



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107819036 B

(45)授权公告日 2019.11.22

(21)申请号 201711046023.6

H01L 29/423(2006.01)

(22)申请日 2017.10.31

H01L 21/336(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 张雄娥

申请公布号 CN 107819036 A

(43)申请公布日 2018.03.20

(73)专利权人 沈阳工业大学

地址 110870 辽宁省沈阳市经济技术开发
区沈辽西路111号

(72)发明人 刘溪 夏正亮 靳晓诗

(74)专利代理机构 沈阳智龙专利事务所(普通
合伙) 21115

代理人 宋铁军

(51)Int.Cl.

H01L 29/78(2006.01)

H01L 29/417(2006.01)

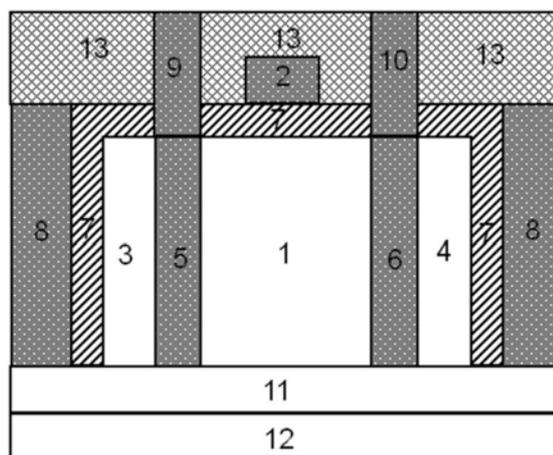
权利要求书2页 说明书7页 附图12页

(54)发明名称

源漏对称可互换双括号形栅控隧穿晶体管
及其制造方法

(57)摘要

本发明涉及源漏对称可互换双括号形栅控隧穿晶体管及其制造方法,本发明所述器件具有折叠辅助栅、双括号栅和左右两侧对称的结构特征,具有较强的栅极控制能力并且可以通过调节源漏可互换电极的电压控制重掺杂源漏可互换区作为源区或漏区,改变隧穿电流方向。本发明具有可实现双向开关功能、低静态功耗和反向泄漏电流、较强的栅极控制能力、低亚阈值摆幅的优点。对比于普通MOSFETs型器件,利用隧穿效应实现更优秀的开关特性;对比于普通的隧穿场效应晶体管,本发明具有普通的隧穿场效应晶体管所不具备的源漏对称可互换的双向开关特性,因此适合推广应用。



1. 源漏对称可互换双括号形栅控隧穿晶体管, 包含SOI晶圆的硅衬底(12), 其特征在于: SOI晶圆的硅衬底(12)上方为SOI晶圆的衬底绝缘层(11), SOI晶圆的衬底绝缘层(11)的上方为单晶硅薄膜(1)、折叠辅助栅(2)的部分区域、源漏可互换本征区a(3)、源漏可互换本征区b(4)、重掺杂源漏可互换区a(5)、重掺杂源漏可互换区b(6)、栅电极绝缘层(7)的部分区域、双括号形栅电极(8)和绝缘介质阻挡层(13)的部分区域; 单晶硅薄膜(1)的左右两端分别构成源漏可互换本征区a(3)和源漏可互换本征区b(4); 重掺杂源漏可互换区a(5)和重掺杂源漏可互换区b(6)分别内置于单晶硅薄膜(1)的左右两侧, 源漏可互换本征区a(3)对重掺杂源漏可互换区a(5)形成三面包裹, 源漏可互换本征区b(4)对重掺杂源漏可互换区b(6)形成三面包裹;

重掺杂源漏可互换区a(5)和重掺杂源漏可互换区b(6)的底部表面与SOI晶圆的衬底绝缘层(11)的上表面相互接触; 栅电极绝缘层(7)为绝缘体材料, 对单晶硅薄膜(1)的除与SOI晶圆的衬底绝缘层(11)接触的下表面以外的表面区域形成包裹, 将单晶硅薄膜(1)、源漏可互换本征区a(3)、源漏可互换本征区b(4)、重掺杂源漏可互换区a(5)和重掺杂源漏可互换区b(6)所构成的方体的前后左右外侧表面与方体的除了重掺杂源漏可互换区a(5)和重掺杂源漏可互换区b(6)的上表面以外的上表面完全覆盖; 栅电极绝缘层(7)的外侧表面侧壁与折叠辅助栅(2)、双括号形栅电极(8)以及绝缘介质阻挡层(13)的部分区域相互接触; 折叠辅助栅(2)由金属材料或多晶硅材料构成, 呈“凹”形倒架在栅电极绝缘层(7)上方, 与栅电极绝缘层(7)中间区域部分的前后两侧外表面以及上表面相互接触; 双括号形栅电极(8)由金属材料或多晶硅材料构成, 位于栅电极绝缘层(7)的左右两侧, 且与栅电极绝缘层(7)左右两侧的上下表面和左右外侧表面相互接触, 俯视观看呈一对双括号形状, 双括号形栅电极(8)每一侧所对应的括号形栅电极部分对该侧栅电极绝缘层(7)及内部相对应的源漏可互换本征区a(3)或源漏可互换本征区b(4)形成三面围绕, 通过控制双括号形栅电极(8)所加电势的场效应来控制源漏可互换本征区a(3)和源漏可互换本征区b(4)内部的载流子分布; 栅电极绝缘层(7)在双括号形栅电极(8)和单晶硅薄膜(1)之间形成绝缘阻挡, 栅电极绝缘层(7)在折叠辅助栅(2)和单晶硅薄膜(1)之间也形成绝缘阻挡; 双括号形栅电极(8)和折叠辅助栅(2)之间通过绝缘介质阻挡层(13)彼此绝缘; 双括号形栅电极(8)仅对位于单晶硅薄膜(1)两侧的源漏可互换本征区a(3)和源漏可互换本征区b(4)有明显场效应控制作用, 而对单晶硅薄膜(1)的中央区域无明显控制作用; 折叠辅助栅(2)仅对单晶硅薄膜(1)中央区域有明显控制作用, 而对位于单晶硅薄膜(1)两侧的源漏可互换本征区a(3)和源漏可互换本征区b(4)没有明显控制作用; 栅电极绝缘层(7)的上方除被折叠辅助栅(2)覆盖的上表面区域以外的上表面被绝缘介质阻挡层(13)所覆盖; 源漏可互换电极a(9)和源漏可互换电极b(10)为金属材料构成, 分别位于重掺杂源漏可互换区a(5)和重掺杂源漏可互换区b(6)的上方, 并彼此相互接触; 源漏可互换电极a(9)和源漏可互换电极b(10)的上方部分和下方部分的外侧表面分别与栅绝缘介质阻挡层(13)和栅电极绝缘层(7)相互接触; 折叠辅助栅(2)左右两侧部分呈对称结构, 能够在源漏可互换电极a(9)和源漏可互换电极b(10)对称互换的情况下实现同样的输出特性。

2. 如权利要求1所述源漏对称可互换双括号形栅控隧穿晶体管的制造方法, 其特征在于:

其制造步骤如下:

步骤一:提供一个SOI晶圆,最下方为SOI晶圆的硅衬底(12),硅衬底的上面是SOI晶圆的衬底绝缘层(11),SOI晶圆的衬底绝缘层(11)的上表面为单晶硅薄膜(1),通过光刻、刻蚀工艺除去SOI晶圆上方的单晶硅薄膜(1)四周的外侧的部分区域;

步骤二:通过离子注入或扩散工艺,对步骤一中所形成的单晶硅薄膜(1)的左右两侧的中间区域对称位置进行高度掺杂,分别形成重掺杂源漏可互换区a(5)和重掺杂源漏可互换区b(6);

步骤三:通过氧化或淀积工艺,紧贴掺杂后的单晶硅薄膜(1)的上表面和外侧表面,形成绝缘介质层后平坦化处理,初步形成栅电极绝缘层(7);

步骤四:通过淀积工艺,在栅电极绝缘层(7)的上方淀积绝缘介质,平坦化至露出栅电极绝缘层(7)后,再通过刻蚀工艺刻蚀掉部分绝缘介质,初步形成部分绝缘介质阻挡层(13);

