



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119487989 A

(43) 申请公布日 2025. 02. 18

(21) 申请号 202380050841.0

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

(22) 申请日 2023.06.29

专利代理师 夏斌

(30) 优先权数据

2022-122100 2022.07.29 JP

(51) Int. Cl.

H10D 30/60 (2025.01)

H10D 30/01 (2025.01)

H10D 62/10 (2025.01)

H10D 62/80 (2025.01)

H10D 12/00 (2025.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.12.30

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2023/024274 2023.06.29

(87) PCT国际申请的公布数据

W02024/024386 JA 2024.02.01

(71) 申请人 住重爱特科思株式会社

地址 日本

(72) 发明人 坂根仁 加藤正史 原田俊太

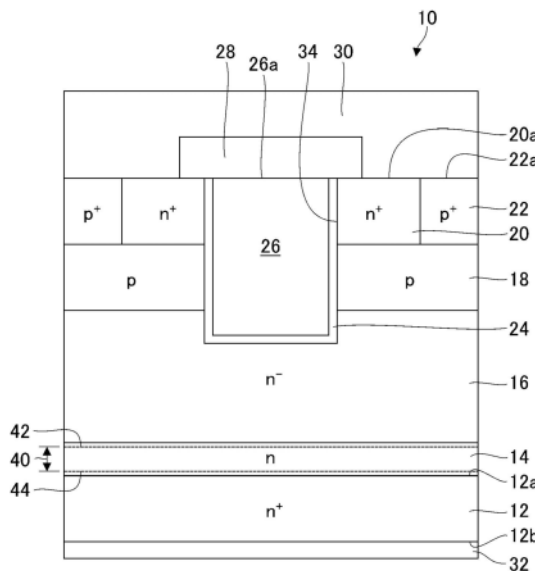
权利要求书2页 说明书7页 附图9页

(54) 发明名称

半导体装置及半导体装置的制造方法

(57) 摘要

本发明涉及半导体装置及半导体装置的制造方法,半导体装置(10)具备:基板(12),利用碳化硅来制成;及第1导电型的半导体层,设置于基板(12)的第1面(12a)上。通过氢离子的照射,遍及 $1\mu\text{m}$ 以上的厚度形成氢浓度超过 $10^{15}/\text{cm}^3$ 的高浓度氢区域(40)。高浓度氢区域(40)的至少一部分形成于第1导电型的半导体层内。



1. 一种半导体装置的制造方法,其特征在于,
具备如下步骤:对半导体装置照射氢离子,该半导体装置具备利用碳化硅来制成的基板、和所述基板的第1面上的第1导电型的半导体层,从而遍及 $1\mu\text{m}$ 以上的厚度形成氢浓度超过 $10^{15}/\text{cm}^3$ 的高浓度氢区域的步骤,
所述高浓度氢区域的至少一部分形成于所述第1导电型的半导体层内。
2. 根据权利要求1所述的半导体装置的制造方法,其特征在于,
所述高浓度氢区域的至少一部分形成于离所述第1面为 $5\mu\text{m}$ 以内。
3. 根据权利要求1所述的半导体装置的制造方法,其特征在于,
所述第1导电型的半导体层具备:所述基板上的缓冲层、及所述缓冲层上的杂质浓度低于所述缓冲层的所述第1导电型的漂移层;
所述高浓度氢区域的至少一部分形成于所述缓冲层。
4. 根据权利要求3所述的半导体装置的制造方法,其特征在于,
所述高浓度氢区域的至少一部分形成于所述基板与所述缓冲层的界面。
5. 根据权利要求1所述的半导体装置的制造方法,其特征在于,
所述第1导电型的半导体层具备:所述基板上的缓冲层、及所述缓冲层上的杂质浓度低于所述缓冲层的所述第1导电型的漂移层;
所述高浓度氢区域的至少一部分形成于所述漂移层。
6. 根据权利要求1所述的半导体装置的制造方法,其特征在于,
所述第1导电型的半导体层具备:所述基板上的缓冲层、及所述缓冲层上的杂质浓度低于所述缓冲层的所述第1导电型的漂移层;
所述高浓度氢区域遍及所述缓冲层及所述漂移层而形成。
7. 根据权利要求1至6中任一项所述的半导体装置的制造方法,其特征在于,
所述高浓度氢区域中的氢浓度的峰值为 $10^{16}/\text{cm}^3$ 以上。
8. 根据权利要求1至7中任一项所述的半导体装置的制造方法,其特征在于,
所述高浓度氢区域中的氢浓度为 $10^{20}/\text{cm}^3$ 以下。
9. 根据权利要求1至8中任一项所述的半导体装置的制造方法,其特征在于,
所述氢离子的剂量为 $10^{12}/\text{cm}^2$ 以上。
10. 根据权利要求9所述的半导体装置的制造方法,其特征在于,
所述氢离子的剂量为 $10^{16}/\text{cm}^2$ 以下。
11. 根据权利要求1至10中任一项所述的半导体装置的制造方法,其特征在于,
还具备如下步骤:
对所述半导体层照射与所述第1导电型不同的第2导电型的杂质的离子的步骤;及
为了使所述第2导电型的杂质活性化而以 1500°C 以上的温度进行退火的步骤,
在以所述 1500°C 以上的温度进行退火之前,执行所述氢离子的照射。
12. 根据权利要求1至11中任一项所述的半导体装置的制造方法,其特征在于,
还具备如下步骤:
在所述基板的与第1面相反侧的第2面上形成金属电极层的步骤;及
将所述金属电极层以 450°C 以上且 800°C 以下的温度进行退火的步骤,
在以所述 450°C 以上且 800°C 以下的温度进行退火之前,执行所述氢离子的照射。

13. 一种半导体装置,其特征在于,具备:
基板,利用碳化硅来制成;
第1导电型的半导体层,设置于所述基板上;及
高浓度氢区域,遍及 $1\mu\text{m}$ 以上的厚度而氢浓度超过 $10^{15}/\text{cm}^3$,
所述高浓度氢区域的至少一部分形成于所述第1导电型的半导体层内。

半导体装置及半导体装置的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体装置及半导体装置的制造方法。

背景技术

[0002] 作为下一代功率半导体装置中所使用的材料,碳化硅(SiC)受到瞩目。例如,在SiC基板上形成外延层,在外延层内形成晶体管结构。在SiC半导体装置中,已知在施加电流时,注入载流子被外延层中的层叠缺陷捕获,从而层叠缺陷能量降低,导致层叠缺陷的扩张。由于层叠缺陷的扩张会导致正向电压的上升,因此被视为课题。

[0003] 为了抑制层叠缺陷的扩张,提出有如下技术:向外延层内照射质子而产生寿命控制体(life time killer),在注入载流子被层叠缺陷捕获之前,促进载流子再结合。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特开2019-102493号公报

发明内容

[0007] 发明要解决的技术课题

[0008] 在试图通过产生寿命控制体来抑制层叠缺陷的扩张的情况下,需要在深度方向上大范围地产生寿命控制体,以促进载流子的充分再结合。需要增加外延层的膜厚或在深度方向上大范围地照射质子,这导致制造成本的增加。

