



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102403222 A

(43) 申请公布日 2012. 04. 04

(21) 申请号 201010277649. X

(22) 申请日 2010. 09. 09

(71) 申请人 上海华虹 NEC 电子有限公司

地址 201203 上海市浦东新区川桥路 1188 号

(72) 发明人 陈帆 陈雄斌 周正良

(74) 专利代理机构 上海浦一知识产权代理有限公司 31211

代理人 丁纪铁

(51) Int. Cl.

H01L 21/331 (2006. 01)

H01L 29/737 (2006. 01)

H01L 21/265 (2006. 01)

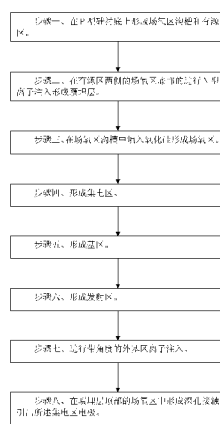
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 6 页

(54) 发明名称

锗硅异质结双极晶体管的制造方法

(57) 摘要

本发明公开了一种锗硅异质结双极晶体管的制造方法,在发射区形成后,采用进行带角度的外基区离子注入工艺对基区进行离子注入,所述外基区离子注入的注入离子为硼离子、注入剂量 $1e15cm^{-2} \sim 1e16cm^{-2}$ 、注入能量 $5KeV \sim 30KeV$ 、注入角度为 $5 \text{度} \sim 30 \text{度}$ 。所述外基区离子注入的注入角度能使在处于所述发射区和所述基区的接触区域外的所述基区中都掺入硼杂质。本发明无需对器件尺寸进行缩减就能进一步降低器件的基区电阻并提高器件的频率特性。



1. 一种锗硅异质结双极晶体管的制造方法,其特征在于:发射区形成后,采用进行带角度的外基区离子注入工艺对基区进行离子注入,所述外基区离子注入的注入离子为硼离子、注入剂量 $1e15cm^{-2} \sim 1e16cm^{-2}$ 、注入能量 $5KeV \sim 30KeV$ 、注入角度为 $5^\circ \sim 30^\circ$ 。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤一、在 P 型硅衬底上形成场氧区沟槽和有源区;

步骤二、在所述有源区两侧的场氧区底部的进行 N 型离子注入形成厩埋层,所述厩埋层在横向位置上和所述有源区相隔一横向距离,通过调节所述厩埋层和所述有源区的横向距离调节所述锗硅异质结双极晶体管的击穿电压;

步骤三、在所述场氧区沟槽中填入氧化硅形成场氧区;

步骤四、在所述有源区中进行 N 型离子注入形成集电区,所述集电区深度大于所述场氧区底部的深度、且所述集电区横向延伸进入所述有源区两侧的场氧区底部并和所述厩埋层形成接触;

步骤五、在所述硅衬底上形成基区窗口介质层;刻蚀所述有源区上部的所述基区窗口介质层形成基区窗口,且所述基区窗口的尺寸大于或等于所述有源区尺寸;在所述基区窗口介质层和所述基区窗口内的所述硅衬底上生长 P 型锗硅外延层并刻蚀形成基区;处于所述基区窗口内的所述基区为本征基区,所述本征基区和所述集电区形成接触;处于所述基区窗口外的所述基区为外基区,所述外基区和所述场氧区隔离有所述基区窗口介质层;

步骤六、在所述本征基区上部形成发射区窗口介质层,并刻蚀所述发射区窗口介质层形成发射区窗口,所述发射区窗口的尺寸小于所述有源区的尺寸;在所述发射区窗口介质层以及所述发射区窗口内的本征基区上部进行 N 型多晶硅生长并刻蚀形成发射区;处于所述发射区窗口内的所述发射区和所述本征基区形成接触;处于所述发射区窗口外的所述发射区和所述本征基区间隔离有所述发射区窗口介质层;

步骤七、进行带角度的外基区离子注入,所述外基区离子注入的注入离子为硼离子、注入剂量 $1e15cm^{-2} \sim 1e16cm^{-2}$ 、注入能量 $5KeV \sim 30KeV$ 、注入角度为 $5^\circ \sim 30^\circ$;

步骤八、在所述厩埋层顶部的场氧区中形成深孔接触引出所述集电区电极。

3. 如权利要求 2 所述方法,其特征在于:步骤二中所述厩埋层的 N 型离子注入工艺条件为:注入剂量 $1e14cm^{-2} \sim 1e16cm^{-2}$,注入能量 $1KeV \sim 100KeV$ 。

4. 如权利要求 2 所述方法,其特征在于:步骤四中所述集电区的 N 型离子注入工艺条件为:注入剂量 $1e12cm^{-2} \sim 5e14cm^{-2}$,注入能量为 $50KeV \sim 500KeV$ 。

5. 如权利要求 2 所述方法,其特征在于:步骤五中形成所述基区窗口介质层的步骤为:在所述硅衬底上形成第一层氧化硅薄膜、在所述第一层氧化硅薄膜上形成第二层多晶硅薄膜。

