或者本领域技术人员公知的其他半导体层,然后,在硅层 300 的顶部形成图案化的光刻胶,所述图案化的光刻胶定义第一鳍部前体和第二鳍部前体的位置,以图案化的光刻胶为掩膜,刻蚀部分厚度的硅层 300,形成第一鳍部前体和第二鳍部前体。第一鳍部前体和第二鳍部前体沿 X 方向延伸。其中,第一鳍部前体用于形成第一鳍部,第一鳍部用于形成第一类型晶体管,第二鳍部前体用于形成第二鳍部,第二鳍部用于形成第二类型晶体管。其中,第一类型和第二类型可以相同,也可以不同。接着,去除图案化的光刻胶。

[0052] 形成第一鳍部前体和第二鳍部前体后,在硅层 300 上形成低于第一鳍部前体和第二鳍部前体的绝缘层 303。形成绝缘层 303 后,第一鳍部 301 和第二鳍部 302 也就形成了。其中,绝缘层 303 用于将第一鳍部 301 和第二鳍部 302 进行隔离,所述绝缘层 303 的材料为氧化硅。所述绝缘层 303 的形成方法为本领域技术人员熟知技术,在此不再赘述。

[0053] 其他实施例中,半导体衬底还可以为绝缘体上硅(SOI),包括:底部硅层、位于底部硅层上的绝缘层、位于绝缘层上的顶部硅层(未示出)。其中,所述绝缘层为氧化层,起到半导体器件之间的绝缘作用。刻蚀顶部硅层至暴露绝缘层形成第一鳍部和第二鳍部。

[0054] 接着,继续参考图 1,执行步骤 S12,形成横跨所述第一鳍部 301 和第二鳍部 302 的栅极 304,所述栅极 304 覆盖所述第一鳍部 301 的顶部和侧壁,第二鳍部 302 的顶部和侧壁。

[0055] 本实施例中,栅极 304 沿 Y 方向(其中,X 方向垂直于 Y 方向)横跨在第一鳍部 301 和第二鳍部 302 上。栅极 304 的材料为多晶硅。但不限于多晶硅,也可以为本领域技术人员所知的其他材料。形成栅极 304 的方法,可以使用化学气相沉积,具体工艺为本领域技术人员所熟知,不再详述。本实施例中,在栅极 304 和衬底之间还具有栅介质层(图未示)。

[0056] 接着,结合参考图 5 和图 6,执行步骤 S13,由下至上依次形成覆盖所述栅极 304 和衬底的第一保护层 305、第一刻蚀停止层 306、第二保护层 307、第二刻蚀停止层 308。

[0057] 本实施例中,第一保护层 305 和第二保护层 307 的材料为非晶碳。形成第一保护层 305 和第二保护层 307 的方法为沉积或旋涂。第一保护层 305 的厚度为 500 埃~2000 埃。其他实施例中,第一保护层 305 和第二保护层 307 也可以是满足上述条件的本领域技术人员熟知其他材料。

[0058] 第一刻蚀停止层 306 的材料为氧化硅、氮化硅、多晶硅或金属。形成第一刻蚀停止层 306 的方法为沉积。第一刻蚀停止层的厚度为 20 ~ 100Å。

[0059] 第二刻蚀停止层 308 为抗反射层,例如可以为底部抗反射层(BARC, Bottom Anti-Reflective Coating),也可以为介质层抗反射层(DARC, Dielectric Anti-reflective Coating)。第二刻蚀停止层 308 的作用有两个:作用一为减小后续在第二刻蚀停止层 308 上形成的图形化的掩膜层底部光的反射。作用二为该图形化的掩膜层的刻蚀停止层。形成第二刻蚀停止层 308 的方法为沉积。

[0060] 接着,继续参考图 6,执行步骤 S14,在第二刻蚀停止层 308 上形成图案化的掩膜层 309,覆盖第二鳍部 302 上的第二刻蚀停止层 308。

[0061] 本实施例中,图案化的掩膜层 309 为光刻胶。图案化的掩膜层 309 覆盖第二鳍部 302 位置处的第二刻蚀停止层 308,同时露出所述第一鳍部 301 位置处的第二刻蚀停止层 308。形成图案化的掩膜层 309 的方法可以为现有的光刻技术,纳米喷印成像技术(NIL, Nano Injection Lithography)、纳米压印技术(Nano-Imprint)中一种、两种或三种。

[0062] 接着,参考图 7,执行步骤 S15,以所述图案化的掩膜层 309 为掩膜,去除第一鳍部 301 上的第二刻蚀停止层 308,之后在同一工艺中去除所述图案化的掩膜层 309 和第一鳍部 301 的第二保护层 307。

[0063] 本实施例中,采用第一刻蚀工艺来刻蚀去除第一鳍部 301 上的第二刻蚀停止层 308。第一刻蚀工艺为第一等离子体干法刻蚀或第一湿法腐蚀。其中,第一等离子体干法刻蚀的具体工艺为:化学式为 $C_xH_yF_z$ 或 C_xF_z 的刻蚀气体,激发功率为 100 ~ 5000W,偏置功率为 0 ~ 500W。第一湿法腐蚀的腐蚀剂为氢氟酸。其他实施例中,去除第一鳍部 301 上的第二刻蚀停止层 308 也可以采用本领域技术人员熟知的其他刻蚀工艺。刻蚀去除第一鳍部 301 上的第二刻蚀停止层 308 至完全露出第一鳍部 301 上的第二保护层 307 时,第一刻蚀工艺结束。