[0009] 本发明的一种实施方式的示例性的目的之一在于提供一种抑制SiC半导体装置在施加电流时的层叠缺陷扩张的技术。

[0010] 用于解决技术课题的手段

[0011] 本发明的一种实施方式的半导体装置的制造方法为,具备如下步骤:对半导体装置照射氢离子,该半导体装置具备利用碳化硅来制成的基板、和基板的第1面上的第1导电型的半导体层,从而遍及 $1\mu\text{m}$ 以上的厚度形成氢浓度超过 $10^{15}/\text{cm}^3$ 的高浓度氢区域。高浓度氢区域的至少一部分形成于第1导电型的半导体层内。

[0012] 本发明的另一种实施方式为一种半导体装置。该半导体装置具备:基板,利用碳化硅来制成;第1导电型的半导体层,设置于基板上;及高浓度氢区域,遍及 $1\mu\text{m}$ 以上的厚度而氢浓度超过 $10^{15}/\text{cm}^3$ 。高浓度氢区域的至少一部分形成于第1导电型的半导体层内。

[0013] 另外,在方法、装置、系统等之间相互置换以上构成要件的任意组合、本发明的构成要件、表述而得到的方式也作为本发明的实施方式而有效。

[0014] 发明效果

[0015] 根据本发明的一种实施方式,能够抑制SiC半导体装置在施加电流时的层叠缺陷扩张。

附图说明

- [0016] 图1是示意地表示实施方式所涉及的半导体装置的结构例的剖视图。
- [0017] 图2是表示氢离子照射后的半导体装置的氢浓度的一例的曲线图。
- [0018] 图3是表示比较例及实施例中的高浓度氢区域的厚度和层叠缺陷的扩张有无的表。
- [0019] 图4是示意地表示高浓度氢区域的形成位置的另一例的图。
- [0020] 图5是示意地表示半导体装置的制造工序的剖视图。
- [0021] 图6是示意地表示半导体装置的制造工序的剖视图。
- [0022] 图7是示意地表示半导体装置的制造工序的剖视图。
- [0023] 图8是示意地表示半导体装置的制造工序的剖视图。
- [0024] 图9是示意地表示半导体装置的制造工序的剖视图。
- [0025] 图10是示意地表示半导体装置的制造工序的剖视图。
- [0026] 图11是示意地表示半导体装置的制造工序的剖视图。
- [0027] 图12是表示实施方式所涉及的半导体装置的制造方法的一例的流程图。

具体实施方式

[0028] 以下,对用于实施本发明的方式进行详细说明。另外,以下所述的结构为例示,对本发明的范围不进行任何限定。并且,在附图说明中,对相同的要件标注相同符号,并适当省略重复的说明。并且,在以下的说明中所参考的附图中,各构成部件的大小、厚度是为了便于说明而设定的,并不一定表示实际的尺寸或比率。

[0029] 对本实施方式的概要进行说明。本实施方式涉及一种SiC半导体装置,其具备利用碳化硅(SiC)来制成的基板和设置于基板的第1面上的第1导电型的半导体层。在这样的SiC半导体装置中,存在如下课题:存在于基板和半导体层的界面附近的层叠缺陷在施加电流时会扩张,导致正向电压上升。

[0030] 在本实施方式中,向基板和半导体层的界面附近照射氢离子,使氢固定在包围层叠缺陷的局部位错,抑制施加电流时的层叠缺陷的扩张。通过使氢固定在局部位错,能够抑制注入载流子被层叠缺陷捕获而层叠缺陷能量降低。

[0031] 根据本发明人等的见解,通过氢离子的照射,遍及 $1\mu\text{m}$ 以上的厚度形成氢浓度超过 $10^{15}/\text{cm}^3$ 的高浓度氢区域,由此能够抑制层叠缺陷的扩张。通过遍及 $1\mu\text{m}$ 以上的厚度形成高浓度氢区域,由此能够使足够量的氢固定在包围存在于基板与半导体层的界面附近的层叠缺陷的局部位错,能够良好地抑制层叠缺陷的扩张。

[0032] 图1是示意地表示实施方式所涉及的半导体装置10的结构例的剖视图。半导体装置10为SiC半导体装置,是金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)。半导体装置10具备基板12、缓冲层14、漂移层16、基极区域18、源极区域20、基极接触区域22、栅极绝缘膜24、栅电极26、层间绝缘膜28、源电极30、以及漏电极32。

[0033] 基板12为利用第1导电型(例如n型)或第2导电型(例如p型)的碳化硅(SiC)来制成的SiC基板。基板12例如为n型SiC基板,作为n型杂质例如掺杂有氮(N)。基板12的第1导电型或第2导电型的杂质浓度为 $1.0 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以上,例如为 $2.0 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以上且 $5.0 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 以下。基板12具备第1面12a和与第1面12a相反侧的第2面12b。第1面12a例如为(0001)Si面。

[0034] 缓冲层14为在基板12的第1面12a上外延成长的第1导电型的SiC半导体层。缓冲层14例如为n型SiC层,作为n型杂质例如掺杂有氮(N)。缓冲层14的第1导电型的杂质浓度低于基板12的第1导电型或第2导电型的杂质浓度,且高于漂移层16的第1导电型的杂质浓度。缓冲层14的第1导电型的杂质浓度例如为 $1.0 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 以上且 $1.0 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以下。缓冲层14的厚度为 $1.0\mu\text{m}$ 以上且 $5.0\mu\text{m}$ 以下,例如为 $1.5\mu\text{m}$ 以上且 $3.0\mu\text{m}$ 以下,例如为 $2.0\mu\text{m}$ 。

[0035] 漂移层16为在缓冲层14上外延成长的第1导电型的SiC半导体层。漂移层16例如为n型SiC层,作为n型杂质例如掺杂有氮(N)。漂移层16的第1导电型的杂质浓度低于缓冲层14的第1导电型的杂质浓度。漂移层16的第1导电型的杂质浓度例如为 $1.0 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ 以上且 $1.0 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以下。漂移层16的厚度大于缓冲层14的厚度。漂移层16的厚度为 $5.0\mu\text{m}$ 以上且 $50\mu\text{m}$ 以下,例如为 $7.5\mu\text{m}$ 以上且 $15\mu\text{m}$ 以下,例如为 $10\mu\text{m}$ 。

[0036] 基极区域18为设置于漂移层16上的第2导电型的SiC半导体区域。基极区域18例如为p型,作为p型杂质例如掺杂有铝(Al)。基极区域18例如通过对漂移层16照射第2导电型的杂质离子而形成。基极区域18的第2导电型的杂质浓度大于漂移层16的第1导电型的杂质浓度。基极区域18的第2导电型的杂质浓度例如为 $1.0 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ 以上且 $1.0 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以下。