6. 如权利要求 2 所述方法,其特征在于:步骤五中所述 P 型锗硅外延层采用硼掺杂,且掺杂浓度为 $1e19cm^{-3} \sim 1e20cm^{-3}$,所述硼掺杂的工艺为离子注入工艺,工艺条件为:注入剂量为 $1e14cm^{-2} \sim 1e16cm^{-2}$ 、注入能量为 $1KeV \sim 50KeV$;锗的分布为是梯形分布、或三角形分布。

7. 如权利要求 2 所述方法,其特征在于:步骤六中形成所述发射区窗口介质层的步骤为:在所述 P 型锗硅外延层上形成第三层氧化硅薄膜、在第三层氧化硅薄膜上形成第四层氮化硅薄膜。

8. 如权利要求 1 所述锗硅异质结双极晶体管,其特征在于:步骤六中所述发射区的 N 型多晶硅通过 N 型离子注入进行掺杂,所述 N 型离子注入的工艺条件为:注入剂量 $1e14cm^{-2} \sim 1e16cm^{-2}$,注入能量 $10KeV \sim 200KeV$ 。

9. 如权利要求 2 所述锗硅异质结双极晶体管,其特征在于:步骤八中是通过在所述厧埋层顶部的场氧区中开一深孔并在所述深孔中淀积钛 / 氮化钛阻挡金属层后、再填入钨形成所述深孔接触。

10. 如权利要求 2 所述锗硅异质结双极晶体管,其特征在于:还包括在所述发射区和所述外基区的表面形成硅化物的步骤。

锗硅异质结双极晶体管的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种半导体集成电路制造工艺方法,特别是涉及一种锗硅异质结双极晶体管的制造方法。

背景技术

[0002] 随着锗硅 (SiGe) 工艺的日益成熟,射频电路集成也越来越普遍,射频接受、射频发射以及开关等都趋向集成,因此放大接受信号的低噪声放大器 (LNA) 和放大发射信号的功率放大器 (PA) 都应制作在同一芯片上,为了提高双极晶体管器件的工作频率,需要最大化双极晶体管器件的最大震荡频率 ($F_{\max}$)。其计算公式为:

$$[0003] \quad F_{\max} = \left(\frac{f_t}{8\pi r_b C_{dBC}} \right)^{1/2}$$

[0004] 其中, f_t 为双极晶体管器件的特征频率, r_b 为双极晶体管的基区电阻, C_{dBC} 为双极晶体管的 BC 结电容。从公式中可以看出,要想提高 $F_{\max}$, 必须大幅度的降低 r_b 和 C_{dBC} 。

[0005] 如图 1 所示,为现有锗硅异质结双极晶体管结构剖面图。现有锗硅异质结双极晶体管形成于 P 型硅衬底上,有源区由场氧区隔离,包括:

[0006] 一集电区即图 1 所示 N- 集电区,由形成于所述有源区中的一 N 型离子注入区组成,所述集电区深度大于所述场氧区底部的深度、且所述集电区横向延伸进入所述有源区两侧的场氧区底部。

[0007] 一厡埋层即图 1 所示 N+ 厡埋层,由形成于所述有源区两侧的场氧区底部的 N 型离子注入区组成,所述厡埋层在横向位置上和所述有源区相隔一横向距离、且所述厡埋层和所述集电区的横向延伸进入所述场氧区底部的部分相接触,通过在所述厡埋层顶部的场氧区形成的深孔接触引出所述集电区电极。

[0008] 一基区即图 1 所示锗硅基区,由形成于所述硅衬底上的 P 型锗硅外延层组成,包括一本征基区和一外基区,所述本征基区形成于所述有源区上部且和所述集电区形成接触,所述外基区形成于所述场氧区上部且用于形成基区电极。其中所述本征基区由基区窗口进行定义,所述基区窗口大于或等于有源区尺寸,所述本征基区形成于所述基区窗口内,所述外基区和所述场氧间隔离有基区窗口介质层。

[0009] 一发射区即图 1 所示的 N+ 多晶硅发射区,由形成于所述本征基区上部的 N 型多晶硅组成,和所述本征基区形成接触。其中所述发射区由发射区窗口进行定义,所述发射区窗口小于有源区尺寸,所述发射区窗口内的所述发射区和所述本征基区相接触;所述发射区窗口外的所述发射区和所述本征基区间隔离有发射区窗口介质层。

[0010] 如图 1 所示的现有锗硅异质结双极晶体管表面都会形成金属硅化物,这样能有效的降低器件的 r_b , 得到一个相对理想的 $F_{\max}$ 。但是,我们注意到,从基区的引出端到发射区,除了有金属硅化物覆盖的部分以外,还有一块区域是没有金属硅化物覆盖的,也就是图 1 所示的发射区窗口介质层底部本征基区部分没有金属硅化物覆盖,发射区窗口介质层底部

