



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110600552 B

(45) 授权公告日 2024. 05. 10

(21) 申请号 201910901877.0

H01L 21/336 (2006.01)

(22) 申请日 2019.09.24

H01L 29/423 (2006.01)

H01L 29/06 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110600552 A

(43) 申请公布日 2019.12.20

(73) 专利权人 无锡新洁能股份有限公司

地址 214131 江苏省无锡市滨湖区高浪东路999号(与华清路交叉口)无锡(滨湖)国家信息传感中心-B1楼东侧2楼

(72) 发明人 朱袁正 周锦程

(74) 专利代理机构 无锡市大为专利商标事务所(普通合伙) 32104

专利代理师 曹祖良 陈丽丽

(56) 对比文件

CN 102263133 A, 2011.11.30

CN 106298941 A, 2017.01.04

CN 107527948 A, 2017.12.29

CN 109065542 A, 2018.12.21

CN 110061047 A, 2019.07.26

CN 202205751 U, 2012.04.25

CN 210535673 U, 2020.05.15

US 2005167742 A1, 2005.08.04

US 2012161230 A1, 2012.06.28

US 2013234241 A1, 2013.09.12

审查员 韩婷

(51) Int. Cl.

H01L 29/78 (2006.01)

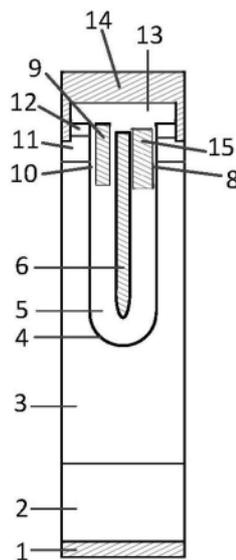
权利要求书3页 说明书11页 附图13页

(54) 发明名称

具有快速反向恢复特性的功率半导体器件及其制作方法

(57) 摘要

本发明涉及半导体技术领域,具体公开了一种具有快速反向恢复特性的功率半导体器件,包括:漏极金属,漏极金属上设置第一导电类型硅衬底,第一导电类型硅衬底上设置有第一导电类型硅外延层,第一导电类型硅外延层内设置沟槽,其中,沟槽内设置有场氧层、屏蔽栅、栅极和虚栅,屏蔽栅被场氧层包围,栅极与虚栅位于沟槽的顶部,栅极与第一导电类型硅外延层之间设置有第一栅氧层,虚栅与第一导电类型硅外延层之间设置有第二栅氧层,第二栅氧层的厚度小于第一栅氧层的厚度。本发明还公开了一种具有快速反向恢复特性的功率半导体器件的制作方法。本发明提供的具有快速反向恢复特性的功率半导体器件能够明显抑制反向恢复电流的峰值。



1. 一种具有快速反向恢复特性的功率半导体器件, 包括: 漏极金属, 所述漏极金属上设置第一导电类型硅衬底, 所述第一导电类型硅衬底上设置有第一导电类型硅外延层, 所述第一导电类型硅外延层内设置沟槽, 位于相邻的所述沟槽之间的所述第一导电类型硅外延层的表面设置有第二导电类型体区, 所述第二导电类型体区的表面设置有第一导电类型源区, 所述沟槽与所述第一导电类型源区上均设置有绝缘介质层, 所述绝缘介质层上设置有源极金属, 所述源极金属通过通孔与第二导电类型体区以及第一导电类型源区接触, 其特征在于, 所述沟槽内设置有场氧层、屏蔽栅、栅极和虚栅, 所述屏蔽栅被所述场氧层包围, 所述栅极与所述虚栅位于所述沟槽的顶部, 所述栅极与所述第一导电类型硅外延层之间设置有第一栅氧层, 所述虚栅与所述第一导电类型硅外延层之间设置有第二栅氧层, 所述第二栅氧层的厚度小于所述第一栅氧层的厚度, 所述虚栅和所述屏蔽栅均连接源极电位, 所述栅极连接栅极驱动电压。

2. 根据权利要求1所述的具有快速反向恢复特性的功率半导体器件, 其特征在于, 所述栅极和所述虚栅分别位于所述屏蔽栅的两侧。

3. 根据权利要求1所述的具有快速反向恢复特性的功率半导体器件, 其特征在于, 所述栅极和所述虚栅均位于所述屏蔽栅的上方, 且所述虚栅的侧面与所述栅极之间通过绝缘介质隔离。

4. 根据权利要求1所述的具有快速反向恢复特性的功率半导体器件, 其特征在于, 所述栅极和所述虚栅均位于所述屏蔽栅的上方, 且所述虚栅的侧面以及底面与所述栅极之间均通过绝缘介质隔离。

5. 根据权利要求1至4中任意一项所述的具有快速反向恢复特性的功率半导体器件, 其特征在于, 所述第二栅氧层的厚度范围为 20\AA 至 700\AA 。

6. 一种具有快速反向恢复特性的功率半导体器件, 包括: 漏极金属, 所述漏极金属上设置第一导电类型硅衬底, 所述第一导电类型硅衬底上设置有第一导电类型硅外延层, 所述第一导电类型硅外延层内设置沟槽, 位于相邻的所述沟槽之间的所述第一导电类型硅外延层的表面设置有第二导电类型体区, 所述第二导电类型体区的表面设置有第一导电类型源区, 所述沟槽与所述第一导电类型源区上均设置有绝缘介质层, 所述绝缘介质层上设置有源极金属, 所述源极金属通过通孔与第二导电类型体区以及第一导电类型源区接触, 其特征在于, 所述沟槽内设置有场氧层、屏蔽栅和栅极, 所述屏蔽栅被所述场氧层包围, 所述栅极位于所述沟槽的顶部, 且位于所述屏蔽栅的两侧, 与所述沟槽垂直的方向上设置有虚栅, 所述虚栅呈平面状, 所述栅极与所述第一导电类型硅外延层之间设置有第一栅氧层, 所述虚栅与第一导电类型硅外延层之间设置有第二栅氧层, 位于所述虚栅两端的所述第一导电类型硅外延层的表面设置有第二导电类型体区, 所述虚栅的上方及两侧均设置有绝缘介质层, 所述源极金属通过所述绝缘介质层内的通孔与所述虚栅电连接, 所述虚栅和所述屏蔽栅均连接源极电位, 所述栅极连接栅极驱动电压。

7. 一种具有快速反向恢复特性的功率半导体器件, 包括: 漏极金属, 所述漏极金属上设置有第一导电类型硅衬底, 所述第一导电类型硅衬底上设置有第一导电类型硅外延层, 所述第一导电类型硅外延层内设置有第一导电类型柱和第二导电类型柱, 所述第二导电类型柱的顶部设置有第二导电类型体区, 所述第二导电类型体区的表面设置有第一导电类型源区, 所述第一导电类型硅外延层的表面设置有平面型的栅极多晶硅, 其特征在于, 所述栅极

多晶硅中的一段设置为虚栅,所述栅极多晶硅中的另一段设置为栅极,所述栅极与所述第一导电类型硅外延层之间设置有第一类栅氧层,所述虚栅与所述第一导电类型硅外延层之间设置有第二类栅氧层,所述栅极多晶硅的表面覆盖有绝缘介质层,所述绝缘介质层上设置源极金属,所述源极金属通过所述绝缘介质层上的通孔与第二导电类型体区以及第一导电类型源区电连接,所述虚栅连接源极电位,所述栅极连接栅极驱动电压。

8.一种具有快速反向恢复特性的功率半导体器件,包括:漏极金属,所述漏极金属上设置有第一导电类型硅衬底,所述第一导电类型硅衬底上设置有第一导电类型硅外延层,所述第一导电类型硅外延层的表面设置有第二导电类型体区,所述第二导电类型体区的表面设置有第一导电类型源区,所述第一导电类型硅外延层的表面设置有平面型的栅极多晶硅,其特征在于,所述栅极多晶硅中的一段设置为虚栅,所述栅极多晶硅中的另一段设置为栅极,所述栅极与所述第一导电类型硅外延层之间设置有第一类栅氧层,所述虚栅与所述第一导电类型硅外延层之间设置有第二类栅氧层,所述栅极多晶硅的表面覆盖有绝缘介质层,所述绝缘介质层上设置源极金属,所述源极金属通过所述绝缘介质层上的通孔与第二导电类型体区以及第一导电类型源区电连接,所述虚栅连接源极电位,所述栅极连接栅极驱动电压。