[0064] 需要说明的是,第二刻蚀停止层 308 与图案化的掩膜层 309 的刻蚀选择比很高,去除第一鳍部 301 上的第二刻蚀停止层 308 的过程中,图案化的掩膜层 309 几乎没有被刻蚀。因此,形成第二刻蚀停止层 308 的过程中,不需要严格控制第二刻蚀停止层 308 的厚度,从而降低了形成鳍式场效应晶体管的难度。而且,去除第一鳍部 301 上的第二刻蚀停止层 308 后,不会对第二刻蚀停止层 308 下面的各层形成过刻蚀。提高了形成鳍式场效应晶体管的精度。

[0065] 刻蚀去除第一鳍部 301 上的第二刻蚀停止层 308 后,在同一工艺中去除所述图案化的掩膜层 309 和第一鳍部 301 上的第二保护层 307。

[0066] 本实施例中,去除所述图案化的掩膜层 309 和第一鳍部 301 上的第二保护层 307 的工艺为第二刻蚀工艺。第二刻蚀工艺为第二等离子体干法刻蚀。其他实施例中,去除所

述图案化的掩膜层 309 和第一鳍部 301 上的第二保护层 307 的工艺也可以为本领域技术人员熟知的其他刻蚀工艺。

[0067] 图案化的掩膜层 309 材料与第一鳍部 301 上的第二保护层 307 材料的刻蚀选择比非常接近。因此,刻蚀去除图案化的掩膜层 309 的过程中,第一鳍部 301 上的第二保护层 307 也会被刻蚀。而图案化的掩膜层 309 材料、第一鳍部 301 上的第二保护层 307 与第二刻蚀停止层 308、第一刻蚀停止层 306 的刻蚀选择比相差甚大,因此,当刻蚀图案化的掩膜层 309 至露出第二鳍部 302 上的第二刻蚀停止层 308 时,刻蚀第一鳍部 301 上的第二保护层 307 至露出第一刻蚀停止层 306 时,第二等离子体干法刻蚀工艺结束。

[0068] 此时,参考图 8,在第二鳍部 302 上形成图案化的第二刻蚀停止层 308A、图案化的第二保护层 307A。其中图案化的第二刻蚀停止层 308A 覆盖第二鳍部 302 上的图案化的第二保护层 307A,图案化的第二保护层 307A 覆盖第二鳍部 302 上的第一刻蚀停止层 306,并且露出第一鳍部 301 上的第一刻蚀停止层 306。

[0069] 其中第二等离子体干法刻蚀的刻蚀气体包括氧气,刻蚀条件具体为:氧气的流量为 100 ~ 5000sccm,激发功率为 100 ~ 2000W,偏置功率为 0 ~ 500W,刻蚀温度为 35 ~ 250℃,刻蚀时间为 5s ~ 200s。本实施例中,刻蚀气体具体为二氧化硫和氧气的混合气体,所述二氧化硫与所述氧气的体积比为 1:10 ~ 10:1。在其他实施例中,刻蚀气体也可以为氯气和氧气的混合气体、氧气和氮气的混合气体。

[0070] 需要说明的是,本实施例中,形成第二保护层 307 和图案化的掩膜层 309 的过程中,不需要严格控制第二保护层 307 和图案化的掩膜层 309 的厚度。就可以精确去除图案化的掩膜层 309 与第一鳍部 301 上的第二保护层 307,从而降低了形成的鳍式场效应晶体管的难度。而且,去除第二保护层 307 和图案化的掩膜层 309 后,不会对第二保护层 307 和图案化的掩膜层 309 下面的各层形成过刻蚀,提高了形成鳍式场效应晶体管的精度。

[0071] 接着,参考图 8 至图 10,执行步骤 S16,利用第一刻蚀去除第一鳍部 301 上的第一刻蚀停止层 306,之后利用第二刻蚀去除所述第一鳍部 301 上的第一保护层 305,露出所述第一鳍部 301。

[0072] 本实施例中,第一刻蚀停止层 306 和第二刻蚀停止层 308 的刻蚀选择比很接近。因此刻蚀去除第一鳍部 301 上的第一刻蚀停止层 306 的过程中,第二鳍部 302 上的图案化的第二刻蚀停止层 308A 也会被刻蚀。而第一刻蚀停止层 306、第二刻蚀停止层 308 与第一保护层 305、第二保护层 307 的刻蚀选择比相差甚远,因此,当刻蚀去除第一鳍部 301 上的第一刻蚀停止层 306 至完全露出第一鳍部 301 上的第一保护层 305 时,刻蚀去除第二鳍部 302 上的图案化的第二刻蚀停止层 308A 至完全露出第二鳍部 302 上的图案化的第二保护层 307A 时,第一刻蚀工艺结束。

[0073] 需要说明的是,由于第一保护层 305 和第二保护层 307 的形成,再次验证了可以不用精确控制第二刻蚀停止层 308 的厚度,就可以精确去除第一鳍部 301 上的第一刻蚀停止层 306 和第二鳍部 302 上的图案化的第二刻蚀停止层 308A,从而降低了形成的鳍式场效应晶体管的难度。而且,去除第一刻蚀停止层 306 和第二刻蚀停止层 308 后,不会对第一刻蚀停止层 306 和第二刻蚀停止层 308 下面的各层形成过刻蚀,提高了形成鳍式场效应晶体管的精度。

[0074] 需要说明的是,本实施例中,当第一刻蚀停止层 306 的材料为二氧化硅时,相应

的,第一湿法腐蚀的腐蚀剂为氢氟酸;当第一刻蚀停止层 306 的材料为氮化硅时,相应的,第一湿法腐蚀的腐蚀剂为磷酸溶液;当第一刻蚀停止层 306 的材料为多晶硅时,相应的,第一湿法腐蚀的腐蚀剂为 TMAH (四甲基氢氧化铵) 溶液;当第一刻蚀停止层 306 的材料为金属时,相应的,第一湿法腐蚀的腐蚀剂为双氧水和硫酸的混合溶液。