本征基区的电阻也就是 SiGe 外延的本征电阻,基本方块电阻达到数千欧姆每方。为了降低发射区窗口介质层底部本征基区的电阻,通常的方法是通过自对准工艺形成晶体管,但是这样的方法导致工艺非常复杂。另外的方法是通过减少延伸出所述发射区窗口外的所述发射区的宽度也即减少所述发射区窗口介质层的宽度来降低发射区窗口介质层底部本征基区的电阻,也能起到比较好的效果,但是其代价就是发射极多晶光刻必须用很高级的光刻机,因为一方面多晶硅发射极的尺寸需要减小,另一方面对准精度要求也很高。通过实验证明:当延伸出所述发射区窗口外的所述发射区的宽度从 $0.1\mu\text{m}$ 改变到 $0.2\mu\text{m}$ 时, $F_{\max}$ 从大于 100G 降低到 60G,这是巨大的损失,但是好处是光刻机和光刻版可以降低等级,降低成本。在保留低成本工艺的基础上必须减小发射区窗口介质层覆盖的距离,或者增加基区的 P 型锗硅外延层本身的参杂浓度才能有效的提高 $F_{\max}$ 。

发明内容

[0011] 本发明所要解决的技术问题是提供一种锗硅异质结双极晶体管的制造方法,无需对器件尺寸进行缩减就能进一步降低器件的基区电阻并提高器件的频率特性。

[0012] 为解决上述技术问题,本发明提供一种锗硅异质结双极晶体管的制造方法,本发明方法是在发射区形成后,采用进行带角度的外基区离子注入工艺对基区进行离子注入,所述外基区离子注入的注入离子为硼离子、注入剂量 $1\text{e}15\text{cm}^{-2} \sim 1\text{e}16\text{cm}^{-2}$ 、注入能量 $5\text{KeV} \sim 30\text{KeV}$ 、注入角度为 $5^\circ \sim 30^\circ$ 。所述外基区离子注入的注入角度能使在处于所述发射区和所述基区的接触区域外的所述基区中都掺入 P 型杂质。

[0013] 进一步改进是,本发明锗硅异质结双极晶体管的制造方法包括如下步骤:

[0014] 步骤一、在 P 型硅衬底上形成场氧区沟槽和有源区。

[0015] 步骤二、在所述有源区两侧的场氧区底部的进行 N 型离子注入形成赅埋层,所述赅埋层在横向位置上和所述有源区相隔一横向距离,通过调节所述赅埋层和所述有源区的横向距离调节所述锗硅异质结双极晶体管的击穿电压。所述赅埋层的 N 型离子注入工艺条件为:注入剂量 $1\text{e}14\text{cm}^{-2} \sim 1\text{e}16\text{cm}^{-2}$,注入能量 $1\text{KeV} \sim 100\text{KeV}$ 。

[0016] 步骤三、在所述场氧区沟槽中填入氧化硅形成场氧区。

[0017] 步骤四、在所述有源区中进行 N 型离子注入形成集电区,所述集电区深度大于所述场氧区底部的深度、且所述集电区横向延伸进入所述有源区两侧的场氧区底部并和所述赅埋层形成接触。所述集电区的 N 型离子注入工艺条件为:注入剂量 $1\text{e}12\text{cm}^{-2} \sim 5\text{e}14\text{cm}^{-2}$,注入能量为 $50\text{KeV} \sim 500\text{KeV}$ 。

[0018] 步骤五、在所述硅衬底上形成基区窗口介质层。刻蚀所述有源区上部的所述基区窗口介质层形成基区窗口,且所述基区窗口的尺寸大于或等于所述有源区尺寸。在所述基区窗口介质层和所述基区窗口内的所述硅衬底上生长 P 型锗硅外延层并刻蚀形成基区。处于所述基区窗口内的所述基区为本征基区,所述本征基区和所述集电区形成接触;处于所述基区窗口外的所述基区为外基区,所述外基区和所述场氧间隔有所述基区窗口介质层。形成所述基区窗口介质层包括步骤:在所述硅衬底上形成第一层氧化硅薄膜、在所述第一层氧化硅薄膜上形成第二层多晶硅薄膜。所述 P 型锗硅外延层采用硼掺杂,且掺杂浓度为 $1\text{e}19\text{cm}^{-3} \sim 1\text{e}20\text{cm}^{-3}$,所述硼掺杂的工艺为离子注入工艺,工艺条件为:注入剂量为 $1\text{e}14\text{cm}^{-2} \sim 1\text{e}16\text{cm}^{-2}$ 、注入能量为 $1\text{KeV} \sim 50\text{KeV}$;锗的分布为是梯形分布、或三角形分布。