步骤五:通过淀积工艺,在晶圆上方电极金属或多晶硅,平坦化表面至露出栅电极绝缘层(7),在栅电极绝缘层(7)的前后两侧中间区域和两侧区域形成金属或多晶硅层,形成双括号形栅电极(8),并初步形成折叠辅助栅(2);

步骤六:在晶圆上方淀积绝缘介质,并通过刻蚀区域刻蚀掉中间部分,再通过淀积工艺淀积金属或多晶硅,与步骤五中所初步形成的折叠辅助栅(2)相连接,平坦化表面后进一步形成折叠辅助栅(2)和绝缘介质阻挡层(13);

步骤七:通过淀积工艺,在晶圆上方淀积绝缘介质,平坦化表面后再通过光刻、刻蚀工艺除去重掺杂源漏可互换区a(5)和重掺杂源漏可互换区b(6)上方的栅电极绝缘层(7)和绝缘介质阻挡层(13)至露出重掺杂源漏可互换区a(5)和重掺杂源漏可互换区b(6)的上表面,形成通孔,再通过淀积金属在通孔中形成源漏可互换电极a(9)和源漏可互换电极b(10),再通过平坦化处理进一步形成绝缘介质阻挡层(13)。

源漏对称可互换双括号形栅控隧穿晶体管及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及超大规模集成电路制造领域,具体涉及一种适用于低功耗集成电路制造的源漏对称可互换双括号形栅控隧穿晶体管及其制造方法。

背景技术

[0002] 集成电路的基本单元MOSFETs根据摩尔定律的要求,尺寸会变得越来越小,随之而来的不仅仅是在制造工艺上的难度加深,各种不良效应也越发的凸显。如今集成电路设计所采用的MOSFETs型器件由于其工作时自身产生电流的物理机制的限制,其亚阈值摆幅不能低于60mV/dec。而普通隧穿场效应晶体管作为开关型器件使用时,利用载流子在半导体能带之间发生隧穿效应作为电流的导通机制,其亚阈值摆幅要明显优于MOSFETs型器件的60mv/dec极限。然而,普通隧穿场效应晶体管源区和漏区采用不同导电类型的杂质,这种非对称结构特征导致其无法在功能上完全取代具有对称结构特征的MOSFETs型器件。以N型隧穿场效应晶体管为例,如果将其源极和漏极互换,即漏极为低电位,源极为高电位,则隧穿场效应晶体管将始终处于导通状态,导通电流的大小不再能够依靠栅电极而得到良好控制和调节,这使得整个隧穿场效应晶体管的开关特性失效。

发明内容

[0003] 发明目的

[0004] 为了有效结合和利用MOSFETs型器件源极、漏极可互换和普通隧穿场效应晶体管低亚阈值摆幅摆幅的优点,解决MOSFETs型器件亚阈值摆幅无法降低和普通隧穿场效应晶体管只能作为单向开关的不足,本发明提出一种源漏对称可互换双括号形栅控隧穿晶体管结构及其制造方法。该晶体管具有逻辑功能与当前基于MOSFETs集成电路完全兼容的优势特点,源漏两端结构的对称性使其可以通过对源极和漏极的电压互换实现源漏双向对称开关的功能,即具有源漏电极可互换的双向开关特性、此外还具有正反向电流比高、低亚阈值摆幅、高正向导通电流等工作特性。

[0005] 技术方案

[0006] 本发明是通过以下技术方案来实现的:

[0007] 源漏对称可互换双括号形栅控隧穿晶体管,包含SOI晶圆的硅衬底,其特征在于:SOI晶圆的硅衬底上方为SOI晶圆的衬底绝缘层,SOI晶圆的衬底绝缘层的上方为单晶硅薄膜、折叠辅助栅的部分区域、源漏可互换本征区a、源漏可互换本征区b、重掺杂源漏可互换区a、重掺杂源漏可互换区b、栅电极绝缘层的部分区域、双括号形栅电极和绝缘介质阻挡层的部分区域;单晶硅薄膜的左右两端分别构成源漏可互换本征区a和源漏可互换本征区b;重掺杂源漏可互换区a和重掺杂源漏可互换区b分别内置于单晶硅薄膜的左右两侧,源漏可互换本征区a对重掺杂源漏可互换区a形成三面包裹,源漏可互换本征区b对重掺杂源漏可互换区b形成三面包裹;

[0008] 重掺杂源漏可互换区a和重掺杂源漏可互换区b的底部表面与SOI晶圆的的衬底绝

缘层的上表面相互接触；栅电极绝缘层为绝缘体材料，对单晶硅薄膜的除与SOI晶圆的衬底绝缘层接触的下表面以外的表面区域形成包裹，将单晶硅薄膜、源漏可互换本征区a、源漏可互换本征区b、重掺杂源漏可互换区a和重掺杂源漏可互换区b所构成的方体的前后左右外侧表面与方体的除了重掺杂源漏可互换区a和重掺杂源漏可互换区b的上表面以外的上表面完全覆盖；栅电极绝缘层的外侧表面侧壁与折叠辅助栅、双括号形栅电极以及绝缘介质阻挡层的部分区域相互接触；折叠辅助栅由金属材料或多晶硅材料构成，呈“凹”形倒架在栅电极绝缘层上方，与栅电极绝缘层中间区域部分的前后两侧外表面以及上表面相互接触；双括号形栅电极由金属材料或多晶硅材料构成，位于栅电极绝缘层的左右两侧，且与栅电极绝缘层左右两侧的上下表面和左右外侧表面相互接触，俯视图呈一对双括号形状，双括号形栅电极每一侧所对应的括号形栅电极部分对该侧栅电极绝缘层及内部相对应的源漏可互换本征区a或源漏可互换本征区b形成三面围绕，通过控制双括号形栅电极所加电势的场效应来控制源漏可互换本征区a和源漏可互换本征区b内部的载流子分布；栅电极绝缘层在双括号形栅电极和单晶硅薄膜之间形成绝缘阻挡，栅电极绝缘层在折叠辅助栅和单晶硅薄膜之间也形成绝缘阻挡；双括号形栅电极和折叠辅助栅之间通过绝缘介质阻挡层彼此绝缘；双括号形栅电极仅对位于单晶硅薄膜两侧的源漏可互换本征区a和源漏可互换本征区b有明显场效应控制作用，而对单晶硅薄膜的中央区域无明显控制作用；折叠辅助栅仅对单晶硅薄膜中央区域有明显控制作用，而对位于单晶硅薄膜两侧的源漏可互换本征区a和源漏可互换本征区b没有明显控制作用；栅电极绝缘层的上方除被折叠辅助栅覆盖的上表面区域以外的上表面被绝缘介质阻挡层所覆盖；源漏可互换电极a和源漏可互换电极b为金属材料构成，分别位于重掺杂源漏可互换区a和重掺杂源漏可互换区b的上方，并彼此相互接触；源漏可互换电极a和源漏可互换电极b的上方部分和下方部分的外侧表面分别与栅电极绝缘层和栅电极绝缘层相互接触；折叠辅助栅左右两侧部分呈对称结构，能够在源漏可互换电极a和源漏可互换电极b对称互换的情况下实现同样的输出特性。

[0009] 源漏对称可互换双括号形栅控隧穿晶体管的制造方法，其特征在于：

[0010] 其制造步骤如下：

[0011] 步骤一：提供一个SOI晶圆，最下方为SOI晶圆的硅衬底，硅衬底的上面是SOI晶圆的衬底绝缘层，SOI晶圆的衬底绝缘层的上表面为单晶硅薄膜，通过光刻、刻蚀工艺除去SOI晶圆上方的单晶硅薄膜四周的外侧的部分区域；

[0012] 步骤二：通过离子注入或扩散工艺，对步骤一中所形成的单晶硅薄膜的左右两侧的中间区域对称位置进行高度掺杂，分别形成重掺杂源漏可互换区a和重掺杂源漏可互换区b；

[0013] 步骤三：通过氧化或淀积工艺，紧贴掺杂后的单晶硅薄膜的上表面和外侧表面，形成绝缘介质层后平坦化处理，初步形成栅电极绝缘层；

[0014] 步骤四：通过淀积工艺，在栅电极绝缘层的上方淀积绝缘介质，平坦化至露出栅电极绝缘层后，再通过刻蚀工艺刻蚀掉部分绝缘介质，初步形成部分绝缘介质阻挡层；

[0015] 步骤五：通过淀积工艺，在晶圆上方电极金属或多晶硅，平坦化表面至露出栅电极绝缘层，在栅电极绝缘层的前后两侧中间区域和两侧区域形成金属或多晶硅层，形成双括号形栅电极，并初步形成折叠辅助栅；