[0075] 此时,结合参考图 8 和图 9,去除第一鳍部 301 上的第一刻蚀停止层 306 后,在第二鳍部 302 上形成图案化的第一刻蚀停止层 306A,被图案化的第二保护层 307A 覆盖。

[0076] 接着,参考图 10,利用第二刻蚀去除所述第一鳍部 301 上的第一保护层 305,露出所述第一鳍部 301。

[0077] 本实施例中,第二刻蚀为第二等离子体干法刻蚀。第一保护层 305 与第二保护层 307 的材料相同。刻蚀第一鳍部 301 上的第一保护层 305 的同时,第二鳍部 302 上的第二保护层 307 也被同时刻蚀。而第一保护层 305、第二保护层 307 与衬底、图案化的第一刻蚀停止层 306A 的刻蚀选择比相差甚远。所以,当刻蚀第一鳍部 301 上的第一保护层 305 至完全露出第一鳍部 301、刻蚀第二鳍部 302 上的第二保护层 307 至完全露出第二鳍部 302 上的图案化的第一刻蚀停止层 306A 时,第二等离子体干法刻蚀工艺停止。

[0078] 此时,参考图 10,第二鳍部 302 上形成了图案化的第一保护层 305A,被第二鳍部 302 上的图案化的第一刻蚀停止层 306A 覆盖。

[0079] 需要说明的是,第二鳍部 302 上正因为有图案化的第一刻蚀停止层 306A 的存在,刻蚀去除第二鳍部 302 上的第二保护层 307 时,不会对第二鳍部 302 上的第一保护层 305 形成过刻蚀。

[0080] 接着,继续参考图 10,执行步骤 S17,加热所述衬底,对所述栅极 304 (参考图 5) 两侧的第一鳍部 301 进行离子注入,形成第一类型晶体管的源极和漏极。

[0081] 本实施例中,加热衬底的过程也是实现高温离子注入的过程,经过高温离子注入的第一鳍部 301 中的非晶态硅层厚度是减薄的。尤其当离子注入的温度为 300 摄氏度或以上时,第一鳍部 301 的非晶态硅层的厚度几乎为零。因此,在这个温度或这个温度以上对第一鳍部 301 进行离子注入时,第一鳍部 301 内部的单晶态硅很少会或几乎不会转化为非晶态硅。从而使得离子注入后的第一鳍部 301 的阻值减小,而且第一鳍部 301 的阻值容易确定。进而提高了后续形成的第一鳍式场效应晶体管的性能。

[0082] 因此,本实施例中,加热衬底,较优至 300 摄氏度或 300 摄氏度以上,对所述栅极两侧的第一鳍部 301 进行离子注入形成源极和漏极时,第二鳍部 302 上的图案化的第一刻蚀停止层 306A、第一保护层 207 保护其覆盖的第二鳍部 302 不被注入。

[0083] 需要说明的是,(1)本实施例中,需要精确控制第一保护层 305 的厚度。第一保护层 305 如果太薄,不能很好的保护被其覆盖的第二鳍部 302 不被离子注入,而且,在刻蚀第一鳍部 301 上的第一刻蚀停止层 306 的过程中,不能使得第一刻蚀停止层 306 很好的停止在第一鳍部 301 上的第一保护层 305 上。第一保护层 305 如果太厚,工艺成本太高。

[0084] (2)本实施例中,需要精确控制第一刻蚀停止层 306 的厚度。第一刻蚀停止层 306 如果太薄,在刻蚀第二鳍部 302 上的第二保护层 307 的过程中,第一刻蚀停止层容易被刻穿,不能使得第二保护层 307 很好的停止在第二鳍部 302 上的第一刻蚀停止层 306 上,从而不能很好的保护第二鳍部 302 上的第二保护层 307 不受损伤,进而进行高温离子注入时,不能保护被其覆盖的第二鳍部不被离子注入。第一刻蚀停止层 306 如果太厚,工艺成本太高。

[0085] 本实施例中,第一类型晶体管为 NMOS 鳍式场效应晶体管,对栅极 304 (参考图 5) 两侧的第一鳍部 301 注入的离子为磷离子、砷离子或者锑离子。第二类型晶体管为 PMOS 鳍式场效应晶体管,其他实施例中,第二类型晶体管也可以为 NMOS 鳍式场效应晶体管。

[0086] 最后,参考图 11,执行步骤 18,去除覆盖所述第二鳍部 302 的第一刻蚀停止层 306 和第一保护层 305。

[0087] 具体如下:采用第一刻蚀去除覆盖所述第二鳍部 302 的图案化的第一刻蚀停止层 306A。接着,采用第二刻蚀去除覆盖第二鳍部上的图案化的第一保护层 305A。

[0088] 去除覆盖所述第二鳍部 302 的第一刻蚀停止层 306 和第一保护层 305 后,此时,形成了第一类型晶体管。接着,可以参考形成第一类型晶体管的方法,对栅极 204 两侧的第二鳍部 302 进行离子注入形成第二类型晶体管的源极和漏极,进而形成第二类型晶体管。本实施例中,第二类型晶体管为 PMOS 鳍式场效应晶体管,对栅极 304 两侧的第二鳍部 302 注入的离子为硼离子或者镓离子。其他实施例中,第二类型晶体管也可以为 NMOS 鳍式场效应晶体管。