[0019] 步骤六、在所述本征基区上部形成发射区窗口介质层,并刻蚀所述发射区窗口介质层形成发射区窗口,所述发射区窗口的尺寸小于所述有源区的尺寸。在所述发射区窗口介质层以及所述发射区窗口内的本征基区上部进行N型多晶硅生长并刻蚀形成发射区。处于所述发射区窗口内的所述发射区和所述本征基区形成接触;处于所述发射区窗口外的所述发射区和所述本征基区间隔离有所述发射区窗口介质层。形成所述发射区窗口介质层包括步骤:在所述P型锗硅外延层上形成第三层氧化硅薄膜、在第三层氧化硅薄膜上形成第四层氮化硅薄膜。所述发射区的N型多晶硅通过N型离子注入进行掺杂,所述N型离子注入的工艺条件为:注入剂量 $1e14cm^{-2} \sim 1e16cm^{-2}$,注入能量 $10KeV \sim 200KeV$ 。

[0020] 步骤七、进行带角度的外基区离子注入,注入角度满足能在处于所述发射区窗口外即所述发射区和所述本征基区的接触区域外的所述基区中都掺入P型杂质。所述外基区离子注入的注入离子为硼离子、注入剂量 $1e15cm^{-2} \sim 1e16cm^{-2}$ 、注入能量 $5KeV \sim 30KeV$ 、注入角度为 $5^\circ \sim 30^\circ$ 。

[0021] 步骤八、在所述膺埋层顶部的场氧区中形成深孔接触引出所述集电区电极。所述深孔接触是通过在所述膺埋层顶部的场氧区中开一深孔并在所述深孔中淀积钛/氮化钛阻挡金属层后、再填入钨形成的。最后还包括在所述发射区和所述外基区的表面形成硅化物的步骤。

[0022] 相对于现有技术中的外基区离子注入为垂直注入工艺,本发明的外基区离子注入调整为大角度注入,这样就能使注入的硼离子直接进入所述发射区窗口介质层底部的所述基区中即最后在所述发射区和所述基区的接触区域外的所述基区中都掺入硼杂质,从而能够较大幅度的降低器件的 r_b ,提高器件 F_{max} 。

附图说明

[0023] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明:

[0024] 图1是现有锗硅异质结双极晶体管结构剖面图;

[0025] 图2是本发明实施例方法流程图;

[0026] 图3-图14是本发明实施例方法各步骤中的锗硅异质结双极晶体管结构示意图。

具体实施方式

[0027] 如图2所示,是本发明实施例方法流程图。如图3-图14所示,是本发明实施例方法各步骤中的锗硅异质结双极晶体管结构示意图。

[0028] 本发明实施例锗硅异质结双极晶体管的制造方法,包括如下步骤:

[0029] 步骤一、如图3所示,在P型硅衬底101上形成场氧区102沟槽和有源区。

[0030] 步骤二、形成膺埋层103。首先,如图4所示,用光刻定义膺埋层103区域,即用光刻胶形成所述膺埋层103离子注入时膺埋层保护窗口,该膺埋层保护窗口边缘和所述有源区边缘相隔一横向距离,通过调节该横向距离调节所述锗硅异质结双极晶体管的击穿电压。如图5所示,通过所述光刻胶形成的所述膺埋层保护窗口在所述有源区两侧的场氧区102底部的进行N型离子注入形成所述膺埋层103,形成的所述膺埋层103在横向位置上和所述有源区相隔一由所述膺埋层保护窗口定义的横向距离。所述膺埋层的N型离子注入工艺条件为:注入剂量 $1e14cm^{-2} \sim 1e16cm^{-2}$,注入能量 $1KeV \sim 100KeV$ 。

[0031] 步骤三、如图 5 所示,在所述场氧区 102 沟槽中填入氧化硅形成场氧区 102。

[0032] 步骤四、形成集电区 104。首先,如图 6 所示,用光刻定义集电区 104 区域,即用光刻胶形成所述集电区 104 离子注入时集电区保护窗口。如图 7 所示,通过所述集电区保护窗口在所述有源区中进行 N 型离子注入形成所述集电区 104。所述集电区 104 深度大于所述场氧区 102 底部的深度、且所述集电区 104 横向延伸进入所述有源区两侧的场氧区 102 底部并和所述埋层 103 互相重叠并形成良好接触。最后再进行热推阱工艺。所述集电区 104 的 N 型离子注入工艺条件为:注入剂量 $1e12cm^{-2} \sim 5e14cm^{-2}$,注入能量为 50KeV $\sim$ 500KeV。

