



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102403223 B

(45) 授权公告日 2013. 04. 17

(21) 申请号 201110327833. 5

审查员 杨海波

(22) 申请日 2011. 10. 25

(73) 专利权人 丹东安顺微电子有限公司

地址 118002 辽宁省丹东市振兴区桃源街
64 号

(72) 发明人 许国杰 沈涛 张晶

(74) 专利代理机构 丹东汇申专利事务所 21227

代理人 徐枫燕

(51) Int. Cl.

H01L 21/331 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开平 10-64840 A, 1998. 03. 06,
US 6077753 A, 2000. 06. 20,
US 6198156 B1, 2001. 03. 06,
CN 101640197 A, 2010. 02. 03,
JP 特开 2001-160610 A, 2001. 06. 12,

权利要求书 1 页 说明书 4 页

(54) 发明名称

改善贮存时间 T_s 一致性的功率晶体管制造
方法

(57) 摘要

本发明专利申请提供的改善贮存时间 T_s 一致性的功率晶体管制造方法, 其方法中的高温退火在退火时间内经两步骤完成: 先在纯氮气的氛围升温至退火温度, 在该退火温度保持 30 分钟-50 分钟, 其后掺入氧气, 在氮气与氧气混合氛围中在剩余退火时间中退火推结, 形成基区结构。本技术方案中, 退火前期采用纯氮气退火升温预处理过程, 避免氧原子的引入, 大幅降低半导体表面缺陷的产生, 改善了表面复合, 半导体表面均匀性得到大幅度改善, 因此获得了均匀一致性分布的贮存时间 T_s 。

1. 一种改善贮存时间 T_s 一致性的功率晶体管制造方法,其方法是:硅三重扩散片表面生长形成氧化层,在氧化层光刻基区窗口,由基区窗口硼离子注入,随后高温退火,对注入后产生的缺陷进行修复和并推结形成基区,再由退火生长产生的氧化层为屏蔽进行发射区窗口光刻并磷扩散,最终成为垂直型 NPN 型结构晶体管,其特征在于其中高温退火是在退火时间内经两步骤完成:首先在纯氮气氛围升温至退火温度,在该退火温度保持 30 分钟 -50 分钟,其后掺入氧气,在氮气与氧气混合氛围中完成剩余退火时间的退火推结,形成基区。

2. 根据权利要求 1 所述的改善贮存时间 T_s 一致性的功率晶体管制造方法,其特征在于氮气与氧气混合氛围的流量比为 8L/800mL。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的改善贮存时间 T_s 一致性的功率晶体管制造方法,其特征在于高温退火的降温过程是在氮气氛围中进行,其降温速率为 $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

改善贮存时间 T_s 一致性的功率晶体管制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及的是功率晶体管半导体管芯的制造方法,尤其涉及的是改善功率器件参数——贮存时间 T_s 一致性的半导体功率器件制造方法。

背景技术

[0002] 功率晶体管器件在很多电子或电力应用电路中既作为功放器件,还可作为开关器件,作为开关器件功能应用时,其开关性能的一致性就极为重要。若同型号功率晶体管器件开关性能一致性不理想,则在设计为同步开关运行的、或者是同频率且一开关晶体管的开关是另一开关晶体管开关启动信号的电路中,因开关转换不一致,在开态与关态转换过程中产生大量无用的热功耗,导致器件总功耗上升,同时由于无用的热功耗还会导致器件过热甚至烧损。

[0003] 晶体管器件技术研究中引入了贮存时间 T_s 参数,通过贮存时间 T_s 来评价晶体管开关特性的好坏。贮存时间 T_s 描述的是晶体管贮存在基区及集电区的空穴电荷减少到零所需要的时间。在工作实践中发现贮存时间 T_s 与晶体管器件的少子寿命存在着正相关。目前对少子寿命的研究仅考虑了半导体内部复合过程的影响,而实际中发现少子寿命在很大程度上还受半导体表面状态的影响,即发现半导体表面有促进复合的作用,表面复合是指在半导体表面发生的复合过程,而表面处的杂质和表面特有的缺陷通过形成复合中心能级。那么实际测得的少子寿命应该是体内复合和表面复合的综合结果,假设这两种复合是平行独立发生,用 τ_v 表示体内复合寿命,则 $1/\tau_v$ 就是体内复合几率,用 τ_s 表示表面复合寿命,则 $1/\tau_s$ 就表示表面复合几率,总复合几率公式为: $1/\tau = 1/\tau_s + 1/\tau_v$, τ 为少子寿命。