9.一种具有快速反向恢复特性的功率半导体器件的制作方法,其特征在于,包括:

提供第一导电类型衬底,在所述第一导电类型衬底上生长第一导电类型硅外延层,然后刻蚀沟槽;

在所述沟槽与所述第一导电类型硅外延层的表面形成场氧层;

淀积导电多晶硅,将所述沟槽填满;

刻蚀部分导电多晶硅,形成屏蔽栅;

刻蚀场氧层,形成栅极沟槽;

热生长第一栅氧层;

淀积导电多晶硅,然后刻蚀部分导电多晶硅,形成栅极;

选择性刻蚀去除一侧虚栅沟槽内的栅极;

将虚栅沟槽内的第一栅氧层刻蚀去除;

在所述虚栅沟槽内热生长形成第二栅氧层;

淀积导电多晶硅,刻蚀部分导电多晶硅形成虚栅;

注入第二导电类型杂质,退火形成第二导电类型体区,注入第一导电类型杂质并激活形成第一导电类型源区;

淀积绝缘介质层,选择性刻蚀绝缘介质层与第一导电类型硅外延层;

淀积源极金属,并形成漏极金属。

10.一种具有快速反向恢复特性的功率半导体器件的制作方法,其特征在于,包括:

提供第一导电类型衬底,在所述第一导电类型衬底上生长第一导电类型硅外延层,然后刻蚀沟槽;

在所述沟槽与所述第一导电类型硅外延层的表面形成场氧层;

淀积导电多晶硅,将所述沟槽填满;

刻蚀部分导电多晶硅,形成屏蔽栅;

刻蚀场氧层,形成栅极沟槽;

热生长第一栅氧层；
淀积导电多晶硅,然后刻蚀部分导电多晶硅,形成栅极；
淀积绝缘介质层,将所述沟槽之间的第一导电类型硅外延层顶部的绝缘介质层刻蚀去除,在所述栅极与所述屏蔽栅的上方形成一层绝缘介质层；
热生长第二栅氧层后淀积导电多晶硅；
选择性刻蚀导电多晶硅后形成虚栅；
注入第二导电类型杂质后热退火形成第二导电类型体区,然后注入第一导电类型杂质并激活后形成第一导电类型源区；
淀积绝缘介质层,选择性刻蚀绝缘介质层与第一导电类型硅外延层；
淀积源极金属,并形成漏极金属。

具有快速反向恢复特性的功率半导体器件及其制作方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体技术领域,尤其涉及一种具有快速反向恢复特性的功率半导体器件及具有快速反向恢复特性的功率半导体器件的制作方法。

背景技术

[0002] 功率半导体器件是不断发展的功率-电子系统的内在驱动力,尤其在节约能源、动态控制、噪音减少等方面。在过去的三十年里,功率器件取得了飞跃式的发展,特别是功率金属氧化物半导体场效应管(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor, MOSFET),为了拓宽其应用领域,满足低功耗需求,必须有效的降低导通电阻,在保证击穿电压的前提下,为了获得较大的导通电流,20世纪90年代初提出了“超结”概念,利用相互交替的P柱与N柱代替传统的功率器件的N型漂移区,成功的打破了“硅限”,它可以在保证击穿电压的前提下,同时得到低导通功耗和高的开关速度。但是相比于传统MOSFET,超结结构具有一个显著的缺点:体二极管反向恢复硬度高,时间长。由于在超结结构PN结结面积比较大,在其反向恢复过程中,反向恢复峰值电流大,会导致较大的反向恢复损耗,同时,在中低压领域,利用超结原理设计的屏蔽栅功率MOSFET也出现了反向恢复峰值电流大的问题。传统方法通过电子辐照或者重金属掺杂进行少子寿命控制,减小反向恢复电荷,降低反向恢复峰值电流,但这样会增加器件的制造成本并导致漏电大,长程可靠性降低。

发明内容

[0003] 本发明提供了一种具有快速反向恢复特性的功率半导体器件及具有快速反向恢复特性的功率半导体器件的制作方法,解决相关技术中存在的反向恢复峰值电流大的问题。

[0004] 作为本发明的一个方面,提供一种具有快速反向恢复特性的功率半导体器件,包括:漏极金属,所述漏极金属上设置第一导电类型硅衬底,所述第一导电类型硅衬底上设置有第一导电类型硅外延层,所述第一导电类型硅外延层内设置沟槽,位于相邻的所述沟槽之间的所述第一导电类型硅外延层的表面设置有第二导电类型体区,所述第二导电类型体区的表面设置有第一导电类型源区,所述沟槽与所述第一导电类型源区上均设置有绝缘介质层,所述绝缘介质层上设置有源极金属,所述源极金属通过通孔与第二导电类型体区以及第一导电类型源区接触,其中,所述沟槽内设置有场氧层、屏蔽栅、栅极和虚栅,所述屏蔽栅被所述场氧层包围,所述栅极与所述虚栅位于所述沟槽的顶部,所述栅极与所述第一导电类型硅外延层之间设置有第一栅氧层,所述虚栅与所述第一导电类型硅外延层之间设置有第二栅氧层,所述第二栅氧层的厚度小于所述第一栅氧层的厚度,所述虚栅和所述屏蔽栅均连接源极电位,所述栅极连接栅极驱动电压。

[0005] 进一步地,所述栅极和所述虚栅分别位于所述屏蔽栅的两侧。

[0006] 进一步地,所述栅极和所述虚栅均位于所述屏蔽栅的上方,且所述虚栅的侧面与所述栅极之间通过绝缘介质隔离。

[0007] 进一步地,所述栅极和所述虚栅均位于所述屏蔽栅的上方,且所述虚栅的侧面以及底面与所述栅极之间均通过绝缘介质隔离。

[0008] 进一步地,所述第二栅氧层的厚度范围为 20\AA 至 700\AA 。

[0009] 作为本发明的另一个方面,提供一种具有快速反向恢复特性的功率半导体器件,包括:漏极金属,所述漏极金属上设置第一导电类型硅衬底,所述第一导电类型硅衬底上设置有第一导电类型硅外延层,所述第一导电类型硅外延层内设置沟槽,位于相邻的所述沟槽之间的所述第一导电类型硅外延层的表面设置有第二导电类型体区,所述第二导电类型体区的表面设置有第一导电类型源区,所述沟槽与所述第一导电类型源区上均设置有绝缘介质层,所述绝缘介质层上设置有源极金属,所述源极金属通过通孔与第二导电类型体区以及第一导电类型源区接触,其中,所述沟槽内设置有场氧层、屏蔽栅和栅极,所述屏蔽栅被所述场氧层包围,所述栅极位于所述沟槽的顶部,且位于所述屏蔽栅的两侧,与所述沟槽垂直的方向上设置有虚栅,所述虚栅呈平面状,所述栅极与所述第一导电类型硅外延层之间设置有第一栅氧层,所述虚栅与第一导电类型硅外延层之间设置有第二栅氧层,位于所述虚栅两端的所述第一导电类型硅外延层的表面设置有第二导电类型体区,所述虚栅的上方及两侧均设置有绝缘介质层,所述源极金属通过所述绝缘介质层内的通孔与所述虚栅电连接,所述虚栅和所述屏蔽栅均连接源极电位,所述栅极连接栅极驱动电压。