[0037] 源极区域20为设置于基极区域18上的第1导电型的SiC半导体区域。源极区域20与栅极绝缘膜24相邻设置。源极区域20例如为n型,作为n型杂质例如掺杂有氮(N)。源极区域20例如通过对漂移层16照射第1导电型的杂质离子而形成。源极区域20的第1导电型的杂质浓度大于漂移层16。源极区域20的第1导电型的杂质浓度为 $1.0 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以上,例如为 $2.0 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以上且 $5.0 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 以下。

[0038] 基极接触区域22为设置于基极区域18上的第2导电型的SiC半导体区域。基极接触区域22远离栅极绝缘膜24而设置。基极接触区域22例如为p型,作为p型杂质例如掺杂有铝(Al)。基极接触区域22例如通过对漂移层16照射第2导电型的杂质离子而形成。基极接触区域22的第2导电型的杂质浓度大于基极区域18的第2导电型的杂质浓度。基极接触区域22的第2导电型的杂质浓度例如为 $1.0 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 以上且 $1.0 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 以下。

[0039] 栅极绝缘膜24设置于栅极沟槽34的内壁面。栅极绝缘膜24设置成与漂移层16、基极区域18及源极区域20相邻。栅极沟槽34形成为从源极区域20的上表面20a朝向基板12下挖。栅极沟槽34形成为贯穿源极区域20及基极区域18而到达漂移层16的上部。栅极绝缘膜24利用氧化物材料来形成,例如利用 SiO_2 来形成。

[0040] 栅电极26以填埋栅极绝缘膜24(栅极沟槽34)的内侧的方式设置。栅电极26例如利用掺杂了磷(P)、氮(N)等n型杂质的多晶硅来形成。

[0041] 层间绝缘膜28设置于栅极绝缘膜24及栅电极26上。层间绝缘膜28利用任意的绝缘性材料来形成。

[0042] 源电极30设置于源极区域20、基极接触区域22及层间绝缘膜28上。源电极30与源极区域20的上表面20a及基极接触区域22的上表面22a接触。源电极30例如利用铬(Cr)、镍(Ni)等的金属材料来形成。源电极30可以利用层叠不同金属材料的多个金属层而成的金属多层膜来形成。源电极30为形成在半导体装置10的表面上的表面金属电极层。

[0043] 漏电极32设置于基板12的第2面12b。漏电极32与基板12的第2面12b接触。漏电极32例如利用铬(Cr)、镍(Ni)等的金属材料来形成。漏电极32可以利用层叠不同金属材料的多个金属层而成的金属多层膜来形成。漏电极32为形成在半导体装置10的背面上的背面金

属电极层。

[0044] 在半导体装置10的制造工序中,对半导体装置10照射氢离子,遍及 $1\mu\text{m}$ 以上的厚度形成氢浓度超过 $10^{15}/\text{cm}^3$ 的高浓度氢区域40。高浓度氢区域40的至少一部分形成于作为第1导电型的半导体层的缓冲层14或漂移层16。在图1的例子中,高浓度氢区域40整体形成于缓冲层14,并且高浓度氢区域40的上端42及下端44位于缓冲层14。

[0045] 图2是表示氢离子照射后的半导体装置10的氢浓度的一例的曲线图。图2表示将氢离子照射的能量设为 960keV ,将剂量设为 $1.0\times 10^{13}/\text{cm}^2$ 的情况。在图2的例子中,氢浓度超过 $10^{15}/\text{cm}^3$ 的高浓度氢区域40的厚度范围为约 $1.9\mu\text{m}$ 。在图2的例子中,高浓度氢区域40在约 $1.1\mu\text{m}$ 的厚度范围46中,氢浓度超过 $10^{16}/\text{cm}^3$ 。在图2的例子中,高浓度氢区域40中的氢浓度的峰值为 $1.1\times 10^{17}/\text{cm}^3$ 左右。通过在缓冲层14形成这样的高浓度氢区域40,能够抑制半导体装置10在施加电流时的层叠缺陷扩张。

[0046] 层叠缺陷扩张的有无能够通过X射线形貌法或光致发光法来确认。首先,能够通过X射线形貌或光致发光来确认存在于电流施加前的半导体装置10的层叠缺陷的位置,通过X射线形貌或光致发光法来观察在施加电流后层叠缺陷是否扩张。另外,也能够不通过施加电流来产生注入载流子,而通过照射紫外光来产生载流子,并确认有无层叠缺陷的扩张。

[0047] 图3是表示比较例及实施例中的高浓度氢区域40的厚度和层叠缺陷扩张的有无的表。图3总结了使照射氢离子的剂量在 $1.0\times 10^{10}/\text{cm}^2\sim 1.0\times 10^{16}/\text{cm}^2$ 的范围内变化时的层叠缺陷扩张的有无。在高浓度氢区域40的厚度小于 $1\mu\text{m}$ 的比较例1、2中,确认到层叠缺陷的扩张。另一方面,在高浓度氢区域40的厚度为 $1\mu\text{m}$ 以上的实施例1~5中,未确认到层叠缺陷的扩张,因此可知能够抑制层叠缺陷的扩张。

[0048] 另外,可以认为即使在使剂量多于 $1.0\times 10^{16}/\text{cm}^2$ 的情况下也能够抑制层叠缺陷的扩张。然而,在使剂量多于 $1.0\times 10^{16}/\text{cm}^2$ 的情况下,从生产率的观点而言并不优选。

[0049] 图4的(a)~图4的(d)是示意地表示高浓度氢区域40a~40d的形成位置的另一例的图。

[0050] 图4的(a)所示的高浓度氢区域40a遍及基板12及缓冲层14而形成,并且横跨作为基板12与缓冲层14的界面的第1面12a而形成。高浓度氢区域40a的上端42a位于缓冲层14,高浓度氢区域40a的下端44a位于基板12。高浓度氢区域40a的至少一部分形成于基板12及缓冲层14。

[0051] 图4的(b)所示的高浓度氢区域40b遍及基板12、缓冲层14及漂移层16而形成。高浓度氢区域40b横跨作为基板12与缓冲层14的界面的第1面12a而形成,并且横跨缓冲层14与漂移层16的界面36而形成。高浓度氢区域40b的上端42b位于漂移层16,高浓度氢区域40b的下端44b位于基板12。高浓度氢区域40b的至少一部分形成于基板12、缓冲层14及漂移层16。

[0052] 图4的(c)所示的高浓度氢区域40c遍及缓冲层14及漂移层16而形成。高浓度氢区域40c横跨缓冲层14与漂移层16的界面36而形成。高浓度氢区域40c的上端42c位于漂移层16,高浓度氢区域40c的下端44c位于缓冲层14。高浓度氢区域40b的至少一部分形成于缓冲层14及漂移层16。

[0053] 图4的(d)所示的高浓度氢区域40d仅形成于漂移层16。高浓度氢区域40d的上端42d及下端44d位于漂移层16。

[0054] 高浓度氢区域40、40a~40d优选形成于靠近基板12的第1面12a的位置。高浓度氢

区域40、40a~40d的至少一部分优选形成于离基板12的第1面12a为 $5\mu\text{m}$ 以内的位置。高浓度氢区域40、40a~40d的上端42、42a~42d或下端44、44a~44d优选位于离基板12的第1面12a为 $5\mu\text{m}$ 以内的位置。高浓度氢区域40、40a~40d的上端42、42a~42d或下端44、44a~44d也可以形成于离基板12的第1面12a为 $4\mu\text{m}$ 以内、 $3\mu\text{m}$ 以内或 $2\mu\text{m}$ 以内的位置。