[0089] 本实施例中,由下至上依次形成覆盖所述栅极和衬底的第一保护层、第一刻蚀停止层、第二保护层、第二刻蚀停止层。之后,在第二刻蚀停止层上形成图案化的掩膜层,覆盖第二鳍部上的第二刻蚀停止层;以所述图案化的掩膜层为掩膜,去除第一鳍部上的第二刻蚀停止层,之后,在同一工艺中去除所述图案化的掩膜层;利用第一刻蚀去除第一鳍部上的第一刻蚀停止层,之后利用第二刻蚀去除所述第一鳍部上的第一保护层,露出所述第一鳍部,不需要精确控制现有技术中的非晶碳层 205 与图案化的光刻胶层 206 的厚度就可以实现图案化的非晶碳层 205 的形成,以露出第一鳍部,因此,采用本实施例的方法降低了制作鳍式场效应晶体管的难度,并且,第一保护层、第一刻蚀停止层、第二保护层、第二刻蚀停止层的形成,能够保证后续覆盖第二鳍部的第一保护层的厚度精度,从而能够保证在对第一鳍部进行高温离子注入时,有效的保护第二鳍部不被离子注入,进而提高后续形成的鳍式场效应晶体管的性能。

[0090] 具体如下:(1)在以图案化的掩膜层 309 为掩膜,去除第一鳍部 301 上的第二刻蚀停止层 308 的步骤中:

[0091] 第二刻蚀停止层 308 与图案化的掩膜层 309 的刻蚀选择比较高,因此,去除第一鳍部 301 上的第二刻蚀停止层 308 的过程中,图案化的掩膜层 309 几乎没有被刻蚀。因此,在形成第二刻蚀停止层 308 的过程中,不需要严格控制第二刻蚀停止层 308 的厚度,从而降低了形成鳍式场效应晶体管的难度。而且,去除第一鳍部 301 上的第二刻蚀停止层 308 后,不会对第二刻蚀停止层 308 下面的各层形成过刻蚀。提高了形成鳍式场效应晶体管的精度。

[0092] (2)在去除第一鳍部 301 上的第二保护层 307 和图案化的掩膜层 309 的步骤中:

[0093] 第一鳍部 301 上第一刻蚀停止层 306 和第二鳍部上的第二刻蚀停止层 308 的存在,使得形成第二保护层 307 和图案化的掩膜层 309 的过程中,不需要严格控制第二保护层 307 和图案化的掩膜层 309 的厚度。就可以精确去除图案化的掩膜层 309 与第一鳍部 301 上的第二保护层 307,从而降低了形成的鳍式场效应晶体管的难度。而且,去除第一鳍部 301 上的第二保护层 307 和图案化的掩膜层 309 后,不会对第二保护层 307 和图案化的掩膜层 309 下面的各层形成过刻蚀,提高了形成鳍式场效应晶体管的精度。

[0094] (3)在去除第一鳍部 301 上的第一刻蚀停止层 306 和第二鳍部 302 上的图案化的

第二刻蚀停止层 308A 的步骤中：

[0095] 由于第一保护层 305 和第二保护层 307 的形成,再次验证了可以不用精确控制第二刻蚀停止层 308 的厚度,就可以精确去除第一鳍部 301 上的第一刻蚀停止层 306 和第二鳍部 302 上的图案化的第二刻蚀停止层 308A,从而降低了形成的鳍式场效应晶体管的难度。而且,去除第一刻蚀停止层 306 和第二刻蚀停止层 308 后,不会对第一刻蚀停止层 306 和第二刻蚀停止层 308 下面的各层形成过刻蚀,提高了形成鳍式场效应晶体管的精度。

[0096] (4)在去除第一鳍部 301 上的第一保护层 305 和第二鳍部 302 上的第二保护层 307 的步骤中：

[0097] 第二鳍部 302 上正因为有图案化的第一刻蚀停止层 306A 的存在,刻蚀去除第二鳍部 302 上的第二保护层 307 时,不会对第二鳍部 302 上的第一保护层 305 形成过刻蚀。从而提高了形成的鳍式场效应晶体管中的对第一保护层 305 的刻蚀精度,在对第一鳍部 301 进行高温离子注入时,能够更好的保护第二鳍部 302 不被离子注入。

[0098] 虽然本发明披露如上,但本发明并非限于此。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。