[0004] 目前功率晶体管器件管芯的制造工艺方法是:硅三重扩散片表面生长形成氧化层,在氧化层光刻基区窗口,由基区窗口硼离子注入,并通过高温退火对注入后产生的缺陷进行修复和并推结形成基区,再由退火生长产生的氧化层为屏蔽进行发射区窗口光刻并磷扩散,最终成为垂直型 NPN 型结构晶体管管芯。其中的高温退火工艺是在 1200°C 以上温度条件下、氮气氛围中进行,为阻止退火中氮与硅反应生成氮化硅,氮气中掺入少量氧气,即在氧气与氮气的混合氛围中退火,由氧气阻止半导体表面氮化。但研究中发现现有的以氮气掺入氧气的混合氛围退火工艺方法对硼离子注入时产生的缺陷修复能力很差,其原因是氧离子会在硅晶格表面缺陷处沉淀形成氧沉淀团,氧沉淀团再延伸生长会使周围晶格畸变增大,从而促使氧沉淀团向周围释放硅自间隙原子,正是这些硅自间隙原子在氧沉淀团周围排列成外插弗兰克位错环,这些弗兰克位错环随着氧化层体积的膨胀而相互联系在一起,最终形成大量微缺陷,微缺陷形成表面复合中心,增强了表面复合,根据上述总复合几率公式可知:存在表面复合中心的地方少子寿命就会降低,进而使外贮存时间 T_s 下降。这些微缺陷数量以及其分布不均匀、更不可控,所以表现在整片半导体上各器件位置参数测试会出现贮存时间 T_s 大小不一致、离散性很大的现象,导致同一批次晶体管管芯产品技术指标不一致,难以满足作为电子电力器件于低功耗化技术指标方面的技术要求。综上所述,

现有管芯制造工艺方法导致贮存时间 T_s 不一致,成为影响晶体管器件质量的一主要技术因素。

发明内容

[0005] 本发明专利申请的发明目的在于提供一种通过改进制造工艺方法来改善半导体表面状态以保证贮存时间 T_s 分布均匀一致的改善贮存时间 T_s 一致性的功率晶体管制造方法。本发明专利申请提供的改善贮存时间 T_s 一致性的功率晶体管制造方法技术方案,其主要技术内容是:一种改善贮存时间 T_s 一致性的功率晶体管制造方法,其方法是:硅三重扩散片表面生长形成氧化层,在氧化层光刻基区窗口,由基区窗口硼离子注入,随后高温退火,对注入后产生的缺陷进行修复和并推结形成基区,再由退火生长产生的氧化层为屏蔽进行发射区窗口光刻并磷扩散,最终成为垂直型 NPN 型结构晶体管,其中高温退火是在退火时间内经两步骤完成:首先在纯氮气氛围升温至退火温度,在该退火温度保持 30 分钟-50 分钟,其后掺入氧气,在氮气与氧气混合氛围中完成剩余退火时间的退火推结,形成基区。

[0006] 本发明专利申请提供的改善贮存时间 T_s 一致性的功率晶体管制造方法技术方案,其中的退火工艺改进为在同一退火时间内的两步工艺方法,退火前期是纯氮气退火升温预处理过程,再以常规的掺入氧气的氮气混合氛围中完成剩余退火时间的退火处理,晶体管半导体的前期在纯氮气氛围中退火升温,避免了氧原子的引入,大幅降低了半导体表面缺陷的产生,改善了表面复合状态,所以较现有制造工艺方法,半导体表面均匀性得到大幅度改善,因此获得了均匀一致性分布的贮存时间 T_s 。