[0010] 作为本发明的另一个方面,提供一种具有快速反向恢复特性的功率半导体器件,包括:漏极金属,所述漏极金属上设置有第一导电类型硅衬底,所述第一导电类型硅衬底上设置有第一导电类型硅外延层,所述第一导电类型硅外延层内设置有第一导电类型柱和第二导电类型柱,所述第二导电类型柱的顶部设置有第二导电类型体区,所述第二导电类型体区的表面设置有第一导电类型源区,所述第一导电类型硅外延层的表面设置有平面型的栅极多晶硅,其中,所述栅极多晶硅中的一段设置为虚栅,所述栅极多晶硅中的另一段设置为栅极,所述栅极与所述第一导电类型硅外延层之间设置有第一类栅氧层,所述虚栅与所述第一导电类型硅外延层之间设置有第二类栅氧层,所述栅极多晶硅的表面覆盖有绝缘介质层,所述绝缘介质层上设置源极金属,所述源极金属通过所述绝缘介质层上的通孔与第二导电类型体区以及第一导电类型源区电连接,所述虚栅连接源极电位,所述栅极连接栅极驱动电压。

[0011] 作为本发明的另一个方面,提供一种具有快速反向恢复特性的功率半导体器件,包括:漏极金属,所述漏极金属上设置有第一导电类型硅衬底,所述第一导电类型硅衬底上设置有第一导电类型硅外延层,所述第一导电类型硅外延层的表面设置有第二导电类型体区,所述第二导电类型体区的表面设置有第一导电类型源区,所述第一导电类型硅外延层的表面设置有平面型的栅极多晶硅,其中,所述栅极多晶硅中的一段设置为虚栅,所述栅极多晶硅中的另一段设置为栅极,所述栅极与所述第一导电类型硅外延层之间设置有第一类栅氧层,所述虚栅与所述第一导电类型硅外延层之间设置有第二类栅氧层,所述栅极多晶硅的表面覆盖有绝缘介质层,所述绝缘介质层上设置源极金属,所述源极金属通过所述绝缘介质层上的通孔与第二导电类型体区以及第一导电类型源区电连接,所述虚栅连接源极电位,所述栅极连接栅极驱动电压。

[0012] 作为本发明的另一个方面,提供一种具有快速反向恢复特性的功率半导体器件的制作方法,其中,包括:

- [0013] 提供第一导电类型衬底,在所述第一导电类型衬底上生长第一导电类型硅外延层,然后刻蚀沟槽;
- [0014] 在所述沟槽与所述第一导电类型硅外延层的表面形成场氧层;
- [0015] 淀积导电多晶硅,将所述沟槽填满;
- [0016] 刻蚀部分导电多晶硅,形成屏蔽栅;
- [0017] 刻蚀场氧层,形成栅极沟槽;
- [0018] 热生长第一栅氧层;
- [0019] 淀积导电多晶硅,然后刻蚀部分导电多晶硅,形成栅极;
- [0020] 选择性刻蚀去除一侧虚栅沟槽内的栅极;
- [0021] 将虚栅沟槽内的第一栅氧层刻蚀去除;
- [0022] 在所述虚栅沟槽内热生长形成第二栅氧层;
- [0023] 淀积导电多晶硅,刻蚀部分导电多晶硅形成虚栅;
- [0024] 注入第二导电类型杂质,退火形成第二导电类型体区,注入第一导电类型杂质并激活形成第一导电类型源区;
- [0025] 淀积绝缘介质层,选择性刻蚀绝缘介质层与第一导电类型硅外延层;
- [0026] 淀积源极金属,并形成漏极金属。
- [0027] 作为本发明的另一个方面,提供一种具有快速反向恢复特性的功率半导体器件的制作方法,其中,包括:
- [0028] 提供第一导电类型衬底,在所述第一导电类型衬底上生长第一导电类型硅外延层,然后刻蚀沟槽;
- [0029] 在所述沟槽与所述第一导电类型硅外延层的表面形成场氧层;
- [0030] 淀积导电多晶硅,将所述沟槽填满;
- [0031] 刻蚀部分导电多晶硅,形成屏蔽栅;
- [0032] 刻蚀场氧层,形成栅极沟槽;
- [0033] 热生长第一栅氧层;
- [0034] 淀积导电多晶硅,然后刻蚀部分导电多晶硅,形成栅极;
- [0035] 淀积绝缘介质层,将所述沟槽之间的第一导电类型硅外延层顶部的绝缘介质层刻蚀去除,在所述栅极与所述屏蔽栅的上方形成一层绝缘介质层;
- [0036] 热生长第二栅氧层后淀积导电多晶硅;
- [0037] 选择性刻蚀导电多晶硅后形成虚栅;
- [0038] 注入第二导电类型杂质后热退火形成第二导电类型体区,然后注入第一导电类型杂质并激活后形成第一导电类型源区;
- [0039] 淀积绝缘介质层,选择性刻蚀绝缘介质层与第一导电类型硅外延层;
- [0040] 淀积源极金属,并形成漏极金属。
- [0041] 通过上述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件及其制作方法,在沟槽的顶部设置栅极和虚栅,虚栅一侧的第二栅氧层的侧壁上形成了一个放电通道,需要反向恢复释放的电荷可以直接通过放电通道释放,速度极快,且反向恢复电流峰值与虚栅侧壁的第二栅氧层的厚度相关,第二栅氧层的厚度越大,反向恢复电流峰值越大,本发明实施例提供的具有快速反向恢复特性的功率半导体器件的结构能够明显抑制反向恢复电流的峰值,在不

采用少子寿命控制技术的前提下,可以降低反向恢复电荷,减小反向恢复峰值电流,降低系统中的损耗。

附图说明

[0042] 附图是用来提供对本发明的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与下面的具体实施方式一起用于解释本发明,但并不构成对本发明的限制。在附图中:

[0043] 图1为本发明提供的具有快速反向恢复特性的功率半导体器件的第一种具体实施方式的结构示意图。

[0044] 图2为本发明提供的具有快速反向恢复特性的功率半导体器件的第二种具体实施方式的结构示意图。

[0045] 图3为本发明提供的具有快速反向恢复特性的功率半导体器件的第三种具体实施方式的结构示意图。

[0046] 图4为传统屏蔽栅MOSFET结构的剖视结构示意图。

[0047] 图5为本发明反向恢复过程中的电流路径图。

[0048] 图6传统结构反向恢复过程中的电流路径图。

[0049] 图7为传统屏蔽栅结构与本发明结构进行反向恢复测试时得到的电流曲线图。

[0050] 图8为本发明提供的具有快速反向恢复特性的功率半导体器件的第二实施例的结构示意图。

[0051] 图9为沿着图8中虚线AA'截得的一种剖视结构示意图。

[0052] 图10为沿着图8中虚线AA'截得的另一种剖视结构示意图。

[0053] 图11为本发明提供的具有快速反向恢复特性的功率半导体器件的第三实施例的结构示意图。

[0054] 图12为本发明提供的具有快速反向恢复特性的功率半导体器件的第四实施例的结构示意图。

[0055] 图13为形成外延层后刻蚀沟槽的剖视结构示意图。

[0056] 图14为形成场氧层的剖视结构示意图。

[0057] 图15为淀积导电多晶硅的结构剖视结构示意图。

[0058] 图16为刻蚀部分导电多晶硅形成屏蔽栅的结构剖视结构示意图。

[0059] 图17为刻蚀场氧层形成栅极沟槽的剖视结构示意图。

[0060] 图18为形成第一栅氧层的剖视结构示意图。

[0061] 图19为形成栅极的剖视结构示意图。

[0062] 图20为选择性刻蚀去除一侧的栅极的剖视结构示意图。

[0063] 图21为刻蚀栅极沟槽内的第一栅氧层的剖视结构示意图。

[0064] 图22为热生长形成第二栅氧层的剖视结构示意图。

[0065] 图23为形成虚栅的剖视结构示意图。

[0066] 图24为形成第二导电类型体区和第一导电类型源区的剖视结构示意图。

[0067] 图25为淀积绝缘介质层然后形成通孔的剖视结构示意图。

具体实施方式

[0068] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互结合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0069] 为了使本领域技术人员更好地理解本发明方案,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明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发明一部分的实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都应当属于本发明保护的范围。

[0070] 需要说明的是,本发明的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象,而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换,以便这里描述的本发明的实施例。此外,术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形,意图在于覆盖不排他的包括,例如,包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元,而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