[0033] 步骤五、形成基区 107。首先,如图 8 所示,形成基区窗口介质层:在所述硅衬底 101 上形成第一层氧化硅薄膜 105、在所述第一层氧化硅薄膜 105 上形成第二层多晶硅薄膜 106。其次,形成基区窗口:通过刻蚀所述有源区上部的基区窗口介质层即所述第一层氧化硅薄膜 105 和第二层多晶硅薄膜 106 形成,所述基区窗口的尺寸大于或等于所述有源区尺寸,这样就能保证有源区上生长的基区的锗硅外延层都是单晶层。如图 9 所示,在所述硅衬底 101 上进行 P 型锗硅外延层生长。如图 10 所示,刻蚀掉所述基区 107 外部的所述 P 型锗硅外延层以及基区窗口介质层,形成所述基区 107,其中形成于所述有源区上部为所述本征基区,所述本征基区和所述集电区 104 形成接触;形成于所述场氧区 102 上部的为所述外基区,大部分所述外基区和所述场氧区 102 相隔有所述基区窗口介质层,所述基区窗口介质层能降低所述外基区与所述集电区之间的结电容。所述 P 型锗硅外延层采用硼掺杂,该硼掺杂的工艺为离子注入工艺,工艺条件为:注入剂量为 $1e14cm^{-2} \sim 1e16cm^{-2}$ 、注入能量为 1KeV $\sim$ 50KeV。锗的分布为是梯形分布、或三角形分布。

[0034] 步骤六、形成发射区 110。首先,如图 11 所示,形成发射区窗口介质层:在所述基区 107 的所述 P 型锗硅外延层上形成第三层氧化硅薄膜 108、在第三层氧化硅薄膜 108 上形成第四层氮化硅薄膜 109;形成发射区窗口:通过刻蚀所述本征基区上方的所述发射区窗口介质层即第三层氧化硅薄膜 108 和第四层氮化硅薄膜 109 形成所述发射区窗口,且所述发射区窗口的尺寸小于所述有源区尺寸,这样就能避免有源区边缘的 P 型锗硅外延层质量较差对本征 BE 结的影响。如图 12 所示,再在所述本征基区上部进行 N 型多晶硅生长并刻蚀形成所述发射区 110,所述发射区窗口内的所述发射区 110 和所述本征基区形成接触。所述发射区窗口外的所述发射区 110 和所述本征基区间隔离有所述发射区窗口介质层。所述发射区的 N 型多晶硅通过 N 型离子注入进行掺杂,所述 N 型离子注入的工艺条件为:注入剂量 $1e14cm^{-2} \sim 1e16cm^{-2}$,注入能量 10KeV $\sim$ 200KeV。

[0035] 步骤七、如图 12 所示,进行带角度的外基区离子注入,在所述发射区窗口外即所述发射区 110 和所述本征基区的接触区域外所述基区 107 中都掺入 P 型杂质,即在所述发射区窗口介质层所覆盖的本征基区以及所述外基区中都掺入的 P 型杂质。所述外基区离子注入的注入离子为硼离子、注入剂量 $1e15cm^{-2} \sim 1e16cm^{-2}$ 、注入能量 5KeV $\sim$ 30KeV、注入角度为 5 度 $\sim$ 30 度。

[0036] 步骤八、如图 13 所示,制作所述发射区 110 的氧化硅侧墙 111,所述氧化硅侧墙 111 能避免发射区 110 硅化物和外基区上硅化物的短路。在所述发射区 110 和所述外基区上生长硅化物,能降低寄生电阻。如图 14 所示,在所述埋层 103 顶部的场氧区 102 中形成深孔接触 112 引出所述集电区 104 电极。所述深孔接触 112 是通过在所述埋层 103 顶部的场氧区 102 中开一深孔并在所述深孔中淀积钛/氮化钛阻挡金属层后、再填入钨形成

的。还包括形成所述外基区、发射区 110 的接触孔的工艺,以及其它厚道工艺。

[0037] 以上通过具体实施例对本发明进行了详细的说明,但这些并非构成对本发明的限制。在不脱离本发明原理的情况下,本领域的技术人员还可做出许多变形和改进,这些也应视为本发明的保护范围。