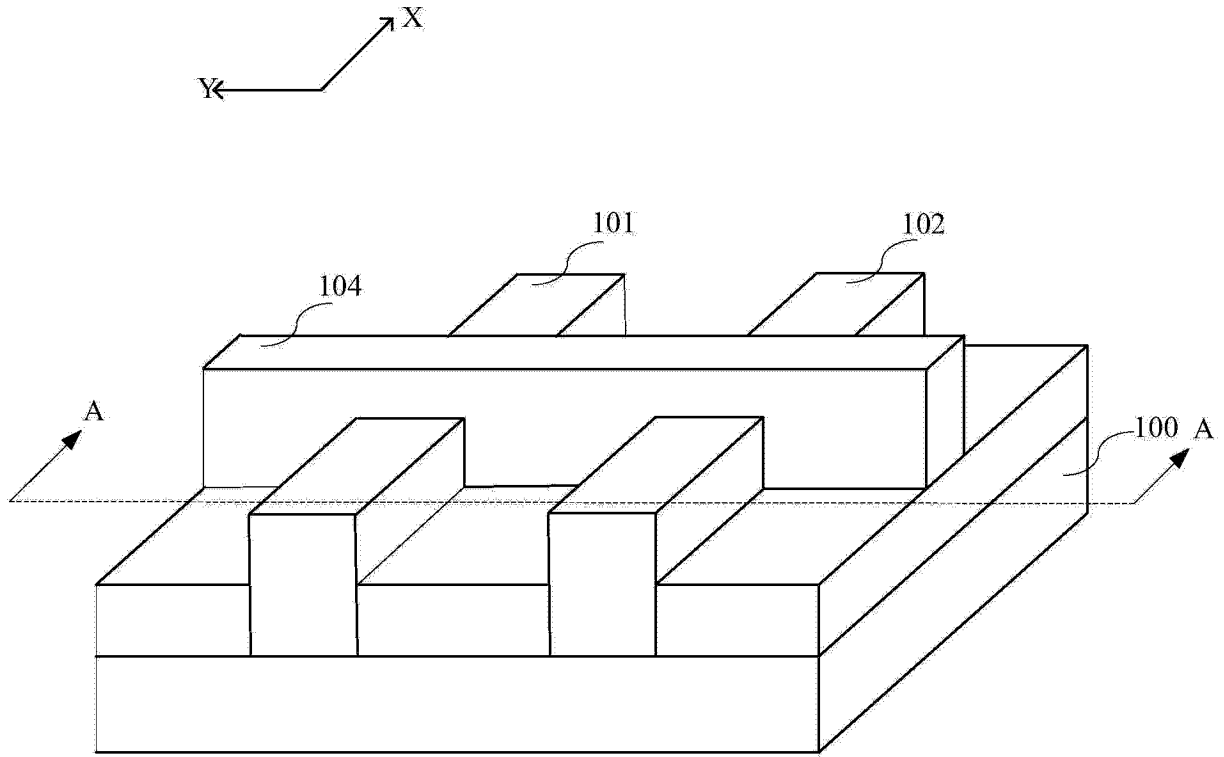


图 1

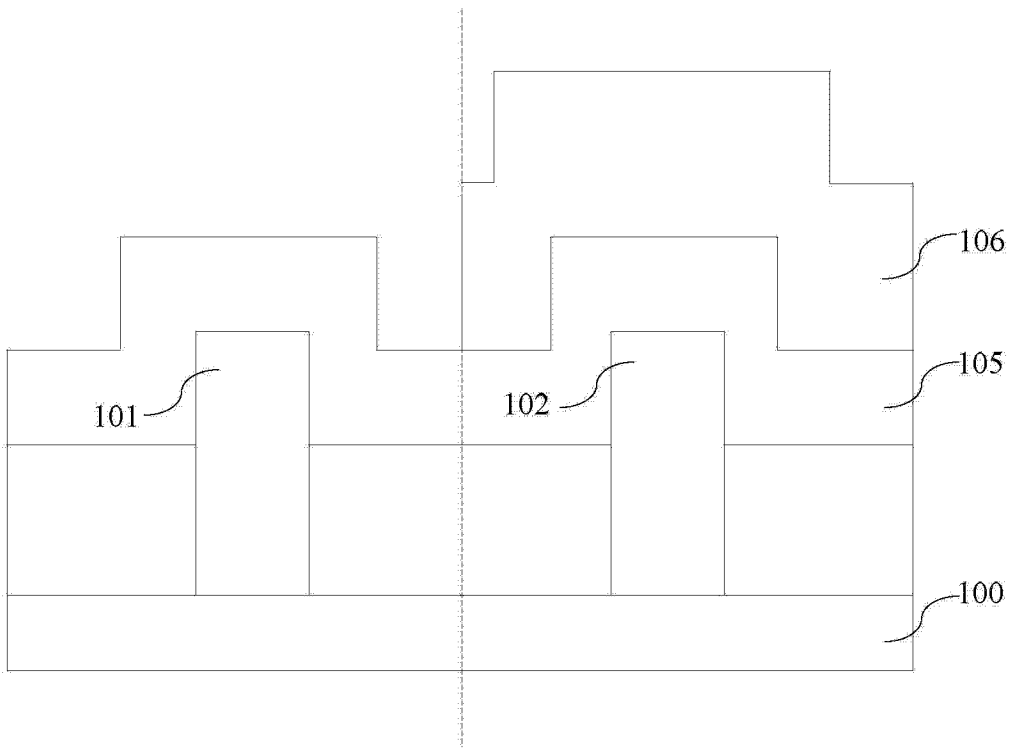


图 2

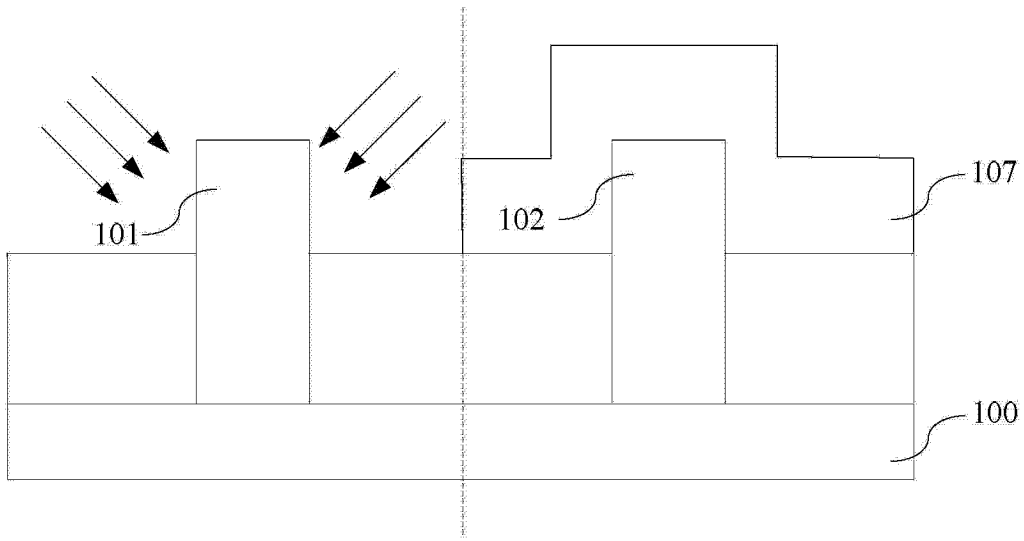