[0055] 高浓度氢区域40、40a~40d的氢浓度有可能通过半导体装置10的制造工序中所包括的退火处理而在事后降低。例如,在氢离子的照射之后执行退火处理的情况下,通过退火处理使氢扩散而氢浓度能够降低。此时,固定在包围层叠缺陷的局部位错的氢,即使在退火处理之后也维持固定的状态。即,可以认为通过退火处理而扩散的氢未固定在包围层叠缺陷的局部位错,无助于层叠缺陷的扩张抑制。根据本实施方式,即使半导体装置10完成时的缓冲层14或漂移层16中的氢浓度为 $1.0 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ 以下,只要氢离子照射后的缓冲层14或漂移层16中的氢浓度遍及 $1\mu\text{m}$ 以上的厚度而超过 $1.0 \times 10^{15}/\text{cm}^2$,则能够抑制层叠缺陷的扩张。

[0056] 另外,在氢离子照射后不执行退火处理的情况下,半导体装置10的缓冲层14或漂移层16中的氢浓度有可能维持超过 $1.0 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ 的状态。在该情况下,能够通过氢离子的照射而形成高浓度氢区域40、40a~40d,因此能够抑制层叠缺陷的扩张。

[0057] 接着,对半导体装置10的制造方法进行说明。图5~图11为示意地表示半导体装置的制造工序的剖视图。

[0058] 首先,如图5所示,在基板12的第1面12a上形成缓冲层14,在缓冲层14上形成漂移层16。缓冲层14及漂移层16能够使用化学气相沉积(CVD;Chemical Vapor Deposition)等任意的外延成长法而形成。缓冲层14及漂移层16的成长温度例如为 1500°C 以上且 1700°C 以下。

[0059] 接着,如图6所示,从漂移层16的上方照射氢离子50,在缓冲层14形成高浓度氢区域40。氢离子50的照射能够使用任意的离子照射装置来执行。例如,能够使用回旋加速器方式、范德格拉夫方式的离子照射装置来照射氢离子50。氢离子50也可以从基板12的第2面12b(背面)照射。

[0060] 接着,如图7所示,从漂移层16的上方照射成为第2导电型的杂质的第2杂质离子52,形成基极区域18及基极接触区域22。第2杂质离子52例如为铝离子。基极区域18能够通过从漂移层16的整个面照射第2杂质离子52而形成。基极接触区域22能够通过从屏蔽了成为基极接触区域22的区域以外的状态下照射第2杂质离子52而形成。

[0061] 接着,如图8所示,从漂移层16的上方照射成为第1导电型的杂质的第1杂质离子54,形成源极区域20。第1杂质离子54例如为氮离子。源极区域20能够通过从屏蔽了成为源极区域20的区域以外(例如基极接触区域22)的状态下照射第1杂质离子54而形成。

[0062] 接着,为了使注入到基极区域18、源极区域20及基极接触区域22的第1导电型或第2导电型的杂质活性化,以第1温度执行退火处理。第1温度为 1500°C 以上,例如为 1600°C 以上且 1800°C 以下。通过以第1温度进行退火处理,能够使通过氢离子50的照射而形成于缓冲层14的晶格缺陷恢复。并且,通过以第1温度进行退火处理,未固定在包围扩张缺陷的局部位错的氢扩散,高浓度氢区域40的氢浓度能够降低至 $1 \times 10^{15}/\text{cm}^3$ 以下。

[0063] 接着,如图9所示,形成栅极沟槽34。例如,通过在形成栅极沟槽34的区域以外形成掩模,并在掩模的开口区域中对源极区域20、基极区域18及漂移层16进行干蚀刻,由此能够形成栅极沟槽34。

[0064] 接着,在栅极沟槽34的内壁面上形成栅极绝缘膜24。栅极绝缘膜24例如能够通过
将栅极沟槽34的内壁面以700°C~1000°C左右的温度进行热氧化而形成。接着,在栅极绝缘
膜24的内侧形成栅电极26。栅电极26能够使用CVD等任意的技术来形成。

[0065] 接着,如图10所示,在源极区域20、基极接触区域22、栅极绝缘膜24及栅电极26上
形成层间绝缘膜28。层间绝缘膜28能够使用CVD等任意的技术来形成。接着,在基板12的第2
面12b上形成漏电极32(背面金属电极层)。漏电极32能够使用溅射法、蒸镀法等任意的成膜
技术来形成。

[0066] 在形成漏电极32之后,将漏电极32以第2温度进行退火,并使漏电极32与基板12的
第2面12b欧姆接触。第2温度为450°C以上,例如为600°C以上且800°C以下。

[0067] 接着,如图11所示,去除层间绝缘膜28的一部分,使源极区域20的上表面20a及基
极接触区域22的上表面22a露出。接着,形成图1所示的源电极30(表面金属电极层)。源电极
30能够使用溅射法、蒸镀法等任意的成膜技术来形成。

[0068] 在形成源电极30之后,将源电极30以第3温度进行退火,并使源电极30与源极区域
20及基极接触区域22欧姆接触。第3温度为300°C以上,例如为350°C以上且500°C以下。

[0069] 通过以上的工序,能够完成图1的半导体装置10。

[0070] 图12是表示实施方式所涉及的半导体装置10的制造方法的一例的流程图。首先,
在基板12的第1面12a上形成第1导电型的半导体层(例如,缓冲层14及漂移层16)(S10)。接
着,照射氢离子50,遍及1 μ m以上的厚度而形成氢浓度超过10¹⁵/cm³的高浓度氢区域40
(S12)。照射第2导电型的杂质的离子52而形成基极区域18及基极接触区域22(S14),照射第
1导电型的杂质的离子54而形成源极区域20(S16)。

[0071] 接着,以1500°C以上的第1温度对半导体装置10进行退火(S18),并使基极区域18、
源极区域20及基极接触区域22的杂质活性化。接着,形成栅极沟槽34,在栅极沟槽34内形成
栅极绝缘膜24及栅电极26(S20)。接着,在栅电极26上形成层间绝缘膜28(S22)。

[0072] 接着,在基板12的第2面12b上形成背面金属电极层(漏电极32),并以450°C以上的
第2温度进行退火(S24)。接着,去除层间绝缘膜28的一部分(S26),在层间绝缘膜28上形成
表面金属电极层(源电极30),并以300°C以上的第3温度进行退火(S28)。

[0073] 根据本实施方式,通过以遍及1 μ m以上的厚度形成氢浓度超过10¹⁵/cm³的高浓度氢
区域40的方式照射氢离子50,能够抑制层叠缺陷的扩张。尤其,能够抑制存在于缓冲层14、
漂移层16的层叠缺陷向上方扩张,并抑制层叠缺陷到达基极区域18、源极区域20及基极接
触区域22。由此,能够抑制半导体装置10的伴随通电使用的性能降低。