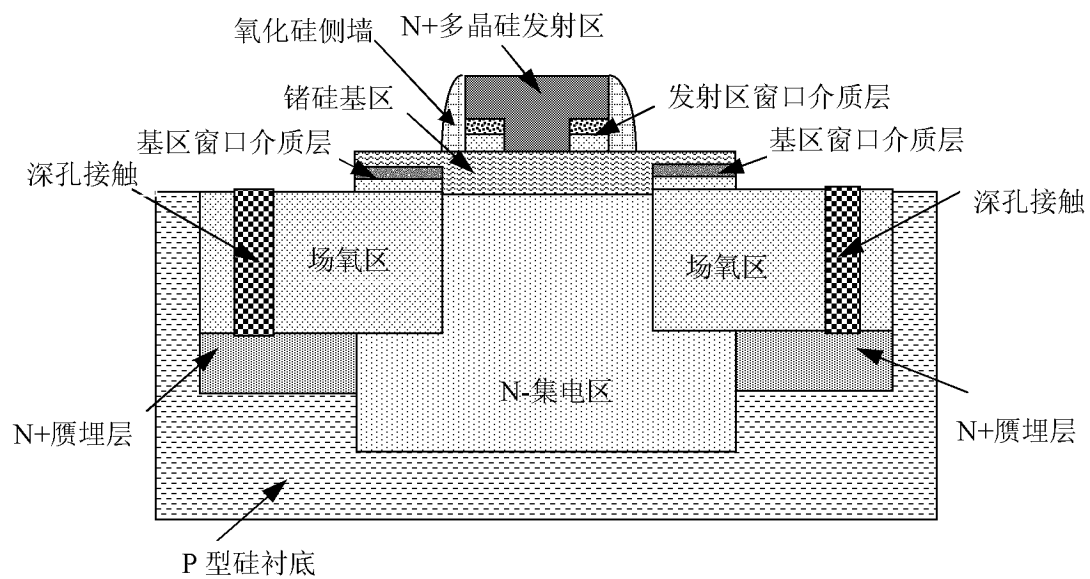


图 1

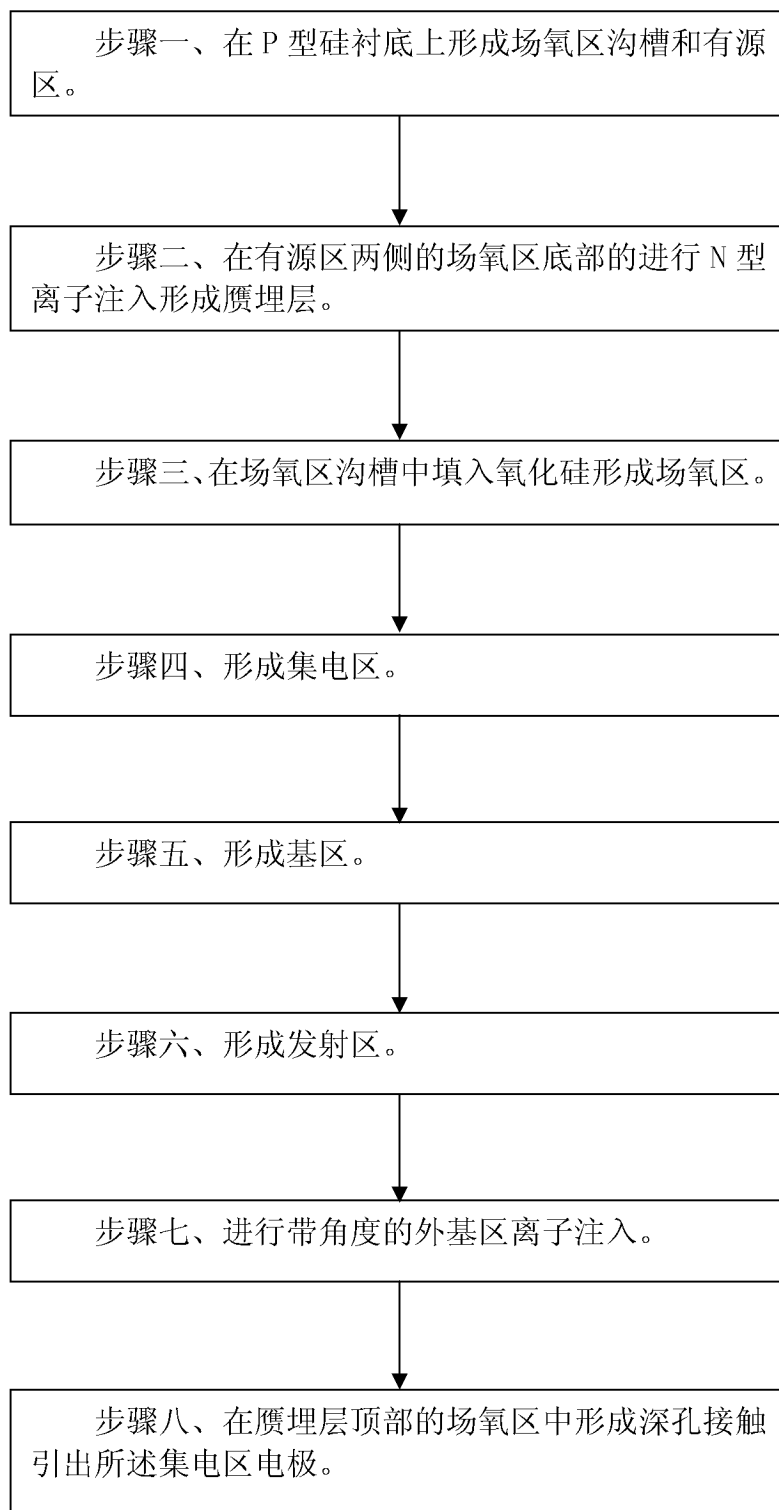


图 2

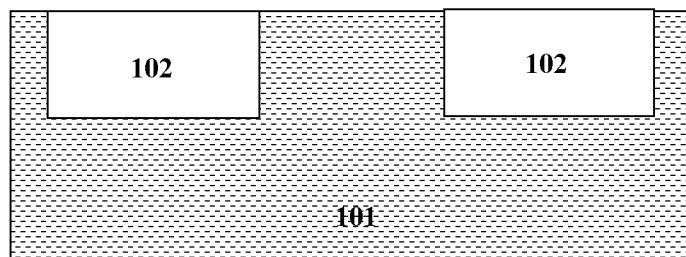


图 3

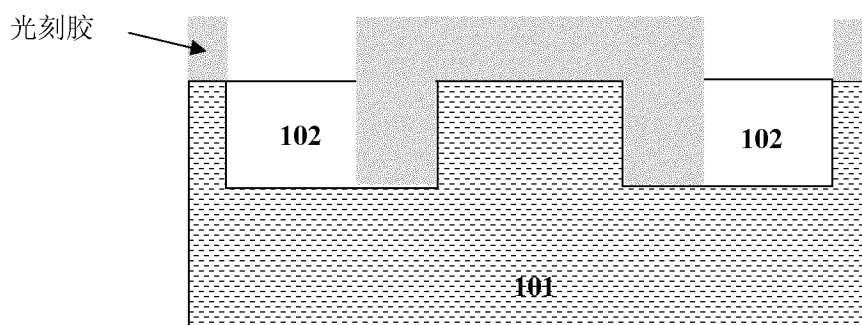


图 4

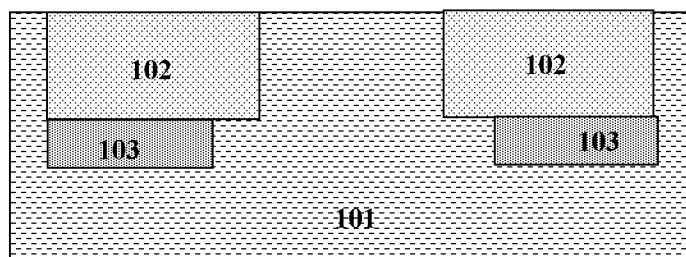