[0071] 在本实施例中提供了一种具有快速反向恢复特性的功率半导体器件,图1至图3是根据本发明实施例提供的结构示意图,如图1至图3所示,包括:

[0072] 漏极金属1,所述漏极金属1上设置第一导电类型硅衬底2,所述第一导电类型硅衬底2上设置有第一导电类型硅外延层3,所述第一导电类型硅外延层3内设置沟槽4,位于相邻的所述沟槽4之间的所述第一导电类型硅外延层3的表面设置有第二导电类型体区11,所述第二导电类型体区11的表面设置有第一导电类型源区12,所述沟槽4与所述第一导电类型源区12上均设置有绝缘介质层13,所述绝缘介质层13上设置有源极金属14,所述源极金属14通过通孔与第二导电类型体区11以及第一导电类型源区12接触,其中,所述沟槽4内设置有场氧层5、屏蔽栅6、栅极9和虚栅15,所述屏蔽栅6被所述场氧层5包围,所述栅极9与所述虚栅15位于所述沟槽4的顶部,所述栅极9与所述第一导电类型硅外延层3之间设置有第一栅氧层10,所述虚栅15与所述第一导电类型硅外延层3之间设置有第二栅氧层8,所述第二栅氧层8的厚度小于所述第一栅氧层10的厚度,所述虚栅15和所述屏蔽栅6均连接源极电位,所述栅极9连接栅极驱动电压。

[0073] 通过上述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件,在沟槽的顶部设置栅极和虚栅,虚栅一侧的第二栅氧层的侧壁上形成了一个放电通道,需要反向恢复释放的电荷可以直接通过放电通道释放,速度极快,且反向恢复电流峰值与虚栅侧壁的第二栅氧层的厚度相关,第二栅氧层的厚度越大,反向恢复电流峰值越大,本发明实施例提供的具有快速反向恢复特性的功率半导体器件的结构能够明显抑制反向恢复电流的峰值,在不采用少子寿命控制技术的前提下,可以降低反向恢复电荷,减小反向恢复峰值电流,降低系统中的损耗。

[0074] 优选地,所述第二栅氧层8的厚度范围为20Å至700Å。

[0075] 需要说明的是,所述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件包括N型功率半导体器件和P型功率半导体器件,当所述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件为所述N型功率半导体器件时,第一导电类型为N型,第二导电类型为P型,当所述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件为所述P型功率半导体器件时,第一导电类型为P型,第二导电类型为N型。

[0076] 作为本实施例的第一种具体地实施方式,如图1所示,所述栅极9和所述虚栅15分别位于所述屏蔽栅6的两侧。

[0077] 下面以所述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件为所述N型功率半导体器件为例进行说明。

[0078] 如图1所示,为以N型功率半导体器件为例的一种具有快速反向恢复特性的器件结构,包括漏极金属1,在所述漏极金属1上设有N型硅衬底2及位于所述N型硅衬底2上的N型硅外延层3,在所述N型硅外延层3内设有沟槽4,在所述沟槽4内设有场氧层5、被所述场氧层5包裹的屏蔽栅6、位于屏蔽栅6顶端两侧的由多晶硅形成的栅极9与虚栅15,相邻的沟槽4间的外延层3表面设有P型体区11及位于所述P型体区11表面的N源区12,在沟槽4与N源区12上设有绝缘介质层13,在所述绝缘介质层13上设有源极金属14,所述源极金属14通过通孔与P型体区11、N源区12接触,所述栅极9与虚栅15处于沟槽4的顶部,分别位于屏蔽栅6的两侧,所述栅极9与N型硅外延层3之间设有第一栅氧层10,所述虚栅15与N型硅外延层3之间设有第二栅氧层8,该具体实施方式中,所述第二栅氧层8的厚度为200Å。

[0079] 在该具体实施方式中,所述栅极9在器件工作过程中加栅极驱动电压,所述虚栅15与屏蔽栅6加源极电位。

[0080] 作为本实施例的第二种具体地实施方式,如图2所示,所述栅极9和所述虚栅15均位于所述屏蔽栅6的上方,且所述虚栅15的侧面与所述栅极9之间通过绝缘介质隔离。

[0081] 下面以所述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件为所述N型功率半导体器件为例进行说明。

[0082] 如图2所示,为以N型功率半导体器件为例的一种具有快速反向恢复特性的器件结构,包括漏极金属1,在所述漏极金属1上设有N型硅衬底2及位于所述N型类型硅衬底2上的N型硅外延层3,在所述N型硅外延层3内设有沟槽4,在所述沟槽4内设有场氧层5、被所述场氧层5包裹的屏蔽栅6、位于屏蔽栅6上方的由多晶硅形成的栅极9与虚栅15,相邻的沟槽4间的外延层3表面设有P型体区11及位于所述P型体区11表面的N源区12,在沟槽4与N源区12上设有绝缘介质层13,在所述绝缘介质层13上设有源极金属14,所述源极金属14通过通孔与P型体区11、N源区12接触,所述栅极9与虚栅15处于沟槽4的顶部,所述栅极9与N型硅外延层3之间设有第一栅氧层10,所述虚栅15与N型硅外延层3之间设有第二栅氧层8,该具体实施方式中,所述第二栅氧层8的厚度为200Å,所述虚栅15一边的侧壁与栅极9通过绝缘介质隔离。

[0083] 在该具体实施方式中,所述栅极9在器件工作过程中加栅极驱动电压,所述虚栅15与屏蔽栅6加源极电位。

[0084] 作为本实施例的第三种具体地实施方式,如图3所示,所述栅极9和所述虚栅15均位于所述屏蔽栅6的上方,且所述虚栅15的侧面以及底面与所述栅极9之间均通过绝缘介质隔离。

[0085] 下面以所述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件为所述N型功率半导体器件为例进行说明。

[0086] 如图3所示,为以N型功率半导体器件为例的一种具有快速反向恢复特性的器件结构,包括漏极金属1,在所述漏极金属1上设有N型硅衬底2及位于所述N型类型硅衬底2上的N型硅外延层3,在所述N型硅外延层3内设有沟槽4,在所述沟槽4内设有场氧层5、被所述场氧层5包裹的屏蔽栅6、位于屏蔽栅6上方的由多晶硅形成的栅极9与虚栅15,相邻的沟槽4间的外延层3表面设有P型体区11及位于所述P型体区11表面的N源区12,在沟槽4与N源区12上设有绝缘介质层13,在所述绝缘介质层13上设有源极金属14,所述源极金属14通过通孔与P型

体区11、P源区12接触,所述栅极9与虚栅15处于沟槽4的顶部,所述栅极9与N型硅外延层3之间设有第一栅氧层10,所述虚栅15与N型硅外延层3之间设有第二栅氧层8,该具体实施方式中,所述第二栅氧层8的厚度为200Å,所述虚栅15的底部与一边的侧壁与栅极9通过绝缘介质隔离。

[0087] 在该具体实施方式中,所述栅极9在器件工作过程中加栅极驱动电压,所述虚栅15与屏蔽栅6加源极电位。

[0088] 在本实施例中,本实施例提供的图1至图3所示的具有快速反向恢复特性的功率半导体器件,与图4所示的传统的屏蔽栅结构示意图相比,并结合图5本实施例反向恢复过程中的电流路径图、图6传统结构反向恢复过程中的电流路径图以及图7传统屏蔽栅结构与本实施例进行反向恢复测试时得到的电流曲线图可以看出,本实施例的具有快速反向恢复特性的功率半导体器件能够明显抑制反向恢复电流的峰值。

[0089] 如图5所示,为本发明结构的实施例1的反向恢复过程中器件内部电流的路径图,可以发现,在虚栅一侧的第二栅氧层的侧壁上形成了一个放电通道,需要反向恢复释放的电荷可以直接通过所述放电通道释放,速度极快。如图6所示,为传统结构的反向恢复过程中器件内部电流的路径图,反向恢复电荷必须通过P型体区与N型外延层组成的PN结释放,速度较慢,反向恢复效果较差。