[0074] 根据本实施方式,通过在氢离子50的照射之后,以1500°C以上的第1温度执行退火
处理,由此能够使因氢离子50的照射而形成于缓冲层14、漂移层16等的晶格缺陷恢复。由
此,能够抑制因晶格缺陷所引起的载流子的寿命减少,并能够抑制对器件特性的影响。

[0075] 在图12的流程中,可以替换S12~S16的工序顺序。例如,可以在S14的第2杂质离子
52的照射之后执行S12的氢离子50的照射,也可以在S16的第1杂质离子54的照射之后执行
S12的氢离子50的照射。并且,也可以在S16的第1杂质离子54的照射之后执行S14的第2杂质
离子52的照射。

[0076] 在图12的流程中,可以在S18的第1温度的退火处理之后执行S12的氢离子50的照
射。在该情况下,通过S24的第2温度的退火处理,能够使因氢离子50的照射而产生的晶格缺

陷恢复。S12的氢离子50的照射工序可以在S18与S20之间执行,也可以在S20与S22之间执行,也可以在S22与S24之间执行。

[0077] 在图12的流程中,可以在S24的第2温度的退火处理之后执行S12的氢离子50的照射。在该情况下,S12的氢离子50的照射工序可以在S24与S26之间执行,也可以在S26与S28之间执行。在该情况下,由于S28的退火处理的第3温度较低,因此注入到高浓度氢区域40的氢的扩散被抑制。在该情况下,在半导体装置10完成时,高浓度氢区域40中的氢浓度也可以维持超过 $1.0 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ 的状态。

[0078] 在图12的流程中,可以替换S22~S28的工序的顺序。例如,可以在形成S24的背面金属电极层(漏电极32)之后执行S22的层间绝缘膜28的形成。除此以外,S24的背面金属电极层(漏电极32)的形成工序可以在S26的工序之后,也可以在S28的工序之后。

[0079] 在上述的实施方式中,示出了半导体装置10为MOSFET的情况。在本实施方式中,只要具备基板、缓冲层及漂移层的层叠结构,则也能够应用于MOSFET以外的SiC半导体装置。例如,半导体装置10可以为接合型场效应晶体管(JFET)、双极性晶体管(BJT)、绝缘栅双极型晶体管(IGBT)等晶体管,也可以为肖特基势垒二极管、PIN二极管等二极管。

[0080] 以上,根据实施例对本发明进行了说明。本领域技术人员应理解,本发明并不限定于上述实施方式,能够进行各种设计变更,能够进行各种变形例,并且这种变形例也在本发明的范围内。