[0016] 步骤六：在晶圆上方淀积绝缘介质，并通过刻蚀区域刻蚀掉中间部分，再通过淀积

工艺淀积金属或多晶硅,与步骤五中所初步形成的折叠辅助栅相连接,平坦化表面后进一步形成折叠辅助栅和绝缘介质阻挡层;

[0017] 步骤七:通过淀积工艺,在晶圆上方淀积绝缘介质,平坦化表面后再通过光刻、刻蚀工艺除去重掺杂源漏可互换区a和重掺杂源漏可互换区b上方的栅电极绝缘层和绝缘介质阻挡层至露出重掺杂源漏可互换区a和重掺杂源漏可互换区b的上表面,形成通孔,再通过淀积金属在通孔中形成源漏可互换电极a和源漏可互换电极b,再通过平坦化处理进一步形成绝缘介质阻挡层。

[0018] 优点及效果

[0019] 本发明具有如下优点及有益效果:

[0020] 1.源漏对称可互换的双向开关特性:

[0021] 本发明所述器件为源漏对称可互换双括号形栅控隧穿晶体管,单晶硅薄膜1的左右两端靠近栅电极绝缘层7的部分分别具有彼此独立的隧穿结构,由于器件具有左右对称结构,在双括号形栅电极8的控制作用下,单晶硅薄膜1左右两端在与栅电极绝缘层7接触的表面附近同时发生隧穿,结合折叠辅助栅2对单晶硅薄膜1中央部分电势的调节作用,使器件形成正向导通和反向阻挡,通过调节源漏可互换电极a 9和源漏可互换电极b 10的电压控制重掺杂源漏可互换区a 5和重掺杂源漏可互换区b 6作为源区或漏区,因此可改变隧穿电流方向,实现本发明的源漏对称可互换的双向开关特性。

[0022] 2.低亚阈值摆幅:

[0023] 由于本发明是基于隧穿场效应晶体管的隧穿机制,并采用对称双括号栅结构,由于位于源、漏一侧括号栅电极在三个方向上分别对源漏可互换本征区a 3和源漏可互换本征区b 4形成三面包裹,具有优秀的栅电极控制能力,在栅电极8的控制作用下,使得能带在相同的栅电压下更容易发生弯曲,获取更大的电场强度,使得隧穿效率增大,相较于MOSFETs型器件和普通的隧穿场效应晶体管,可获得更低的亚阈值摆幅。

[0024] 3.低静态功耗、低反向泄漏电流和高正反向电流比:

[0025] 以n型为例,重掺杂源漏可互换区a 5和重掺杂源漏可互换区b 6此时为P型掺杂,当重掺杂源漏可互换区a 5、重掺杂源漏可互换区b 6之间存在电势差时,且当双括号栅电极8处于亚阈值或反偏状态,由于折叠辅助栅2一直工作在正偏状态,位于单晶硅薄膜1两侧的源漏可互换本征区a 3和源漏可互换本征区b 4的电势低于单晶硅薄膜1中央部分受折叠辅助栅2控制部分的电势,受双括号栅电极8的场效应的控制的在源漏可互换本征区a 3和源漏可互换本征区b 4所堆积的空穴和重掺杂源漏可互换区a 5和重掺杂源漏可互换区b 6内的空穴都无法通过受折叠辅助栅2控制的在单晶硅薄膜1中央部分所形成势垒,与普通MOSFETs或隧道场效应晶体管结构相比,既不存在漏电极和栅电极之间的较强场强区域(即形不成大量由隧道效应所形成的电子空穴对),且由于折叠辅助栅2的辅助控制作用,在单晶硅薄膜1中央部分所形成的势垒可有效阻挡在重掺杂源漏可互换区a 5和重掺杂源漏可互换区b 6之间、在源漏可互换本征区a 3和源漏可互换本征区b 4之间的空穴电流的形成。因此本发明具有低静态功耗、低反向泄漏电流和高正反向电流比的优点。

附图说明

[0026] 图1为本发明源漏对称可互换双括号形栅控隧穿晶体管的俯视图;

- [0027] 图2为本发明源漏对称可互换双括号形栅控隧穿晶体管的沿虚线A的剖面图；
- [0028] 图3为本发明源漏对称可互换双括号形栅控隧穿晶体管的沿虚线B的剖面图；
- [0029] 图4为本发明源漏对称可互换双括号形栅控隧穿晶体管的沿虚线C的剖面图；
- [0030] 图5为步骤一的俯视图；
- [0031] 图6为步骤一的沿虚线A的剖面图；
- [0032] 图7为步骤一的沿虚线B的剖面图；
- [0033] 图8为步骤二的俯视图；
- [0034] 图9为步骤二的沿虚线A的剖面图；
- [0035] 图10为步骤二的沿虚线B的剖面图；
- [0036] 图11为步骤三的俯视图；
- [0037] 图12为步骤三的沿虚线A的剖面图；
- [0038] 图13为步骤三的沿虚线B的剖面图；
- [0039] 图14为步骤四的俯视图；
- [0040] 图15为步骤四的沿虚线A的剖面图；
- [0041] 图16为步骤四的沿虚线B的剖面图；
- [0042] 图17为步骤五的俯视图；
- [0043] 图18为步骤五的沿虚线A的剖面图；
- [0044] 图19为步骤五的沿虚线B的剖面图；
- [0045] 图20为步骤五的沿虚线C的剖面图；
- [0046] 图21为步骤六的俯视图；
- [0047] 图22为步骤六的沿虚线A的剖面图；
- [0048] 图23为步骤六的沿虚线B的剖面图；
- [0049] 图24为步骤六的沿虚线C的剖面图；
- [0050] 图25为步骤七的俯视图；
- [0051] 图26为步骤七的沿虚线A的剖面图；
- [0052] 图27为步骤七的沿虚线B的剖面图；
- [0053] 图28为步骤七的沿虚线C的剖面图。
- [0054] 附图标记说明：
- [0055] 1、单晶硅薄膜；2、折叠辅助栅；3、源漏可互换本征区a；4、源漏可互换本征区b；5重掺杂源漏可互换区a；6、重掺杂源漏可互换区b；7、栅电极绝缘层；8、双括号栅电极；9、源漏可互换电极a；10、源漏可互换电极b；11、衬底绝缘层；12、硅衬底；13、绝缘介质阻挡层。

具体实施方式

[0056] 下面结合附图对本发明做进一步的说明：

[0057] 如图1、图2、图3和图4所示，源漏对称可互换双括号形栅控隧穿晶体管，包含SOI晶圆的硅衬底12，SOI晶圆的硅衬底12上方为SOI晶圆的衬底绝缘层11，SOI晶圆的衬底绝缘层11的上方为单晶硅薄膜1、折叠辅助栅2的部分区域、源漏可互换本征区a 3、源漏可互换本征区b 4、重掺杂源漏可互换区a 5、重掺杂源漏可互换区b 6、栅电极绝缘层7的部分区域、双括号形栅电极8和绝缘介质阻挡层13的部分区域；单晶硅薄膜1的左右两端分别构成源漏

可互换本征区a 3和源漏可互换本征区b 4;重掺杂源漏可互换区a 5和重掺杂源漏可互换区b 6分别内置于单晶硅薄膜1的左右两侧,源漏可互换本征区a 3对重掺杂源漏可互换区a 5形成三面包裹,源漏可互换本征区b 4对重掺杂源漏可互换区b 6形成三面包裹;