[0090] 作为本发明的第二实施例,如图8至图10所示,提供一种具有快速反向恢复特性的功率半导体器件,包括:漏极金属1,所述漏极金属1上设置第一导电类型硅衬底2,所述第一导电类型硅衬底2上设置有第一导电类型硅外延层3,所述第一导电类型硅外延层3内设置沟槽4,位于相邻的所述沟槽4之间的所述第一导电类型硅外延层3的表面设置有第二导电类型体区11,所述第二导电类型体区11的表面设置有第一导电类型源区12,所述沟槽4与所述第一导电类型源区12上均设置有绝缘介质层13,所述绝缘介质层13上设置有源极金属14,所述源极金属14通过通孔与第二导电类型体区11以及第一导电类型源区12接触,其中,所述沟槽4内设置有场氧层5、屏蔽栅6和栅极9,所述屏蔽栅6被所述场氧层5包围,所述栅极9位于所述沟槽4的顶部,且位于所述屏蔽栅6的两侧,与所述沟槽4垂直的方向上设置有虚栅15,所述虚栅15呈平面状,所述栅极9与所述第一导电类型硅外延层3之间设置有第一栅氧层10,所述虚栅15与第一导电类型硅外延层3之间设置有第二栅氧层8,位于所述虚栅15两端的所述第一导电类型硅外延层3的表面设置有第二导电类型体区11,所述虚栅15的上方及两侧均设置有绝缘介质层13,所述源极金属14通过所述绝缘介质层13内的通孔与所述虚栅15电连接,所述虚栅15和所述屏蔽栅6均连接源极电位,所述栅极9连接栅极驱动电压。

[0091] 通过上述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件,在沟槽的顶部设置栅极和虚栅,虚栅一侧的第二栅氧层的侧壁上形成了一个放电通道,需要反向恢复释放的电荷可以直接通过放电通道释放,速度极快,且反向恢复电流峰值与虚栅侧壁的第二栅氧层的厚度相关,第二栅氧层的厚度越大,反向恢复电流峰值越大,本发明实施例提供的具有快速反向恢复特性的功率半导体器件的结构能够明显抑制反向恢复电流的峰值,在不采用少子寿命控制技术的前提下,可以降低反向恢复电荷,减小反向恢复峰值电流,降低系统中的损耗。

[0092] 需要说明的是,所述虚栅15宽度范围为1μm至10μm。

[0093] 需要说明的是,所述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件包括N型功率半导体器件和P型功率半导体器件,当所述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件为所述N型

功率半导体器件时,第一导电类型为N型,第二导电类型为P型,当所述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件为所述P型功率半导体器件时,第一导电类型为P型,第二导电类型为N型。

[0094] 下面以所述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件为所述N型功率半导体器件为例进行说明。

[0095] 如图8所示,为以N型功率半导体器件为例的一种具有快速反向恢复特性的器件结构,包括漏极金属1,在所述漏极金属1上设有N型硅衬底2及位于所述N型硅衬底2上的N型硅外延层3,在所述N型硅外延层3内设有沟槽4,在所述沟槽4内设有场氧层5、被所述场氧层5包裹的屏蔽栅6、位于屏蔽栅6顶端两侧的由多晶硅形成的栅极9,相邻的沟槽4间的外延层3表面设有P型体区11及位于所述P型体区11表面的N源区12,在沟槽4与N源区12上设有绝缘介质层13,在所述绝缘介质层13上设有源极金属14,所述源极金属14通过通孔与P型体区11、N源区12接触,所述栅极9与N型硅外延层3之间设有第一栅氧层10,本结构在与沟槽方向垂直的方向上设有平面的虚栅15,所述虚栅15宽度范围为1 μ m至10 μ m,虚栅15与N型硅外延层3之间设有第二栅氧层8,所述虚栅15正下方的N型硅外延层3的表面不设有P型体区11,在所述虚栅15两侧的下方的N型硅外延层3中有P型体区11,所述虚栅15上方及两侧覆盖有绝缘介质层13,所述源极金属14通过绝缘介质层13内的通孔与虚栅11电连接。

[0096] 在该实施例中,所述栅极9在器件工作过程中加栅极驱动电压,所述虚栅15加源极电位。

[0097] 如图9所示为沿着图8中虚线AA'截得的一种剖视结构示意图。

[0098] 如图10所示为沿着图8中虚线AA'截得的另一种剖视结构示意图。

[0099] 作为本发明的第三实施例,如图11所示,提供一种具有快速反向恢复特性的功率半导体器件,包括:漏极金属01,所述漏极金属01上设置有第一导电类型硅衬底02,所述第一导电类型硅衬底02上设置有第一导电类型硅外延层03,所述第一导电类型硅外延层03内设置有第一导电类型柱04和第二导电类型柱05,所述第二导电类型柱05的顶部设置有第二导电类型体区06,所述第二导电类型体区06的表面设置有第一导电类型源区07,所述第一导电类型硅外延层03的表面设置有平面型的栅极多晶硅,其中,所述栅极多晶硅中的一段设置为虚栅010,所述栅极多晶硅中的另一段设置为栅极08,所述栅极08与所述第一导电类型硅外延层03之间设置有第一类栅氧层09,所述虚栅010与所述第一导电类型硅外延层03之间设置有第二类栅氧层011,所述栅极多晶硅的表面覆盖有绝缘介质层012,所述绝缘介质层012上设置源极金属013,所述源极金属013通过所述绝缘介质层012上的通孔与第二导电类型体区06以及第一导电类型源区07电连接,所述虚栅010连接源极电位,所述栅极08连接栅极驱动电压。

[0100] 通过上述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件,在沟槽的顶部设置栅极和虚栅,虚栅一侧的第二栅氧层的侧壁上形成了一个放电通道,需要反向恢复释放的电荷可以直接通过放电通道释放,速度极快,且反向恢复电流峰值与虚栅侧壁的第二栅氧层的厚度相关,第二栅氧层的厚度越大,反向恢复电流峰值越大,本发明实施例提供的具有快速反向恢复特性的功率半导体器件的结构能够明显抑制反向恢复电流的峰值,在不采用少子寿命控制技术的前提下,可以降低反向恢复电荷,减小反向恢复峰值电流,降低系统中的损耗。

[0101] 需要说明的是,所述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件包括N型功率半导体器件和P型功率半导体器件,当所述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件为所述N型

功率半导体器件时,第一导电类型为N型,第二导电类型为P型,当所述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件为所述P型功率半导体器件时,第一导电类型为P型,第二导电类型为N型。

[0102] 下面以所述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件为所述N型功率半导体器件为例进行说明。

[0103] 如图11所示,应用于超结MOSFET的剖视结构示意图,以N型超结功率MOSFET为例,包括漏极金属01,在所述漏极金属01上设有N型硅衬底02及位于所述N型类型硅衬底02上的N型硅外延层03,在所述N型硅外延层03内设有N型柱04与P型柱05,在所述P型柱05顶部设有P型体区06,在所述P型体区06表面设有N型源区07,在N型外延层03的表面设有平面型的栅极多晶硅,与传统结构不同的是,本发明中的栅极多晶硅分为两段,一段栅极多晶硅为虚栅010,所述虚栅010与N型外延层03之间设有第二类栅氧层011,所述第二类栅氧层011的厚度为200Å,另一段栅极多晶硅为栅极08,所述栅极08与N型外延层03之间设有第一类栅氧层09,在器件表面覆盖有绝缘介质层012,在所述绝缘介质层012上设有源极金属013,所述源极金属013通过绝缘介质层012上的通孔与P型体区06、N型源区07电连接。

[0104] 作为本发明的第四实施例,如图12所示,提供一种具有快速反向恢复特性的功率半导体器件,包括:漏极金属01,所述漏极金属01上设置有第一导电类型硅衬底02,所述第一导电类型硅衬底02上设置有第一导电类型硅外延层03,所述第一导电类型硅外延层03的表面设置有第二导电类型体区06,所述第二导电类型体区06的表面设置有第一导电类型源区07,所述第一导电类型硅外延层03的表面设置有平面型的栅极多晶硅,其中,所述栅极多晶硅中的一段设置为虚栅010,所述栅极多晶硅中的另一段设置为栅极08,所述栅极08与所述第一导电类型硅外延层03之间设置有第一类栅氧层09,所述虚栅010与所述第一导电类型硅外延层03之间设置有第二类栅氧层011,所述栅极多晶硅的表面覆盖有绝缘介质层012,所述绝缘介质层012上设置源极金属013,所述源极金属013通过所述绝缘介质层012上的通孔与第二导电类型体区06以及第一导电类型源区07电连接,所述虚栅010连接源极电位,所述栅极08连接栅极驱动电压。