图 3

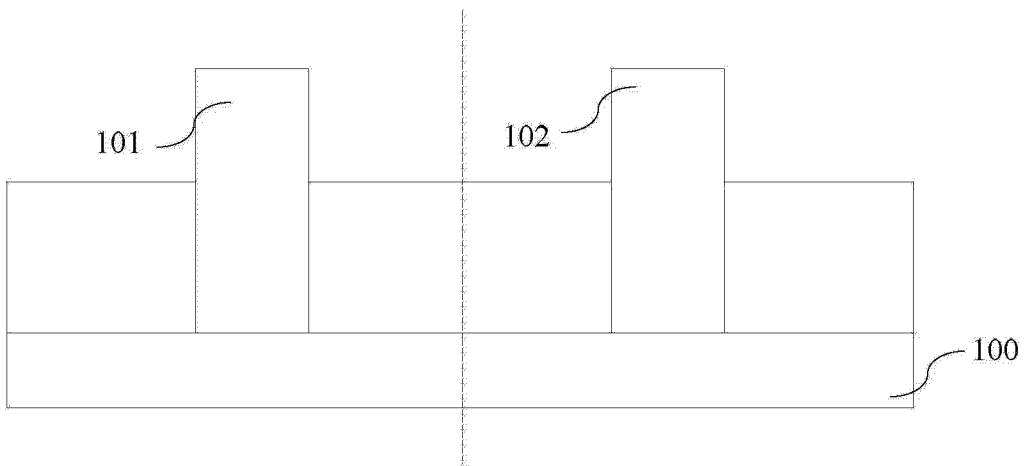


图 4

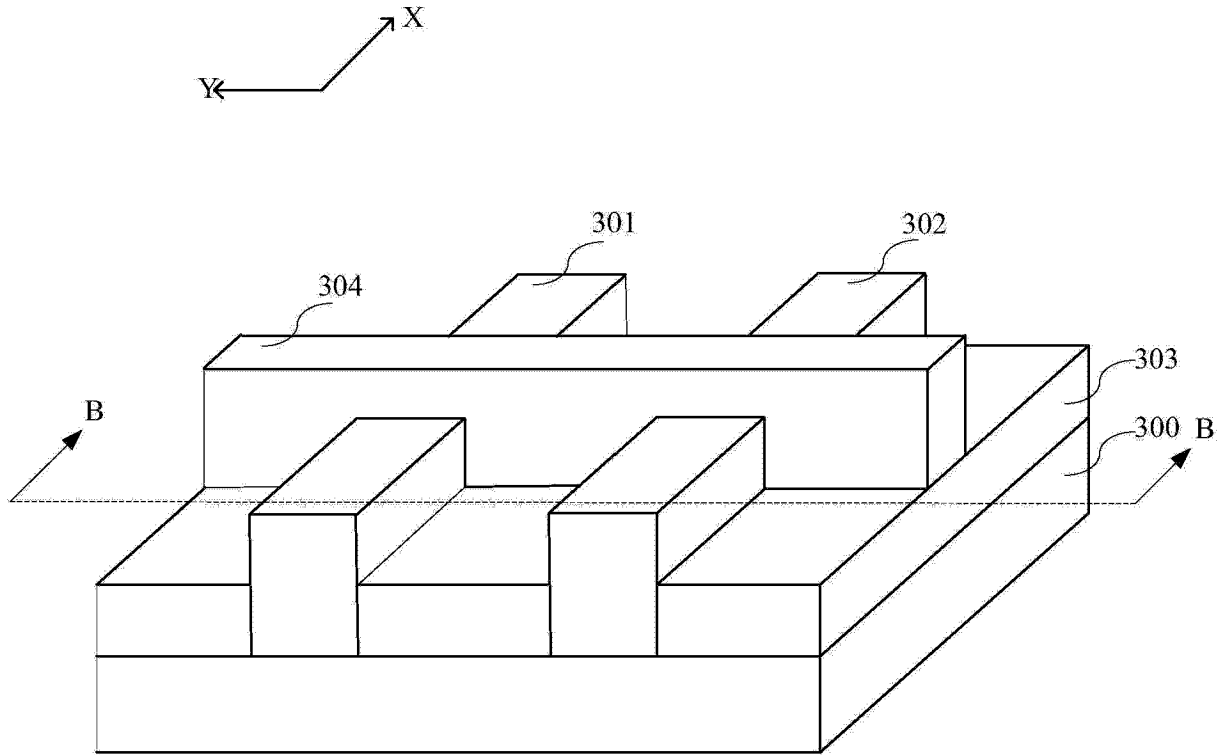


图 5

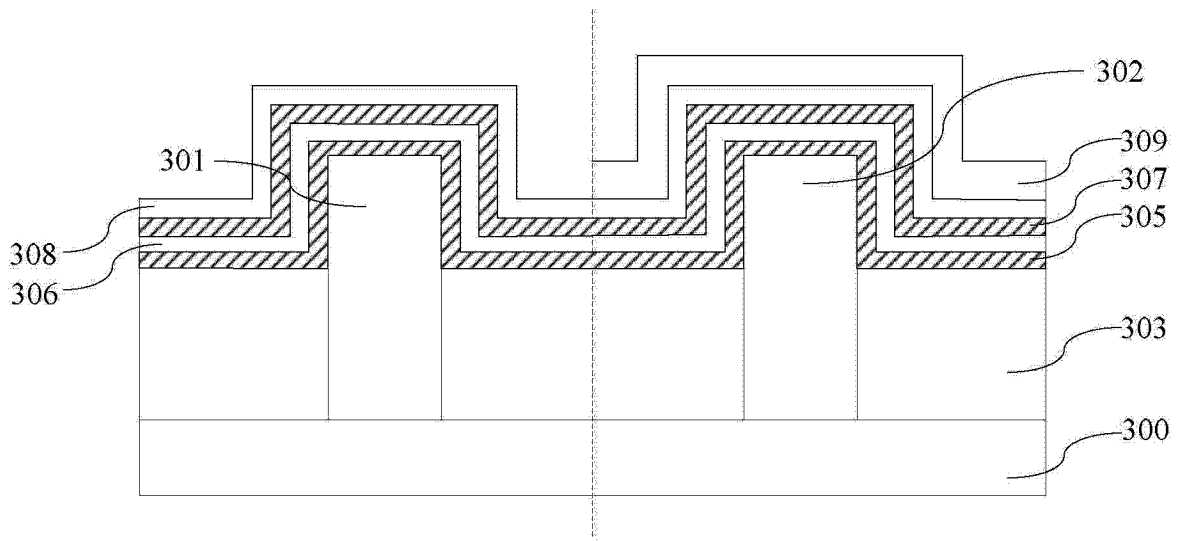