[0058] 重掺杂源漏可互换区a 5和重掺杂源漏可互换区b 6的底部表面与SOI晶圆的衬底绝缘层11的上表面相互接触;栅电极绝缘层7为绝缘体材料,对单晶硅薄膜1的除与SOI晶圆的衬底绝缘层11接触的下表面以外的表面区域形成包裹,将单晶硅薄膜1、源漏可互换本征区a 3、源漏可互换本征区b 4、重掺杂源漏可互换区a 5和重掺杂源漏可互换区b 6所构成的方体的前后左右外侧表面与方体的除了重掺杂源漏可互换区a 5和重掺杂源漏可互换区b 6的上表面以外的上表面完全覆盖;栅电极绝缘层7的外侧表面侧壁与折叠辅助栅2、双括号形栅电极8以及绝缘介质阻挡层13的部分区域相互接触;折叠辅助栅2由金属材料或多晶硅材料构成,呈“凹”形倒架在栅电极绝缘层7上方,与栅电极绝缘层7中间区域部分的前后两侧外表面以及上表面相互接触;双括号形栅电极8由金属材料或多晶硅材料构成,位于栅电极绝缘层7的左右两侧,且与栅电极绝缘层7左右两侧的上下表面和左右外侧表面相互接触,俯视观看呈一对双括号形状,双括号形栅电极8每一侧所对应的括号形栅电极部分对该侧栅电极绝缘层7及内部相对应的源漏可互换本征区a 3或源漏可互换本征区b 4形成三面围绕,通过控制双括号形栅电极8所加电势的场效应来控制源漏可互换本征区a 3和源漏可互换本征区b 4内部的载流子分布;栅电极绝缘层7在双括号形栅电极8和单晶硅薄膜1之间形成绝缘阻挡,栅电极绝缘层7在折叠辅助栅2和单晶硅薄膜1之间也形成绝缘阻挡;双括号形栅电极8和折叠辅助栅2之间通过绝缘介质阻挡层13彼此绝缘;双括号形栅电极8仅对位于单晶硅薄膜1两侧的源漏可互换本征区a 3和源漏可互换本征区b 4有明显场效应控制作用,而对单晶硅薄膜1的中央区域无明显控制作用;折叠辅助栅2仅对单晶硅薄膜1中央区域有明显控制作用,而对位于单晶硅薄膜1两侧的源漏可互换本征区a 3和源漏可互换本征区b 4没有明显控制作用;栅电极绝缘层7的上方除被折叠辅助栅2覆盖的上表面区域以外的上表面被绝缘介质阻挡层13所覆盖;源漏可互换电极a 9和源漏可互换电极b 10为金属材料构成,分别位于重掺杂源漏可互换区a 5和重掺杂源漏可互换区b 6的上方,并彼此相互接触;源漏可互换电极a 9和源漏可互换电极b 10的上方部分和下方部分的外侧表面分别与栅绝缘介质阻挡层13和栅电极绝缘层7相互接触;折叠辅助栅2左右两侧部分呈对称结构,能够在源漏可互换电极a 9和源漏可互换电极b 10对称互换的情况下实现同样的输出特性。

[0059] 本发明提供一种源漏对称可互换双括号形栅控隧穿晶体管,具有左右对称的结构特征,通过调节源漏可互换电极a 9和源漏可互换电极b 10的电压控制重掺杂源漏可互换区a 5和重掺杂源漏可互换区b 6作为源区或漏区,改变隧穿电流方向,使器件实现双向隧穿导通的源漏对称可互换特性。

[0060] 以重掺杂源漏可互换区a 5和重掺杂源漏可互换区b 6为P型杂质为例,当重掺杂源漏可互换区a 5、重掺杂源漏可互换区b 6之间存在电势差时,且当双括号栅电极8处于负压反偏状态,受双括号栅电极场效应作用影响,重掺杂源漏可互换区a 5会向源漏可互换本征区a 3提供空穴、重掺杂源漏可互换区b 6会向源漏可互换本征区b 4提供空穴,因此会在源漏可互换本征区a 3和源漏可互换本征区b 4均产生空穴堆积,使得源漏可互换本征区a 3和源漏可互换本征区b 4此时均显现P型状态,所堆积的空穴使得源漏可互换本征区a 3和

源漏可互换本征区b 4在双括号栅电极8的作用下阻值下降(即源区、漏区均处于低阻状态),但由于折叠辅助栅2始终施加正向电压,对两侧的源漏可互换本征区a 3和源漏可互换本征区b 4内的空穴形成势垒,且对两侧的重掺杂源漏可互换区a 5、重掺杂源漏可互换区b 6内的空穴亦形成势垒,且受折叠辅助栅2所施加正向电压场效应的影响,受控于折叠辅助栅2的单晶硅薄膜1的中央部分会呈现N型半导体状态,使得显现P型特征的源漏可互换本征区a 3与此时为N型的单晶硅薄膜1的中央部分在漏源电压作用下形成反偏的PN结结构,因此当双括号栅电极8处于负压反偏状态,由于在晶体管内部存在着上述反偏的PN结结构,晶体管整体呈现高阻阻断状态;随着双括号栅电极8被施加的电压从负电压逐渐上升至平带电压附近,重掺杂源漏可互换区a 5不会向源漏可互换本征区a 3提供大量空穴、重掺杂源漏可互换区b 6不会向源漏可互换本征区b 4提供大量空穴,同时由于此时源漏可互换本征区a 3和源漏可互换本征区b 4内场强较低,能带弯曲程度较小,因此也不会源漏可互换本征区a 3和源漏可互换本征区b 4的导带和价带之间产生大量隧穿电子空穴对,因此在源漏可互换本征区a 3和源漏可互换本征区b 4内既形不成大量空穴堆积,也形不成大量电子堆积,晶体管的源漏可互换本征区a 3和源漏可互换本征区b 4均处于高阻状态(即源区和漏区处于高阻状态),因此整个晶体管不会有明显电流流过,器件此时具有优秀的关断特性和亚阈值特性;随着双括号栅电极8被施加的电压进一步由平带电压上升至正向偏置状态,此时源漏可互换本征区a 3和源漏可互换本征区b 4内受双括号栅电极8场效应作用影响,会出现较大电场强度和较强能带弯曲,因此会发生明显的隧道效应,使得源漏可互换本征区a 3和源漏可互换本征区b 4内形成大量电子空穴对,其中作为源区一端的源漏可互换本征区所产生的空穴会经由该端的重掺杂源漏可互换区排出,所产生的电子会经由受折叠辅助栅2控制的单晶硅薄膜1的中央部分所形成的N型区域,流向作为漏区一端的源漏可互换本征区,与作为漏区一端的源漏可互换本征区内由隧道效应所产生的价带空穴发生复合。而作为漏区一端的源漏可互换本征区内由隧道效应所产生的导带电子会经由作为漏区的重掺杂源漏可互换区,与其价带空穴发生复合,通过上述物理过程形成连续的导通电流。由于隧道效应所产生的电子空穴对浓度会随着双括号栅电极8所被施加电压的上升而逐步上升,当隧道效应所产生的电子空穴对浓度增加到一定程度时,晶体管由亚阈值状态过渡至正向导通状态。

[0061] 由于器件在源漏方向上具有左右对称的结构特征,因此不同于普通的隧穿场效应晶体管,本发明所提出的一种源漏阻控式导通类型可变更的双向隧穿场效应晶体管,其源区和漏区可以实现互换功能。

[0062] 为达到本发明所述的器件功能,本发明提出源漏对称可互换双括号形栅控隧穿晶体管,其核心结构特征为:

[0063] 本发明所述器件为一种源漏对称可互换双括号形栅控隧穿晶体管,具有双括号栅极的结构,当双括号栅电极8处于正偏状态时,对比于平面结构,位于栅电极拐角区域附近的电场强度会得到加强,导致产生载流子的概率在同等栅电压下增大,使得亚阈值摆幅有所下降、正向导通电流有所增大;本发明所述器件为一种源漏对称可互换双括号形栅控隧穿晶体管,两侧呈对称结构。由折叠辅助栅2控制单晶硅薄膜1的中央部分,通过将其设置在特定的固定电压值,对重掺杂源漏可互换区的多数载流子形成势垒,抑制反偏及亚阈值状态下的泄漏电流的大小。折叠辅助栅2所控制的单晶硅薄膜1的中央部分与重掺杂源漏可互

换区a 5、重掺杂源漏可互换区b 6具有相反杂质类型。由于本发明所述器件所具有的对称结构,通过控制可互换源漏电极19和可互换源漏电极210控制重掺杂源漏可互换区a 5和重掺杂源漏可互换区b 6作为源区或漏区,实现器件源漏可互换的双向开关特性。

[0064] 本发明所提出的源漏对称可互换双括号形栅控隧穿晶体管的单元在SOI晶圆上的具体制造工艺步骤如下:

[0065] 步骤一:如图5、图6和图7所示,提供一个SOI晶圆,最下方为SOI晶圆的硅衬底12,硅衬底的上面是SOI晶圆的衬底绝缘层11,SOI晶圆的衬底绝缘层11的上表面为单晶硅薄膜1,通过光刻、刻蚀工艺除去SOI晶圆上方的单晶硅薄膜1四周的外侧的部分区域;

[0066] 步骤二:如图8、图9和图10所示,通过离子注入或扩散工艺,对步骤一中所形成的单晶硅薄膜1的左右两侧的中间区域对称位置进行高度掺杂,分别形成重掺杂源漏可互换区a 5和重掺杂源漏可互换区b 6;

[0067] 步骤三:如图11、图12和图13所示,通过氧化或淀积工艺,紧贴掺杂后的单晶硅薄膜1的上表面和外侧表面,形成绝缘介质层后平坦化处理,初步形成栅电极绝缘层7;

[0068] 步骤四:如图14、图15和图16所示,通过淀积工艺,在栅电极绝缘层7的上方淀积绝缘介质,平坦化至露出栅电极绝缘层7后,再通过刻蚀工艺刻蚀掉部分绝缘介质,初步形成部分绝缘介质阻挡层13;

[0069] 步骤五:如图17、图18、图19和图20所示,通过淀积工艺,在晶圆上方电极金属或多晶硅,平坦化表面至露出栅电极绝缘层7,在栅电极绝缘层7的前后两侧中间区域和两侧区域形成金属或多晶硅层,形成双括号形栅电极8,并初步形成折叠辅助栅2;

[0070] 步骤六:如图21、图22、图23和图24所示,在晶圆上方淀积绝缘介质,并通过刻蚀区域刻蚀掉中间部分,再通过淀积工艺淀积金属或多晶硅,与步骤五中所初步形成的折叠辅助栅2相连接,平坦化表面后进一步形成折叠辅助栅2和绝缘介质阻挡层13;

[0071] 步骤七:如图25、图26、图27和图28所示,通过淀积工艺,在晶圆上方淀积绝缘介质,平坦化表面后再通过光刻、刻蚀工艺除去重掺杂源漏可互换区a 5和重掺杂源漏可互换区b 6上方的栅电极绝缘层7和绝缘介质阻挡层13至露出重掺杂源漏可互换区a 5和重掺杂源漏可互换区b 6的上表面,形成通孔,再通过淀积金属在通孔中形成源漏可互换电极a 9和源漏可互换电极b 10,再通过平坦化处理进一步形成绝缘介质阻挡层13。