[0081] 产业上的可利用性

[0082] 根据本发明的一种实施方式,能够抑制SiC半导体装置在施加电流时的层叠缺陷的扩张。

[0083] 符号的说明

[0084] 10-半导体装置,12-基板,12a-第1面,12b-第2面,14-缓冲层,16-漂移层,40-高浓度氢区域。

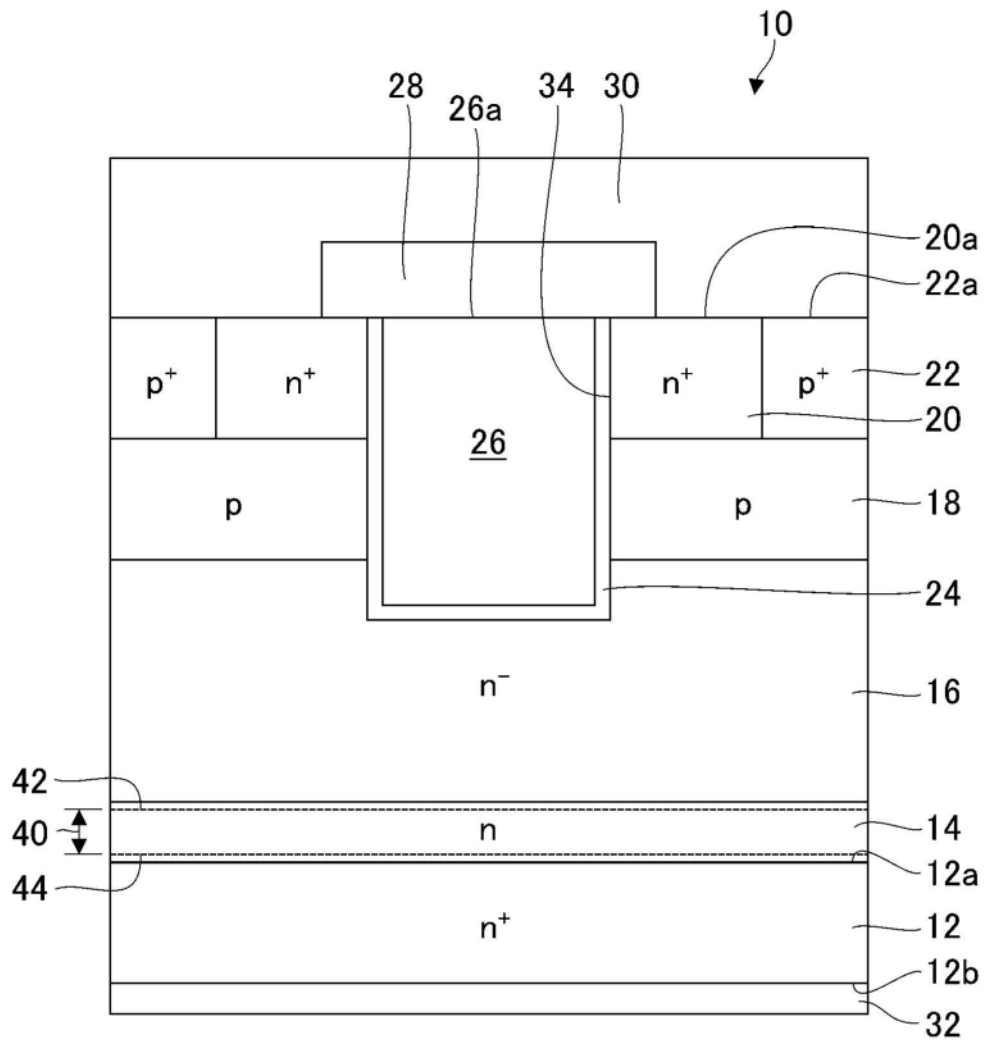


图1

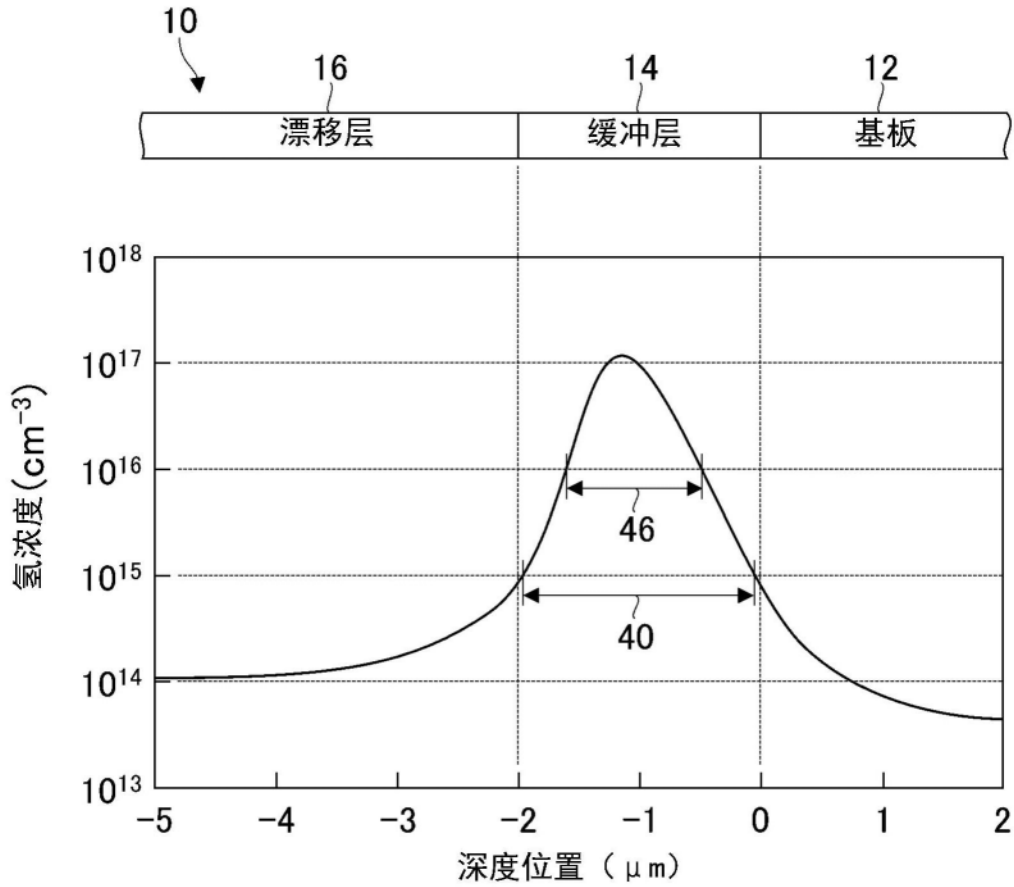


图2

	氢离子剂量 ($/\text{cm}^2$)	高浓度氢区域的厚度 (μm)	有无层叠缺陷 的扩张
比较例1	1.0×10^{10}	0	有
比较例2	1.0×10^{11}	0.25	有
实施例1	1.0×10^{12}	1.12	无
实施例2	1.0×10^{13}	1.91	无
实施例3	1.0×10^{14}	>5	无
实施例4	1.0×10^{15}	>5	无
实施例5	1.0×10^{16}	>5	无