图 5

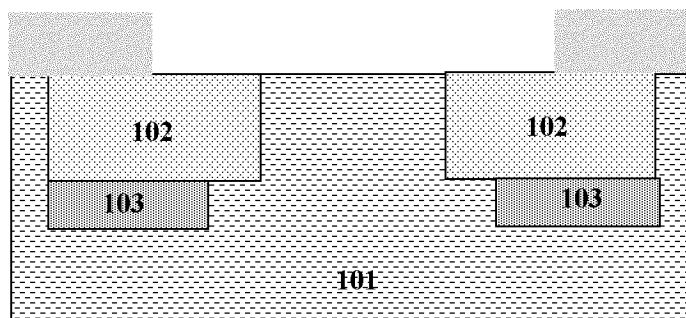


图 6

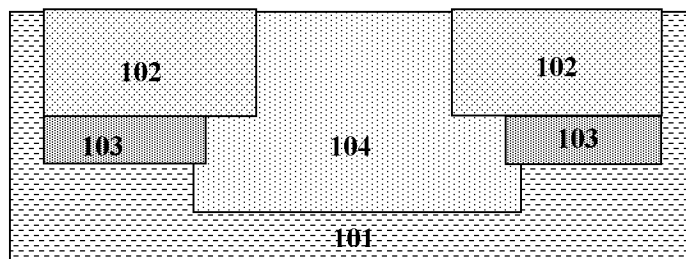


图 7

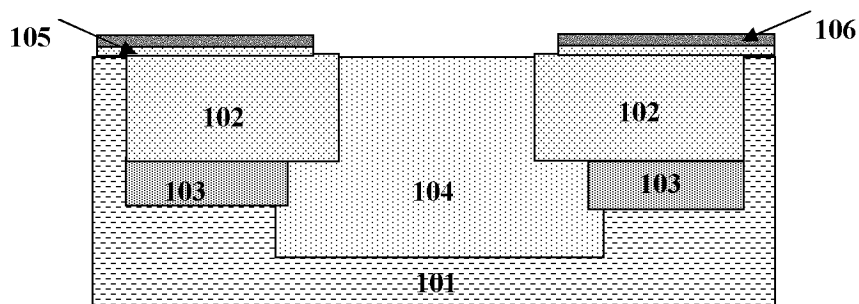


图 8

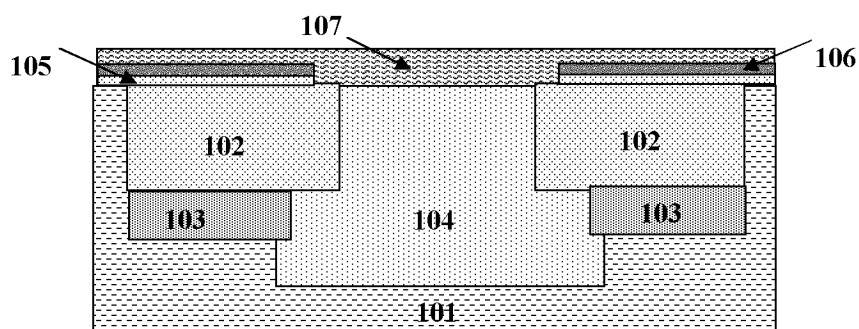


图 9