图 6

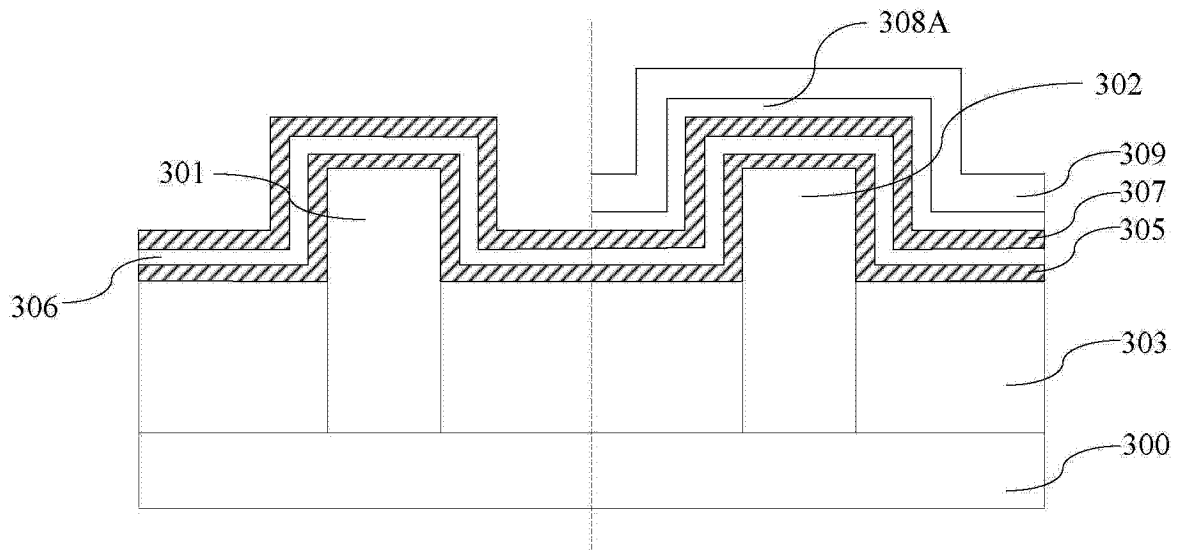


图 7

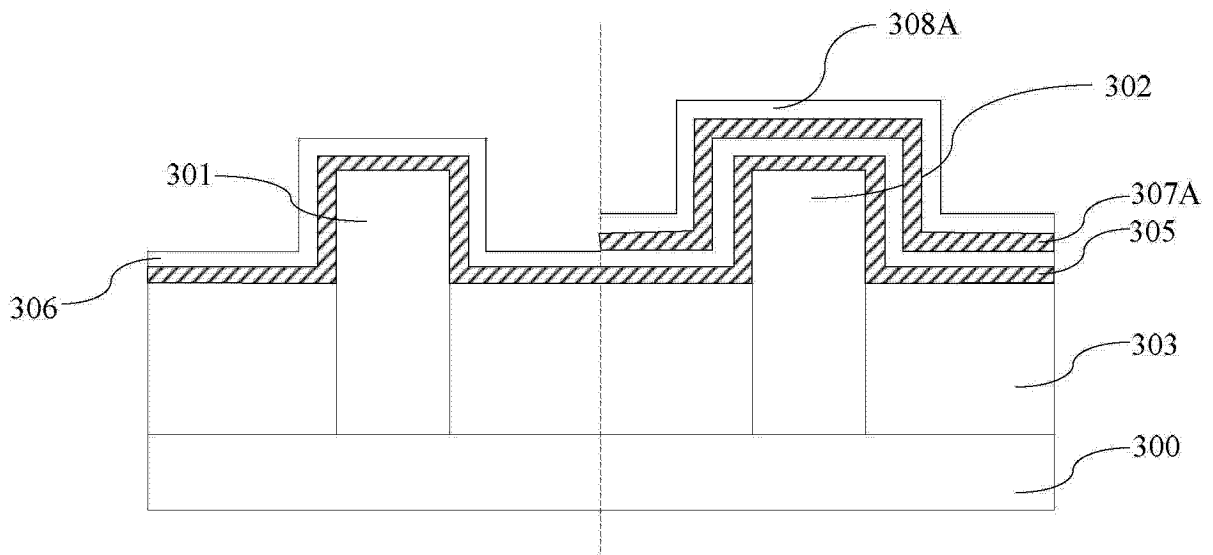


图 8