图3

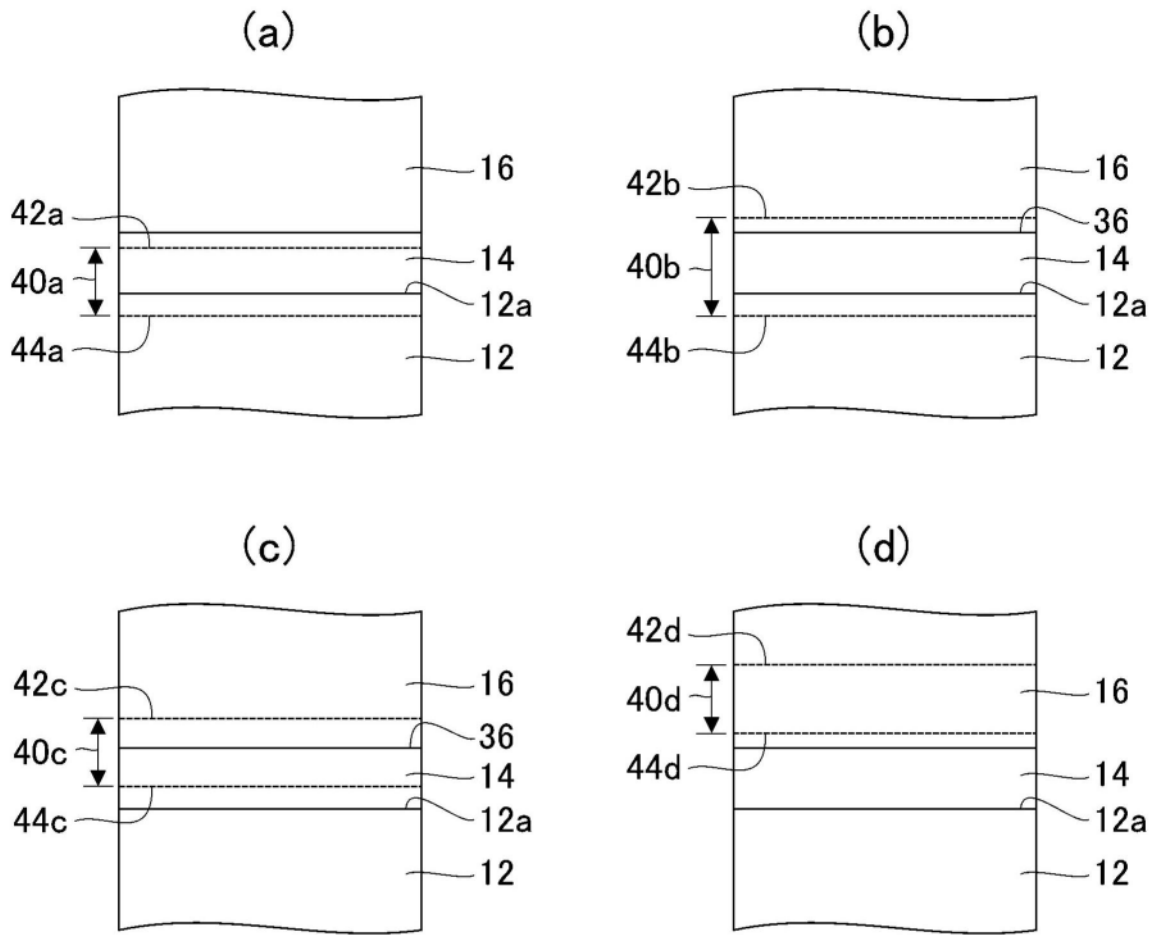


图4

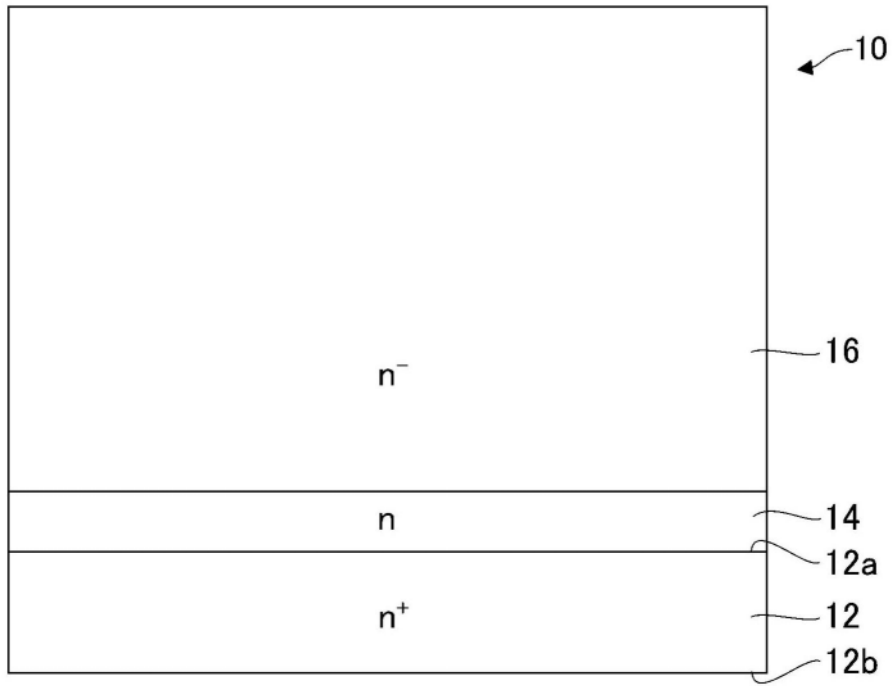


图5

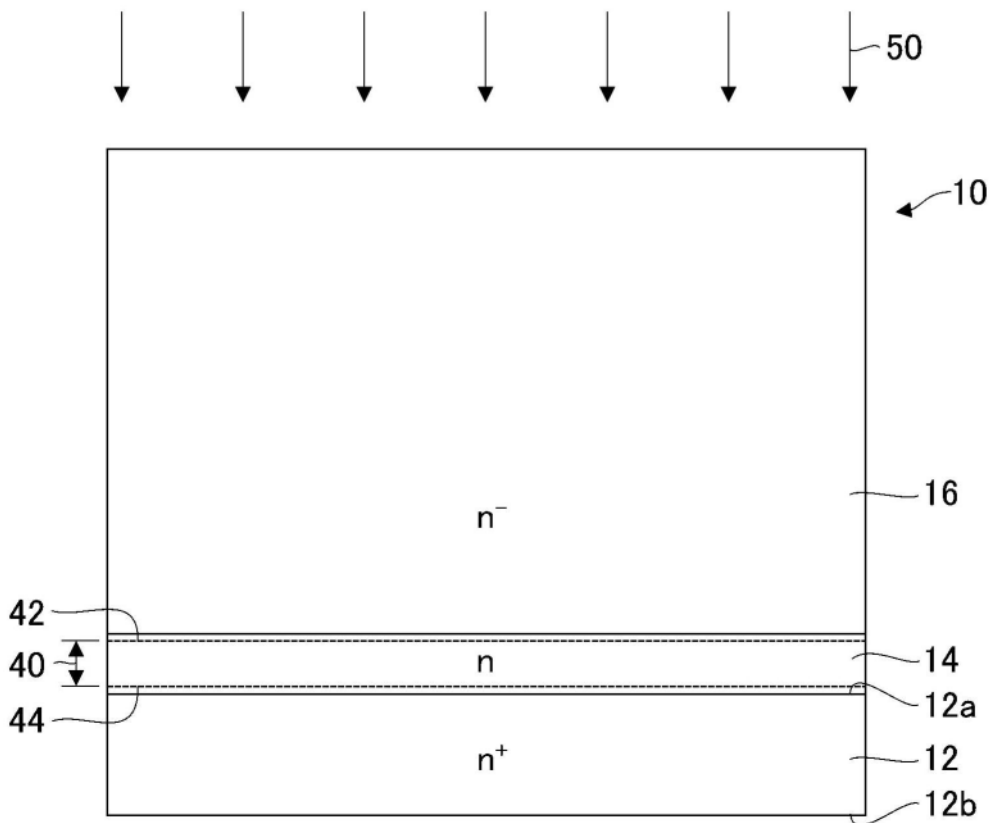


图6

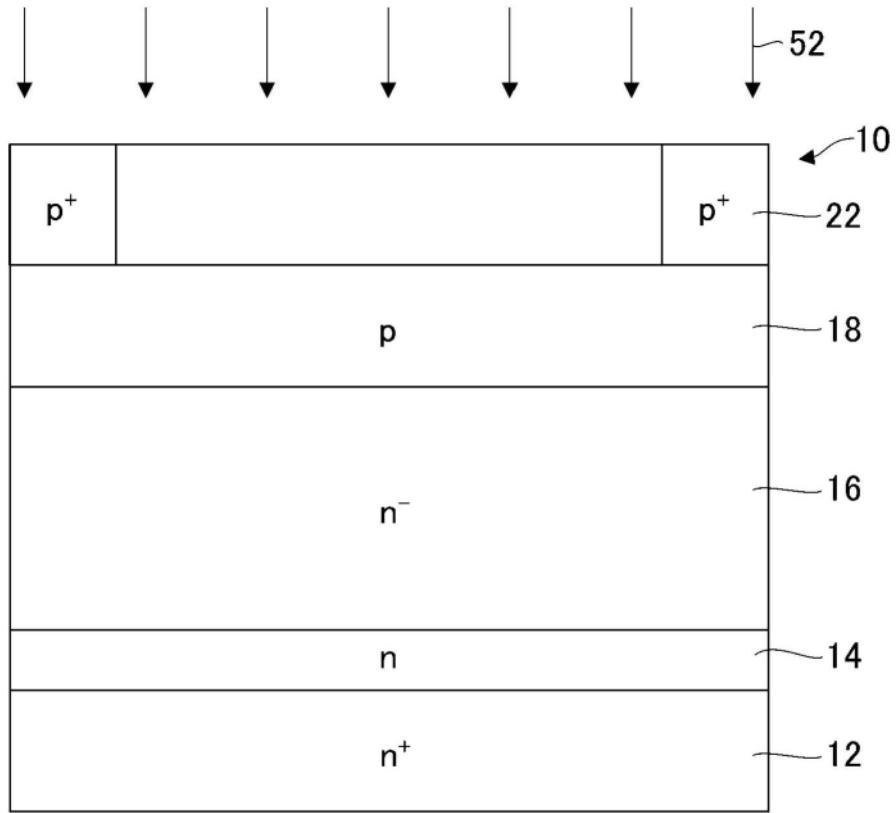