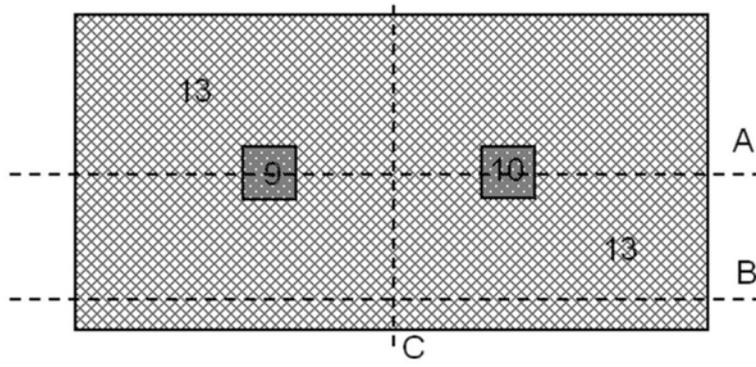


图1

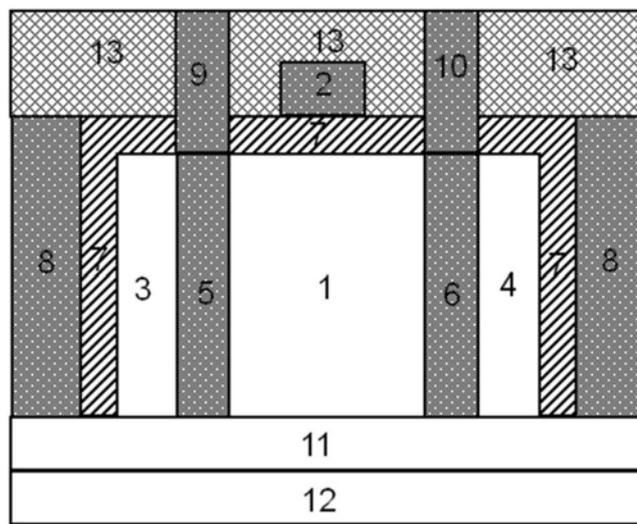


图2

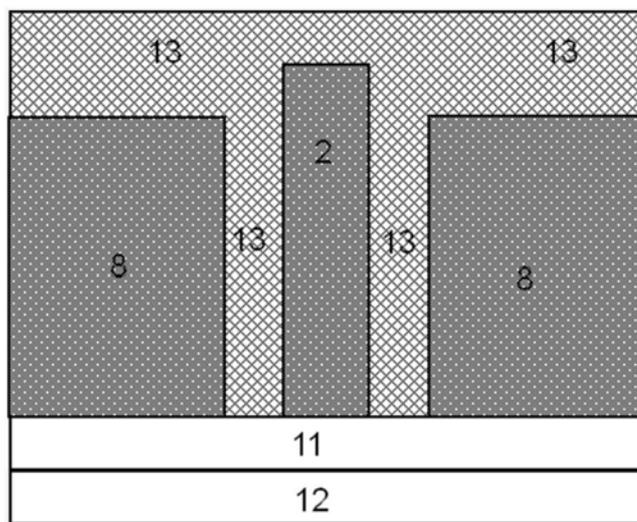


图3

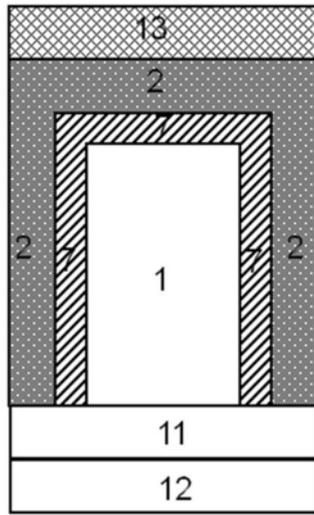


图4

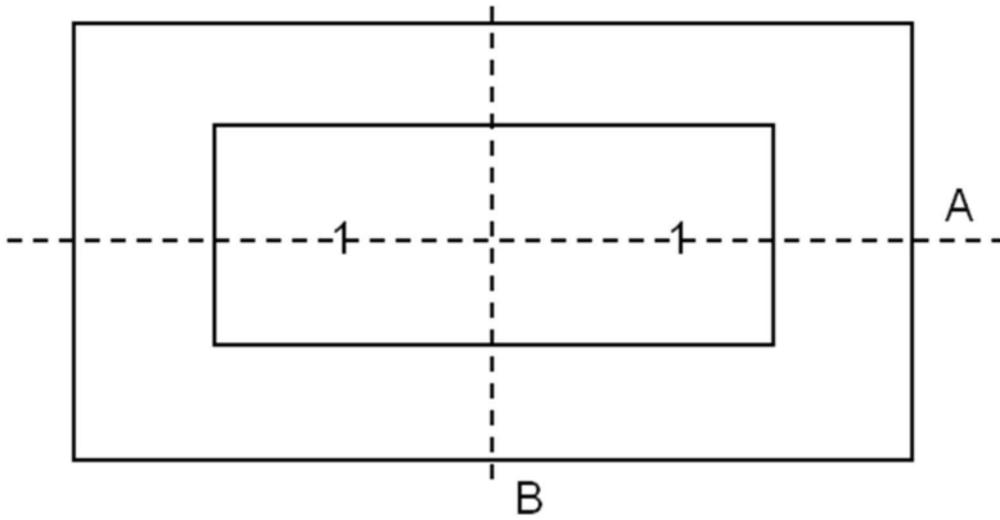


图5

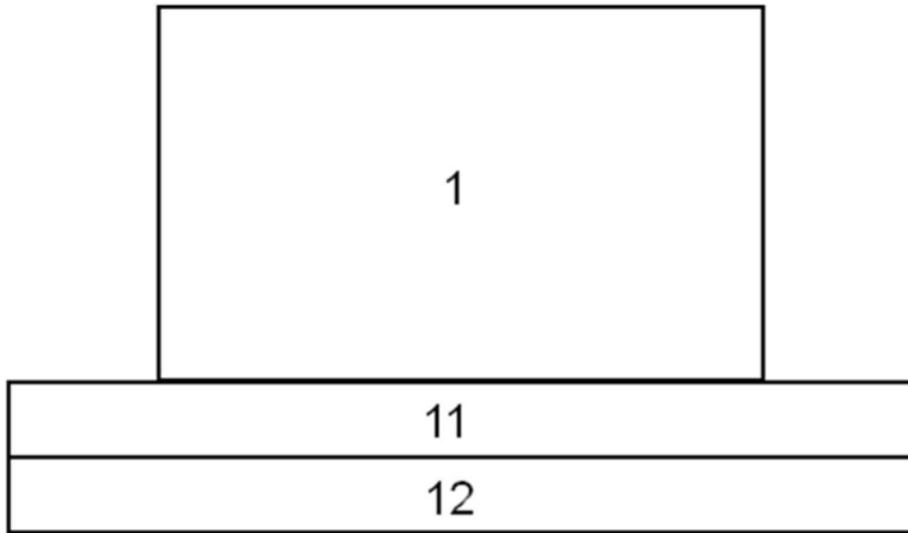


图6

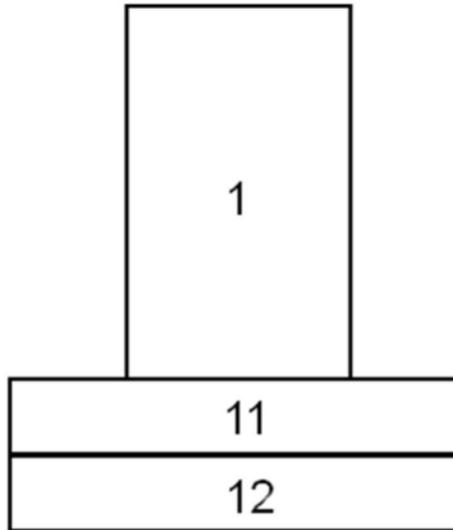


图7

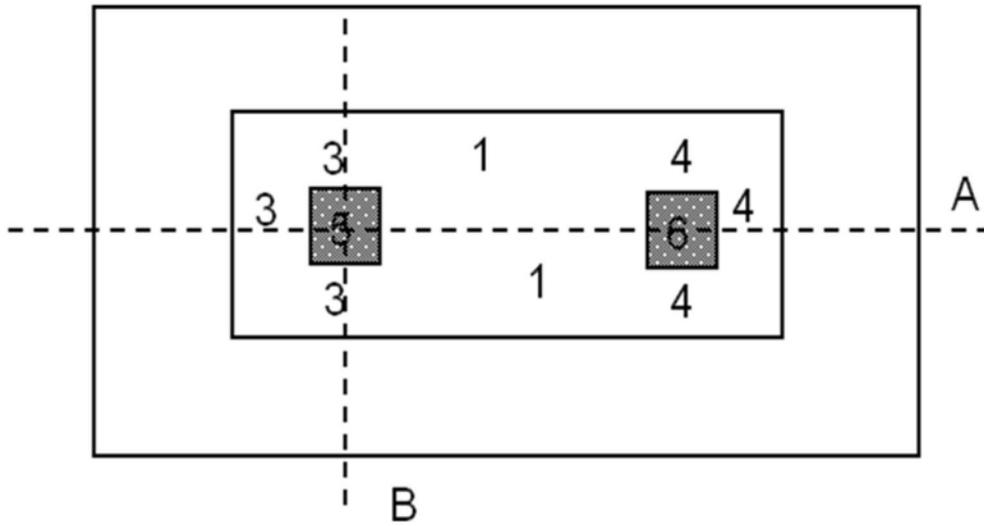


图8

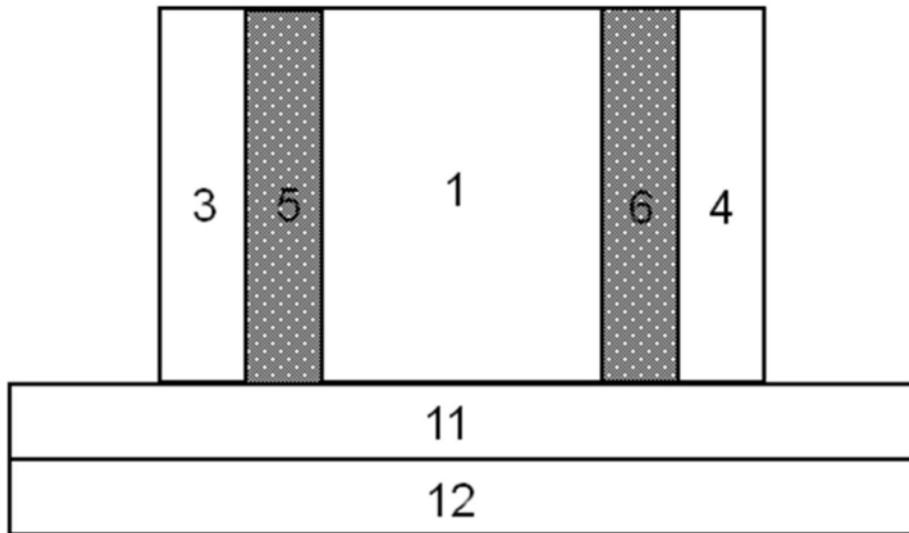


图9