[0105] 通过上述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件,在沟槽的顶部设置栅极和虚栅,虚栅一侧的第二栅氧层的侧壁上形成了一个放电通道,需要反向恢复释放的电荷可以直接通过放电通道释放,速度极快,且反向恢复电流峰值与虚栅侧壁的第二栅氧层的厚度相关,第二栅氧层的厚度越大,反向恢复电流峰值越大,本发明实施例提供的具有快速反向恢复特性的功率半导体器件的结构能够明显抑制反向恢复电流的峰值,在不采用少子寿命控制技术的前提下,可以降低反向恢复电荷,减小反向恢复峰值电流,降低系统中的损耗。

[0106] 需要说明的是,所述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件包括N型功率半导体器件和P型功率半导体器件,当所述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件为所述N型功率半导体器件时,第一导电类型为N型,第二导电类型为P型,当所述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件为所述P型功率半导体器件时,第一导电类型为P型,第二导电类型为N型。

[0107] 下面以所述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件为所述N型功率半导体器件为例进行说明。

[0108] 如图12所示,应用于VDMOSFET的剖视结构示意图,以N型功率VDMOSFET为例,包括漏极金属01,在所述漏极金属01上设有N型硅衬底02及位于所述N型类型硅衬底02上的N型硅外延层03,在所述N型硅外延层03表面设有P型体区06,在所述P型体区06表面设有N型源

区07,在N型外延层03的表面设有平面型的栅极多晶硅,与传统结构不同的是,本发明中的栅极多晶硅分为两段,一段栅极多晶硅为虚栅010,所述虚栅010与N型外延层03之间设有第二类栅氧层011,所述第二类栅氧层011的厚度为200Å,另一段栅极多晶硅为栅极08,所述栅极08与N型外延层03之间设有第一类栅氧层09,在器件表面覆盖有绝缘介质层012,在所述绝缘介质层012上设有源极金属013,所述源极金属013通过绝缘介质层012上的通孔与P型体区06、N型源区07电连接。

[0109] 作为本发明的第五实施例,提供一种具有快速反向恢复特性的功率半导体器件的制作方法,其中,包括:

[0110] 如图13所示,提供第一导电类型衬底2,在所述第一导电类型衬底2上生长第一导电类型硅外延层3,然后刻蚀沟槽4;

[0111] 如图14所示,在所述沟槽4与所述第一导电类型硅外延层3的表面形成场氧层5;

[0112] 如图15所示,淀积导电多晶硅,将所述沟槽4填满;

[0113] 如图16所示,刻蚀部分导电多晶硅,形成屏蔽栅6;

[0114] 如图17所示,刻蚀场氧层5,形成栅极沟槽;

[0115] 如图18所示,热生长第一栅氧层10;

[0116] 如图19所示,淀积导电多晶硅,然后刻蚀部分导电多晶硅,形成栅极9;

[0117] 如图20所示,选择性刻蚀去除一侧虚栅沟槽7内的栅极9;

[0118] 如图21所示,将虚栅沟槽7内的第一栅氧层10刻蚀去除;

[0119] 如图22所示,在所述虚栅沟槽7内热生长形成第二栅氧层8;

[0120] 如图23所示,淀积导电多晶硅,刻蚀部分导电多晶硅形成虚栅15;

[0121] 如图24所示,注入第二导电类型杂质,退火形成第二导电类型体区11,注入第一导电类型杂质并激活形成第一导电类型源区12;

[0122] 如图25所示,淀积绝缘介质层13,选择性刻蚀绝缘介质层13与第一导电类型硅外延层3;

[0123] 如图1所示,淀积源极金属14,并形成漏极金属1。

[0124] 通过上述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件的制作方法形成的具有快速反向恢复特性的功率半导体器件,在沟槽的顶部设置栅极和虚栅,虚栅一侧的第二栅氧层的侧壁上形成了一个放电通道,需要反向恢复释放的电荷可以直接通过放电通道释放,速度极快,且反向恢复电流峰值与虚栅侧壁的第二栅氧层的厚度相关,第二栅氧层的厚度越大,反向恢复电流峰值越大,本发明实施例提供的具有快速反向恢复特性的功率半导体器件的结构能够明显抑制反向恢复电流的峰值,在不采用少子寿命控制技术的前提下,可以降低反向恢复电荷,减小反向恢复峰值电流,降低系统中的损耗。

[0125] 需要说明的是,所述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件包括N型功率半导体器件和P型功率半导体器件,当所述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件为所述N型功率半导体器件时,第一导电类型为N型,第二导电类型为P型,当所述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件为所述P型功率半导体器件时,第一导电类型为P型,第二导电类型为N型。

[0126] 作为本发明的第六实施例,提供一种具有快速反向恢复特性的功率半导体器件的制作方法,其中,包括:

[0127] 提供第一导电类型衬底2,在所述第一导电类型衬底2上生长第一导电类型硅外延

层3,然后刻蚀沟槽4;

[0128] 在所述沟槽4与所述第一导电类型硅外延层3的表面形成场氧层5;

[0129] 淀积导电多晶硅,将所述沟槽4填满;

[0130] 刻蚀部分导电多晶硅,形成屏蔽栅6;

[0131] 刻蚀场氧层5,形成栅极沟槽;

[0132] 热生长第一栅氧层10;

[0133] 淀积导电多晶硅,然后刻蚀部分导电多晶硅,形成栅极9;

[0134] 淀积绝缘介质层,将所述沟槽4之间的第一导电类型硅外延层3顶部的绝缘介质层刻蚀去除,在所述栅极9与所述屏蔽栅6的上方形成一层绝缘介质层13;

[0135] 热生长第二栅氧层8后淀积导电多晶硅;

[0136] 选择性刻蚀导电多晶硅后形成虚栅15;

[0137] 注入第二导电类型杂质后热退火形成第二导电类型体区11,然后注入第一导电类型杂质并激活后形成第一导电类型源区12;

[0138] 淀积绝缘介质层,选择性刻蚀绝缘介质层13与第一导电类型硅外延层3;

[0139] 淀积源极金属14,并形成漏极金属1。

[0140] 通过上述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件的制作方法形成的具有快速反向恢复特性的功率半导体器件,在沟槽的顶部设置栅极和虚栅,虚栅一侧的第二栅氧层的侧壁上形成了一个放电通道,需要反向恢复释放的电荷可以直接通过放电通道释放,速度极快,且反向恢复电流峰值与虚栅侧壁的第二栅氧层的厚度相关,第二栅氧层的厚度越大,反向恢复电流峰值越大,本发明实施例提供的具有快速反向恢复特性的功率半导体器件的结构能够明显抑制反向恢复电流的峰值,在不采用少子寿命控制技术的前提下,可以降低反向恢复电荷,减小反向恢复峰值电流,降低系统中的损耗。

[0141] 需要说明的是,所述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件包括N型功率半导体器件和P型功率半导体器件,当所述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件为所述N型功率半导体器件时,第一导电类型为N型,第二导电类型为P型,当所述具有快速反向恢复特性的功率半导体器件为所述P型功率半导体器件时,第一导电类型为P型,第二导电类型为N型。

[0142] 综上,本发明提供的具有快速反向恢复特性的功率半导体器件及其制作方法,在不采用少子寿命控制技术的前提下,可以降低反向恢复电荷,减小反向恢复峰值电流,降低系统中的损耗。

[0143] 可以理解的是,以上实施方式仅仅是为了说明本发明的原理而采用的示例性实施方式,然而本发明并不局限于此。对于本领域内的普通技术人员而言,在不脱离本发明的精神和实质的情况下,可以做出各种变型和改进,这些变型和改进也视为本发明的保护范围。