具体实施方式

[0007] 下面将通过与常规制造方法所得到的对比芯片作为比较对象,详细说明本发明技术内容。比较例为采用现有常规功率晶体管管芯制造方法获得的半导体管芯。

[0008] 比较例

[0009] 硅三重扩散片进行场氧化,光刻有源区,氧气氛围做注入前氧化,随后根据产品的方块电阻确定注入计量,在有源区硼离子注入 40Kev $2.0E14B$,经高温退火工艺形成最终基区。基区高温退火工艺为:炉管气氛为氮气/氧气混合氛围、由 800℃升温到 1225℃连续退火 420 分钟,氮气与氧气的流量比为 8L/13mL。其后氮气氛围降温,进行形成发射区工艺步骤,按照指定的窗口区形成铝合金接触制成三份样片。这三份样片分别对应选取中心位、左侧位、右侧位、上侧位和下侧位,在测试电流为 500mA 的条件下得到的贮存时间 T_s 为 3.5 μs -11.5 μs ,请见下表 1。

[0010] 实施例 1

[0011] 本实施例仅改变比较例中的退火工艺,本退火工艺步骤为:首先在纯氮气氛围中由 800℃升温至 1225℃后保持 40 分钟,氮气流量为 8L,其后在氮气与氧气混合氛围中完成余下 380 分钟退火过程,其氮气与氧气的流量比为 8L/800mL,其后在氮气氛围中降温,其降温速率为 3℃/min,随后进行形成发射区工艺步骤,在特定区开设发射区窗口进行发射区扩散,之后开基区、发射区引线孔、蒸铝、铝合金形成良好的欧姆接触后制得三份样片。分别在各片号产品芯片上对应选取中心位、左侧位、右侧位、上侧位和下侧位,在测试电流为

500mA 的条件下测试得到的贮存时间 T_s 为 $10\mu s$ – $12\mu s$, 见下表 2:

[0012] 表 1

[0013]

片号 \ 位置	中心位	左侧位	下侧位	右侧位	上侧位	小电流比
1	4.5	10.5	5	11.5	7	91%
2	3.5	4	5	3.5	3.5	94%
3	11	7	3.5	11	10	91%

[0014] 表 2

[0015]

片号 \ 位置	中心	左侧	下侧	右侧	上侧	小电流比
1	11.5	11.5	10.5	12	11	93%
2	12	11	10.5	10.5	11.5	91%
3	10.5	10	10.5	12	11	93%

[0016] 从表 1 可以看出, 本发明制造方法得到的三份管芯样品的贮存时间 T_s 分布均匀和一致性较现有管芯制造方法得到的三份样品片都有明显的改善, 而且比较例的第二份样品的贮存时间 T_s 值过低, 基本为不可再调整的废品片。

[0017] 以下的实施例 2 和实施例 3 是以实施例 1 的制造方法, 仅改动温度升至 1225°C 后的保持时间所做的实施测试例, 表明保持时间范围选取在 30–50 分钟的可行性。

[0018] 实施例 2 与实施例 1 方法相同, 仅将温度升至 1225°C 后的保持时间调整为 20 分钟, 实施例 3 仅将温度升至 1225°C 后的保持时间调整为 60 分钟, 两实施例得到的三份管芯芯片分别对应选取中心位、左侧位、右侧位、上侧位和下侧位, 在测试电流为 500mA 的条件下测试不同位的贮存时间 T_s 分别见下表 3 和表 4。

[0019] 表 3 (实施例 2)

[0020]

片号 \ 位置	中心	左侧	下侧	右侧	上侧	小电流比
1	7.5	9	6.5	8	8	90%
2	8.5	7	8	8	9	90%
3	6	7.5	6.5	6	7.5	92%

[0021] 表 4 (实施例 3)

[0022]

片号 \ 位置	中心	左侧	下侧	右侧	上侧	小电流比
---------	----	----	----	----	----	------

1	13	13.5	12	12.5	12	75%
2	12	11	11	12	11.5	70%
3	11.5	13	12	12.5	11.5	73%

[0023] 由表 3、表 4 与实施例 1 对照可知,实施例 2 因氮气氛围退火时间较短,缺陷的修复水平不高,在随后的氮气与氧气混合氛围退火中仍会产生大量复合中心,进而使贮存时间 T_s 均匀性较差;实施例 3 因氮气氛围退火时间较长,表面氮化程度较重,影响了器件的小电流特性。所以本技术方案将前期退火预处理保持时间选取控制在 30-50 分钟的范围。