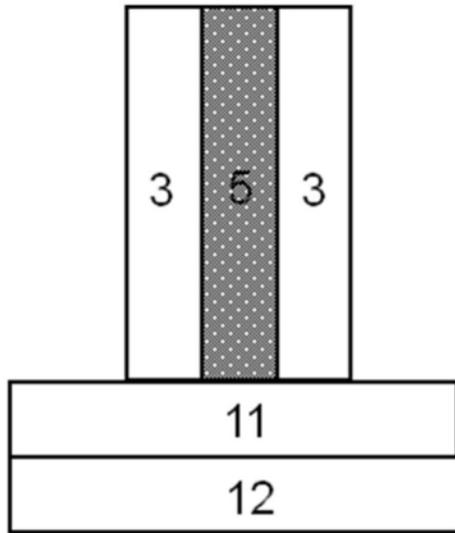


图10

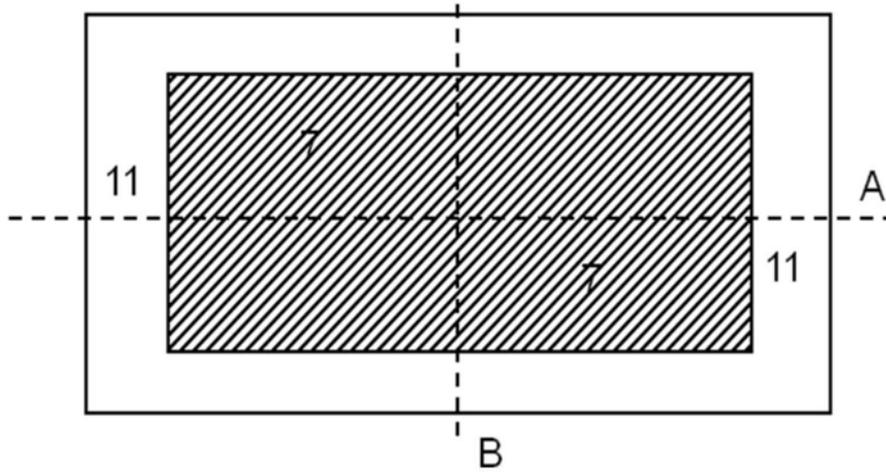


图11

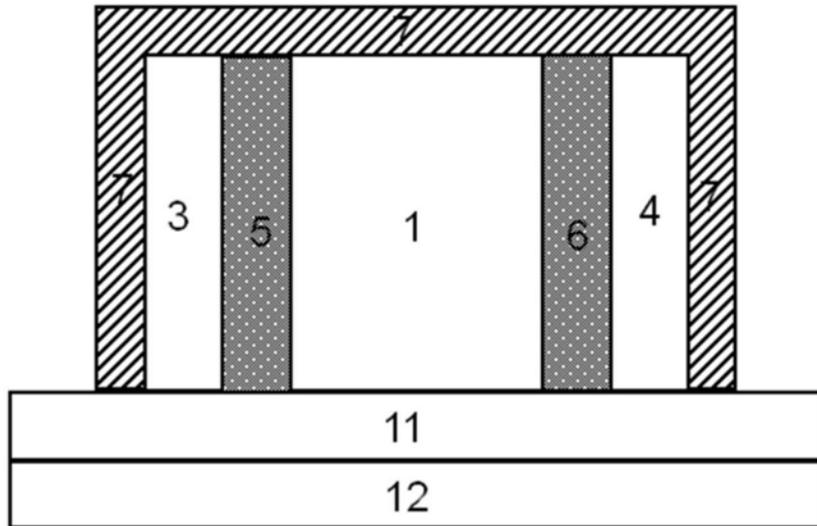


图12

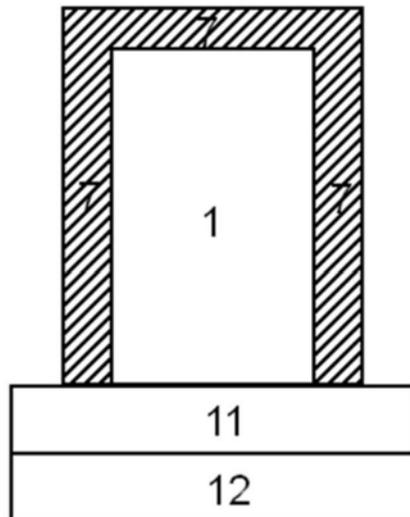


图13

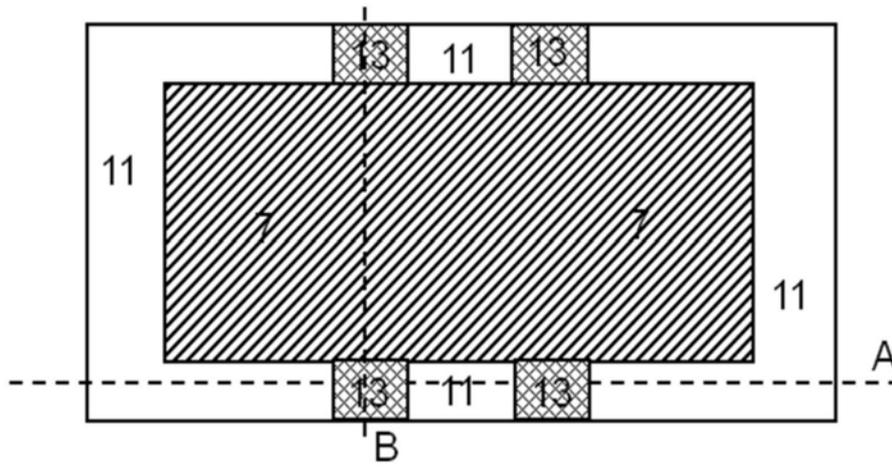


图14

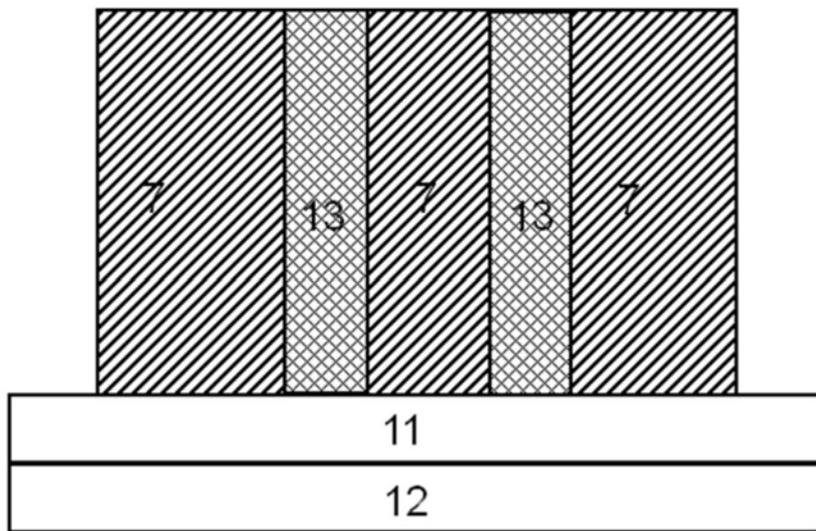


图15

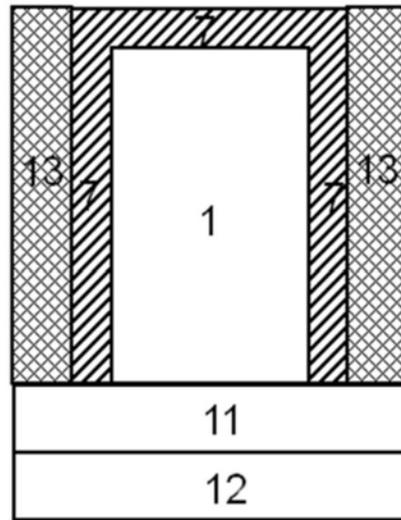


图16

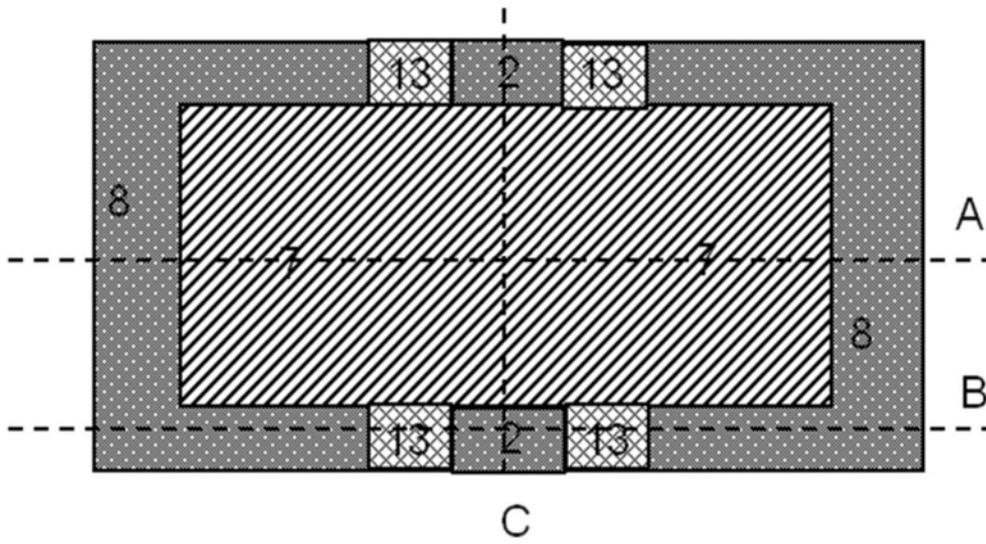


图17

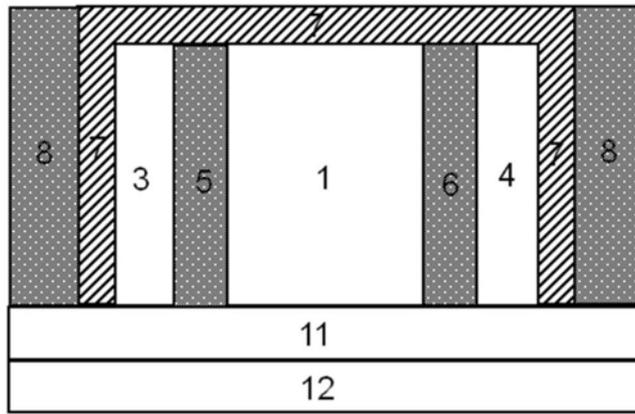


图18

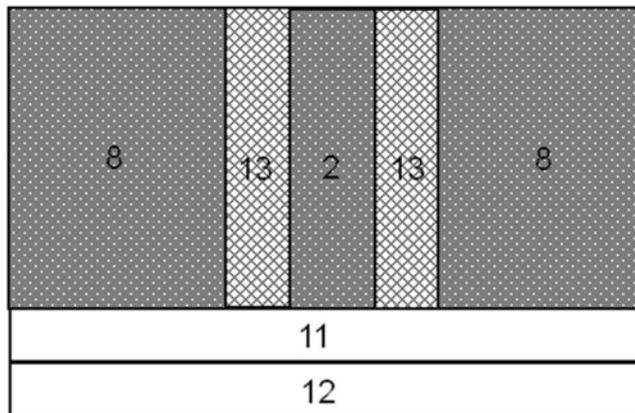