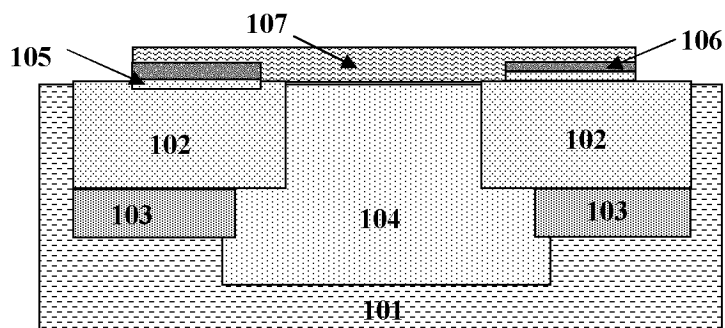


图 10

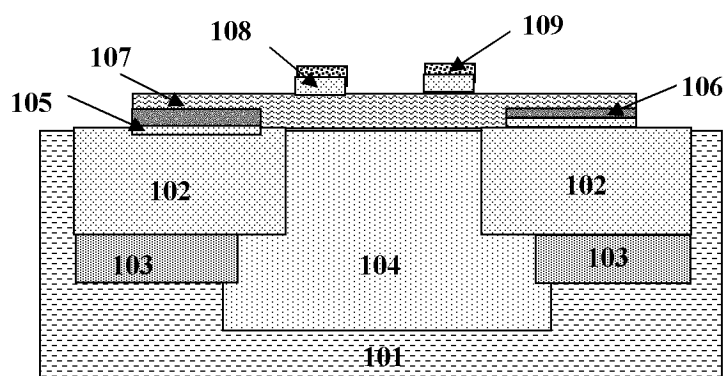


图 11

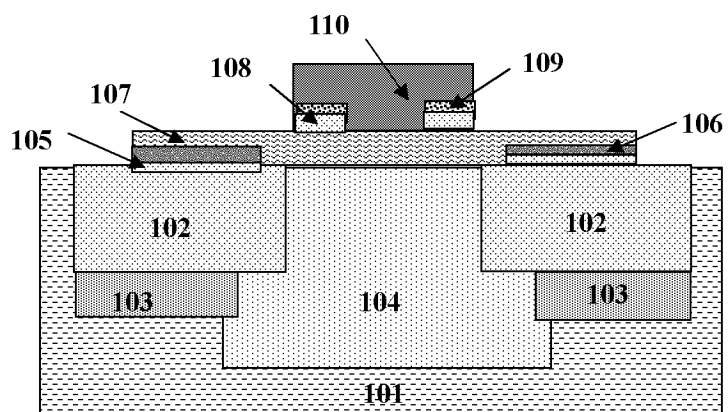


图 12

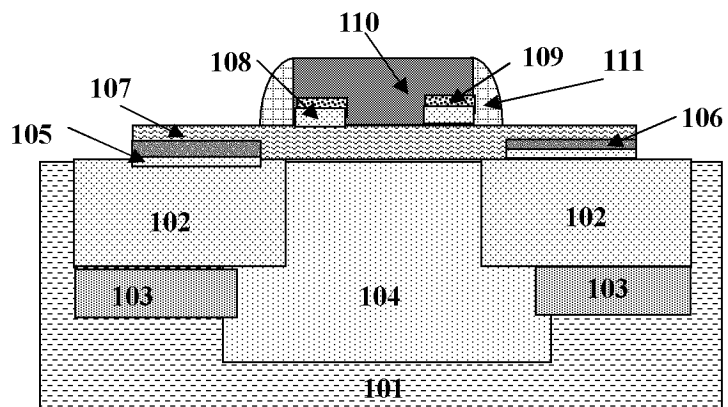


图 13

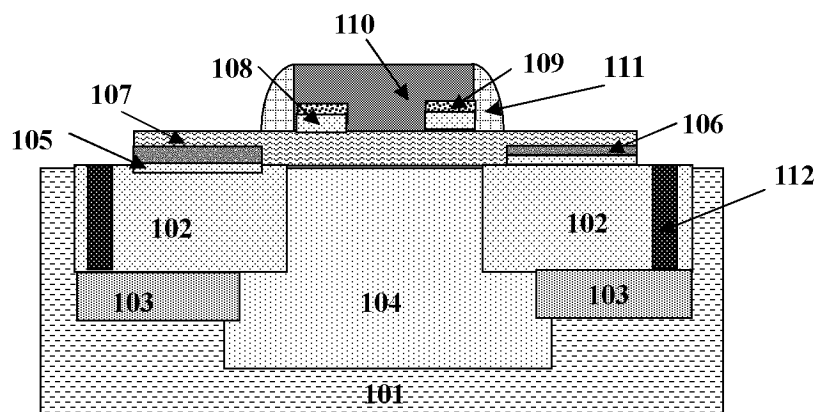


图 14