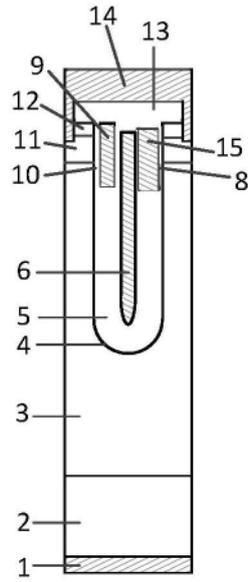


图1

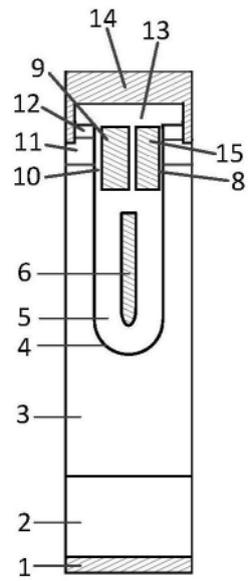


图2

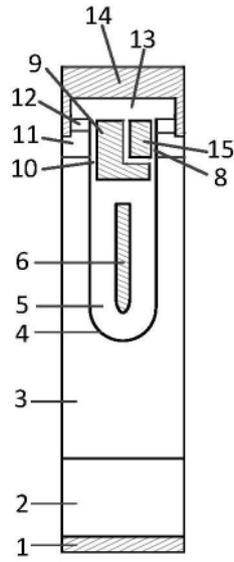


图3

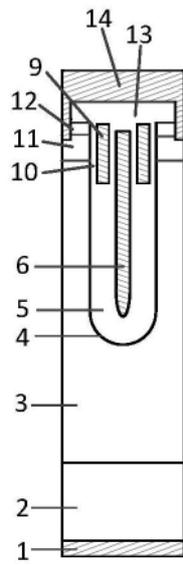


图4

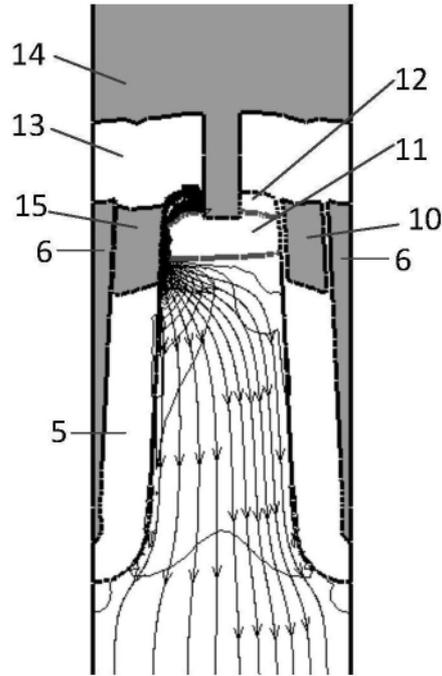


图5

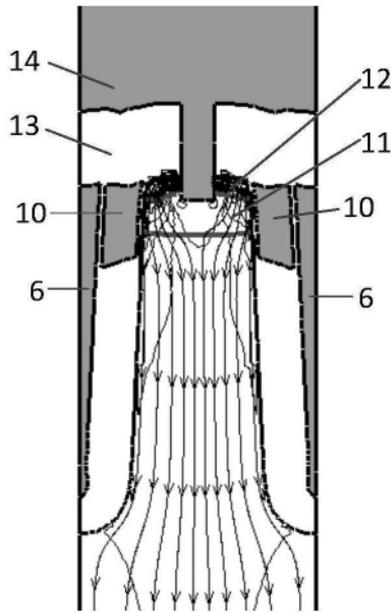


图6

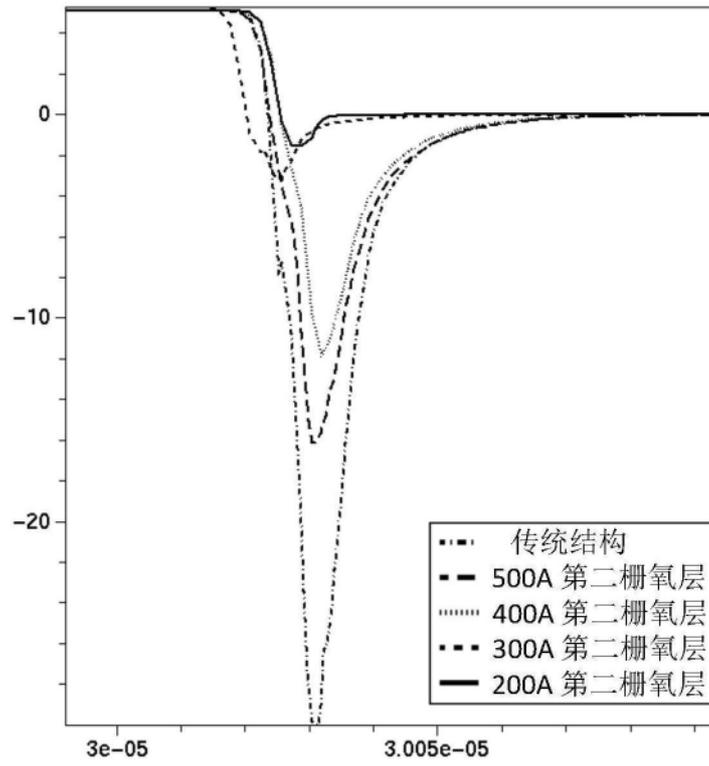


图7

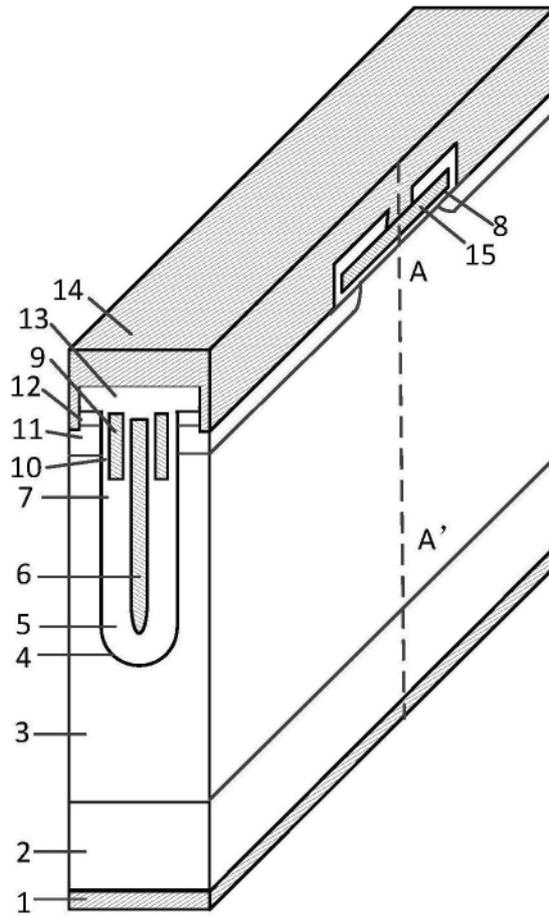


图8

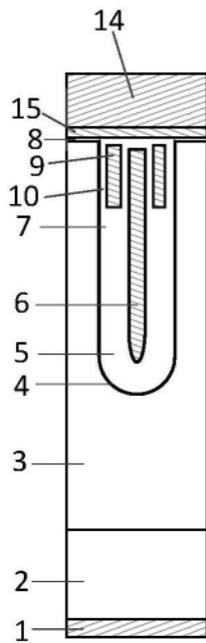


图9

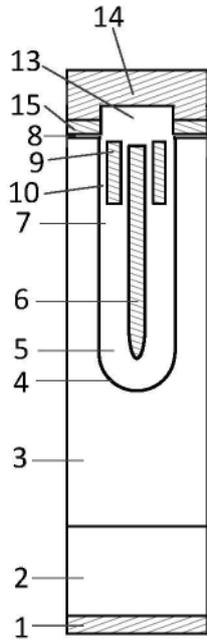


图10

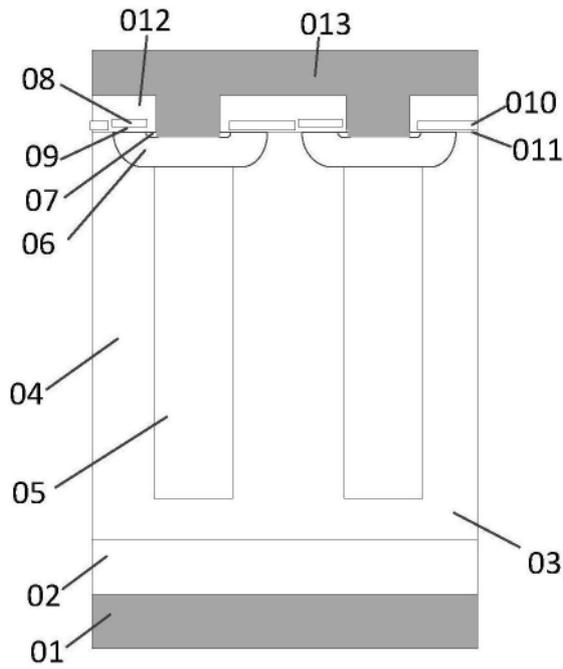


图11

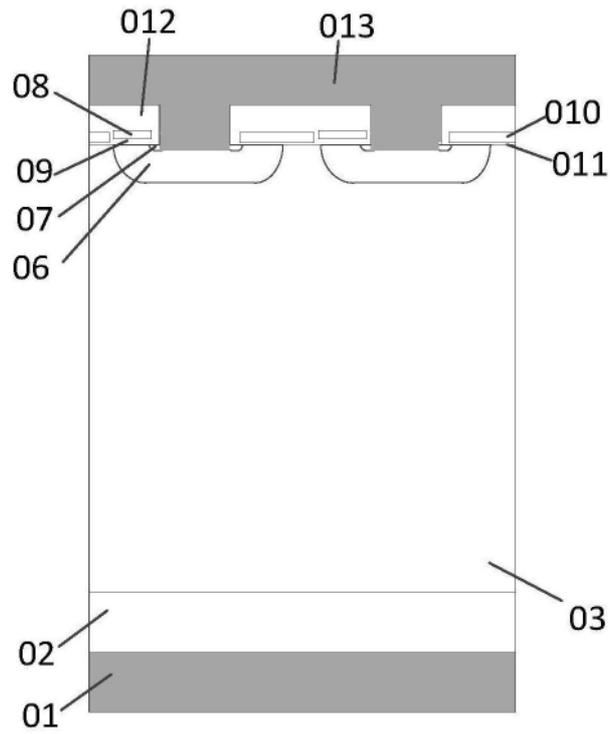


图12

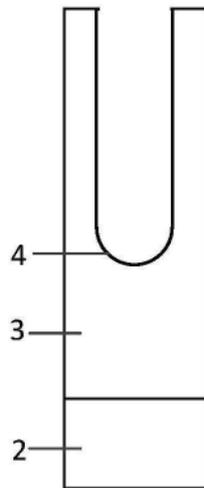