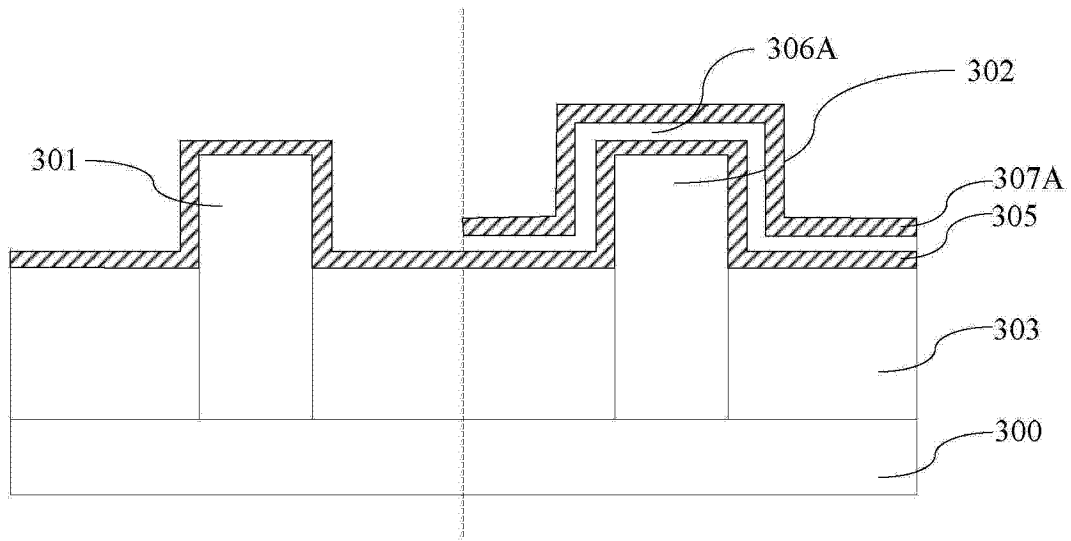


图 9

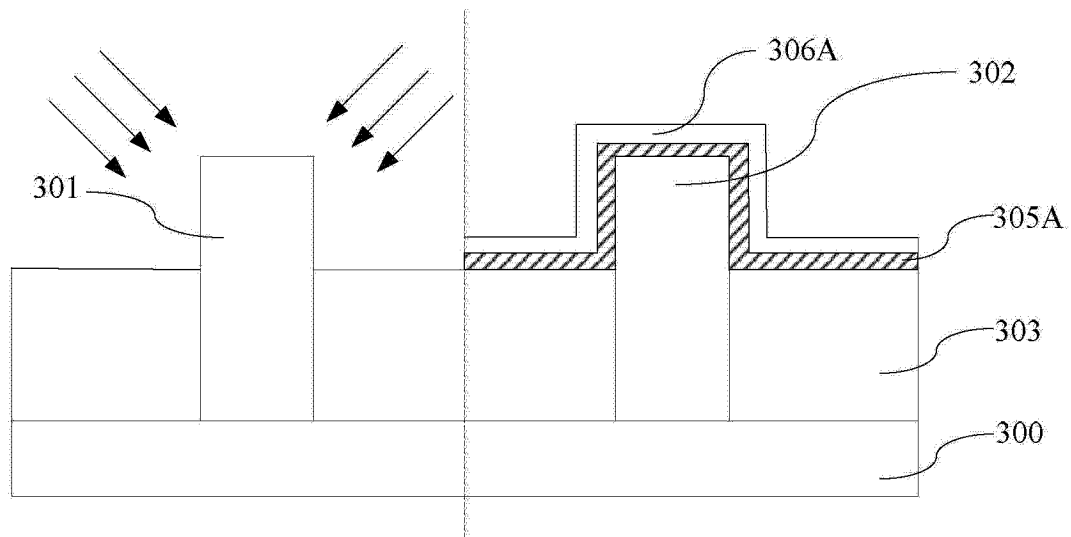


图 10

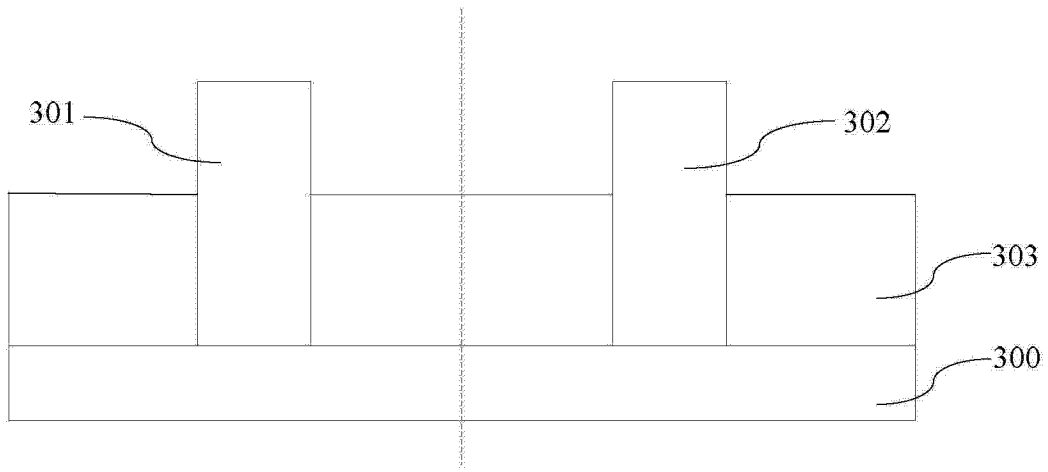


图 11