图19

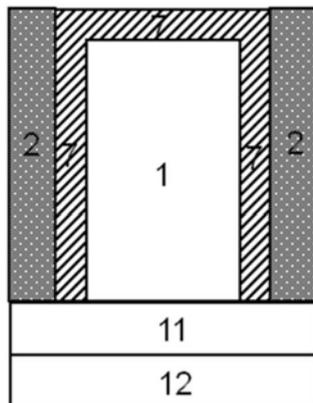


图20

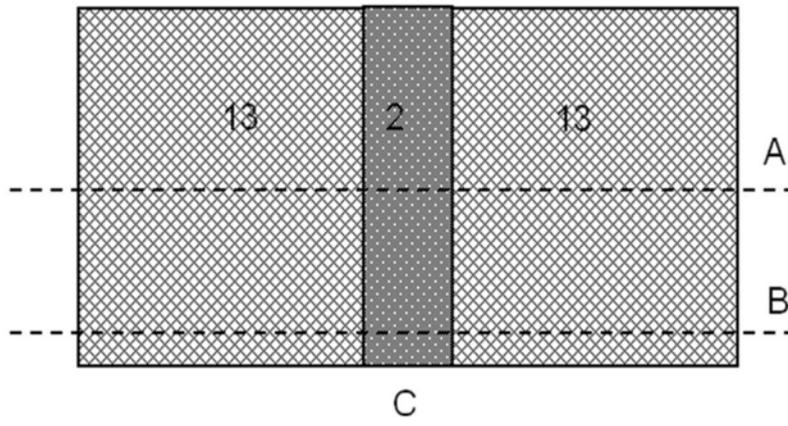


图21

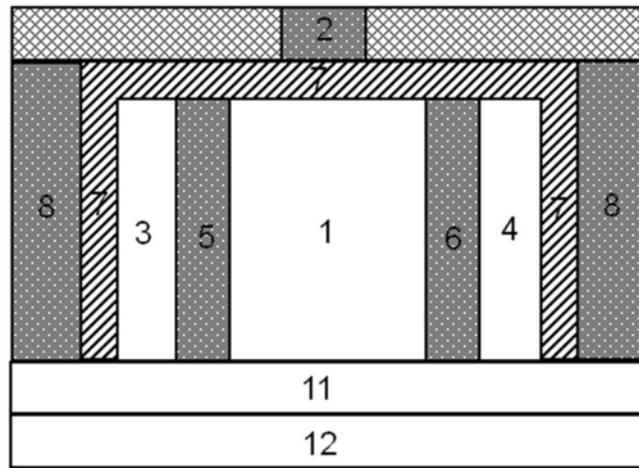


图22

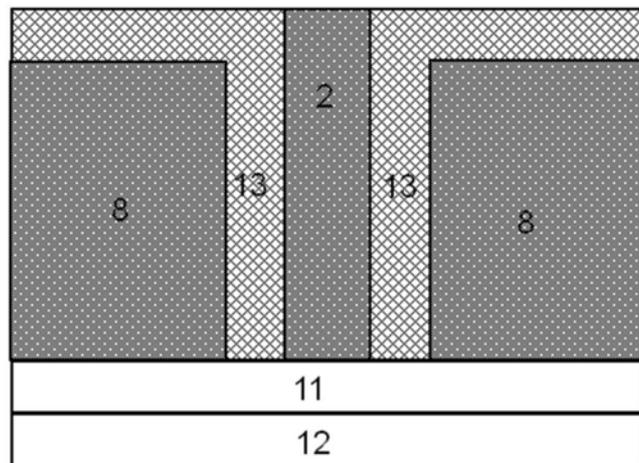


图23

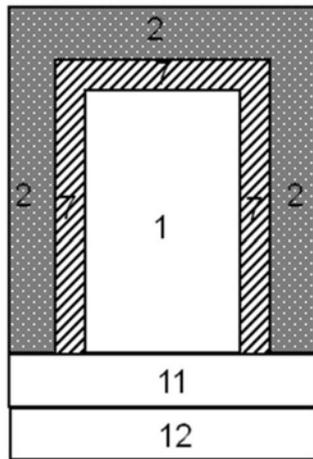


图24

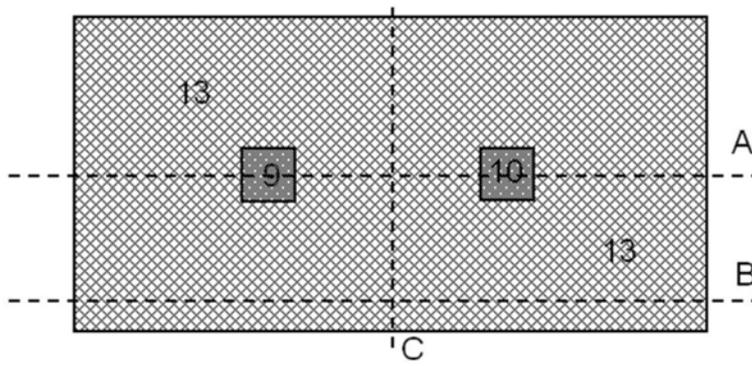


图25

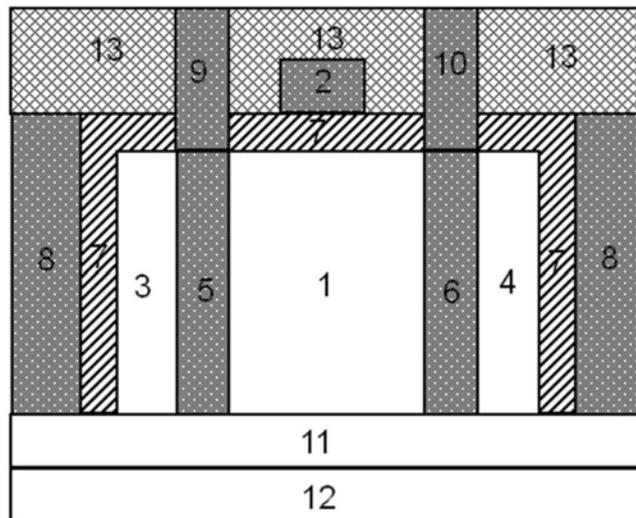


图26

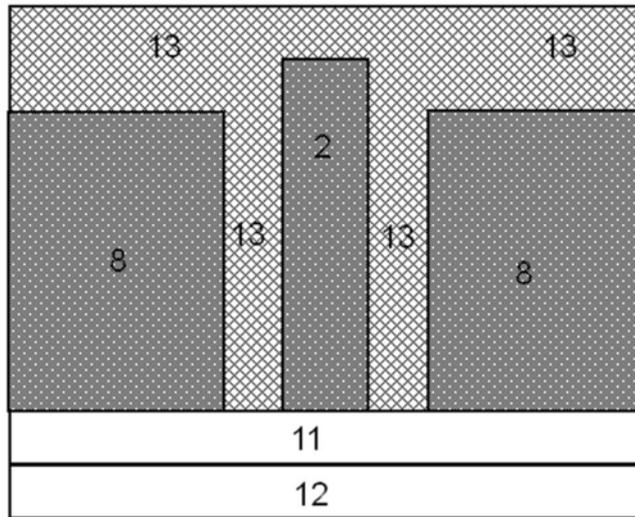


图27

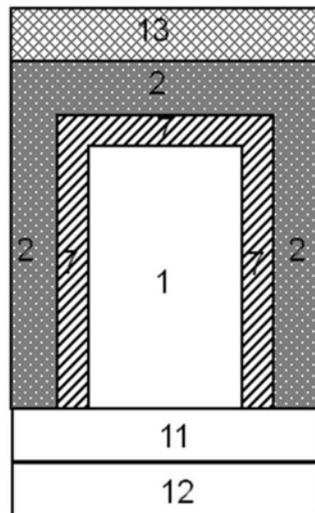


图28