图13

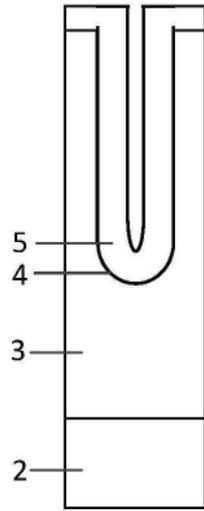


图14

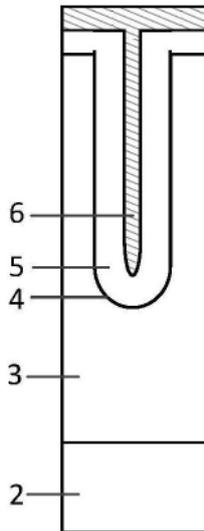


图15

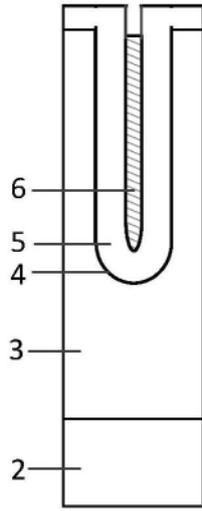


图16

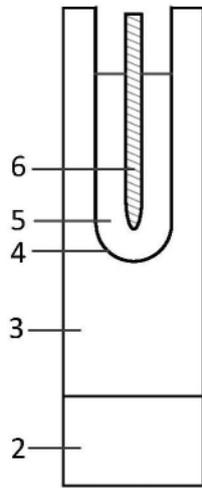


图17

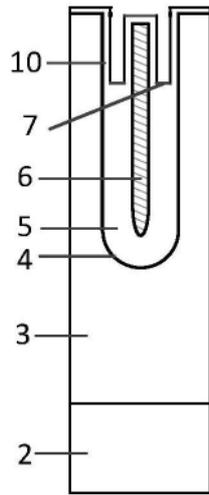


图18

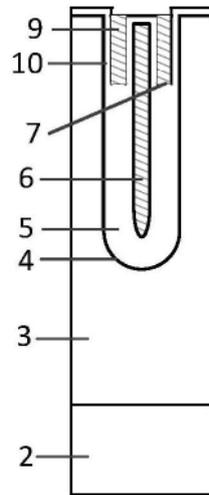


图19

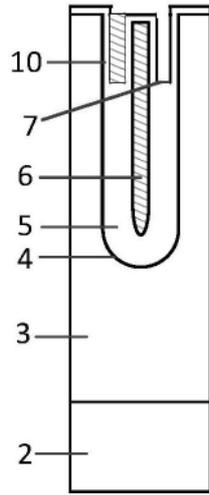


图20

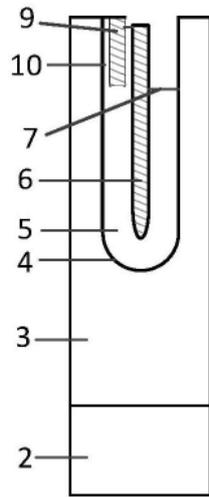


图21

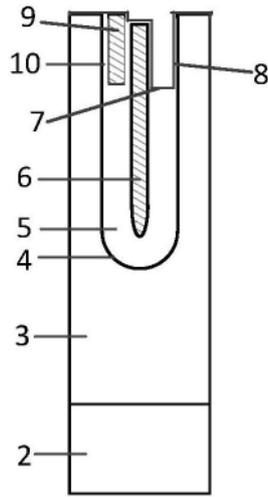


图22

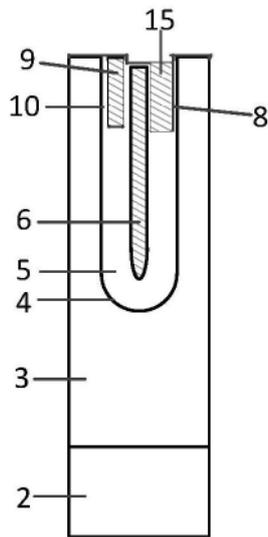


图23

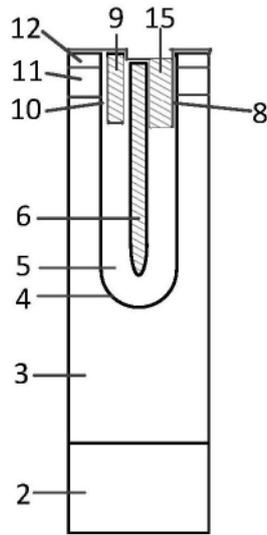


图24

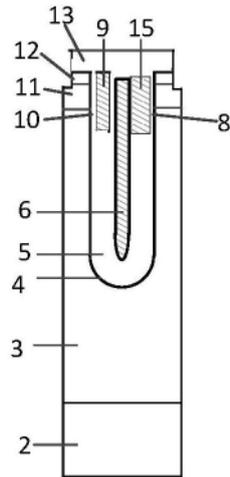


图25