图7

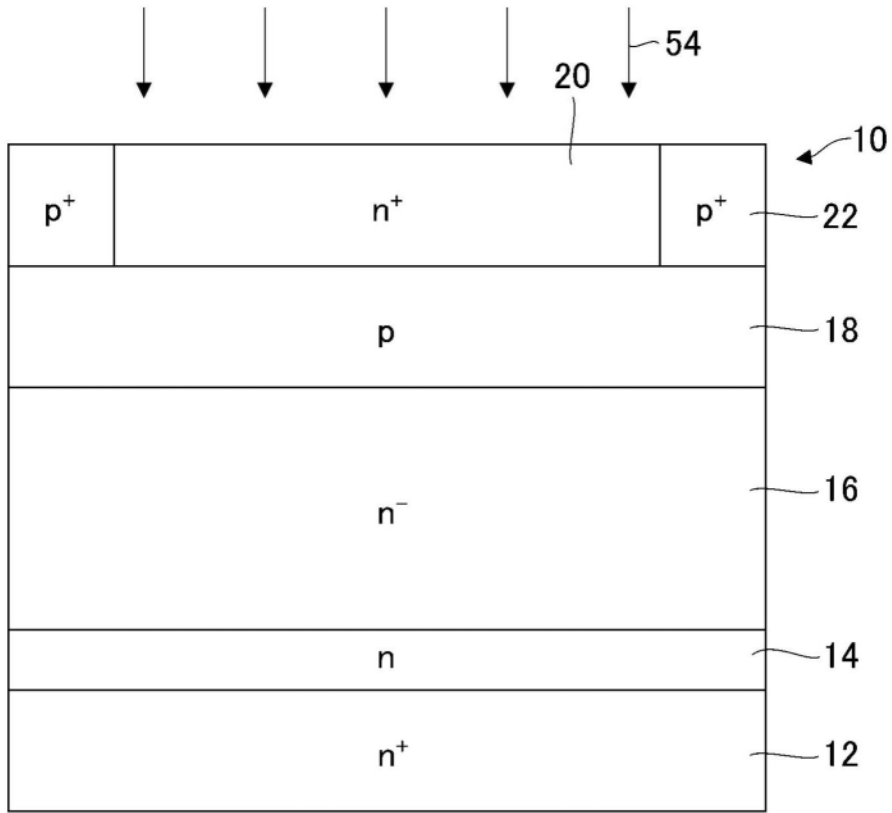


图8

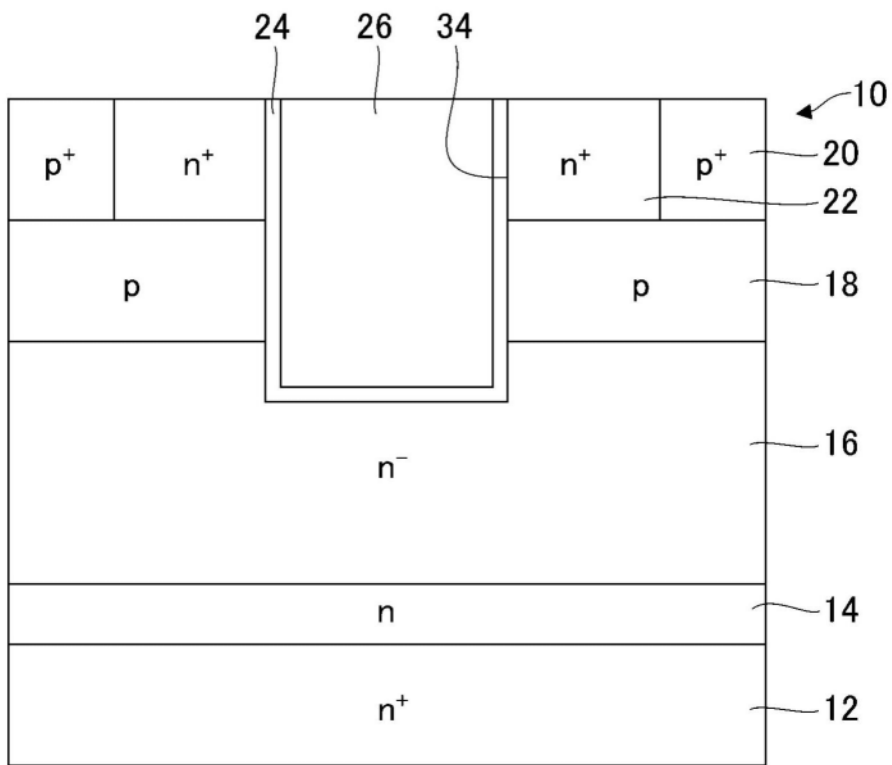


图9

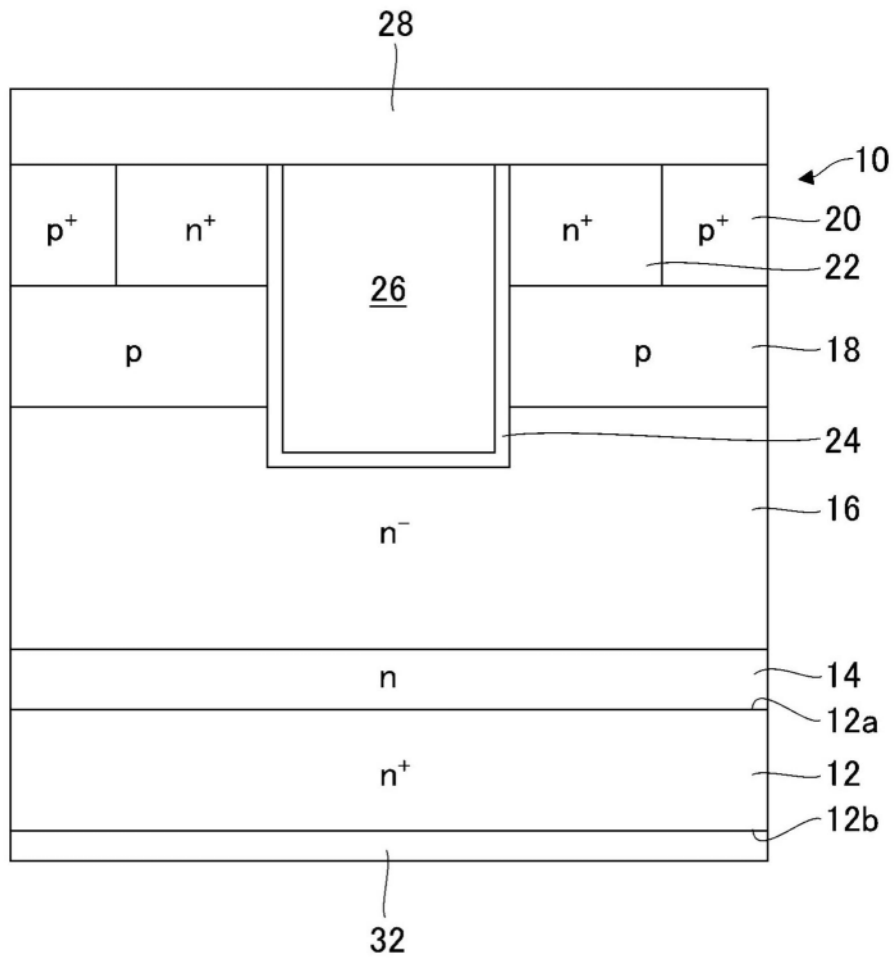


图10

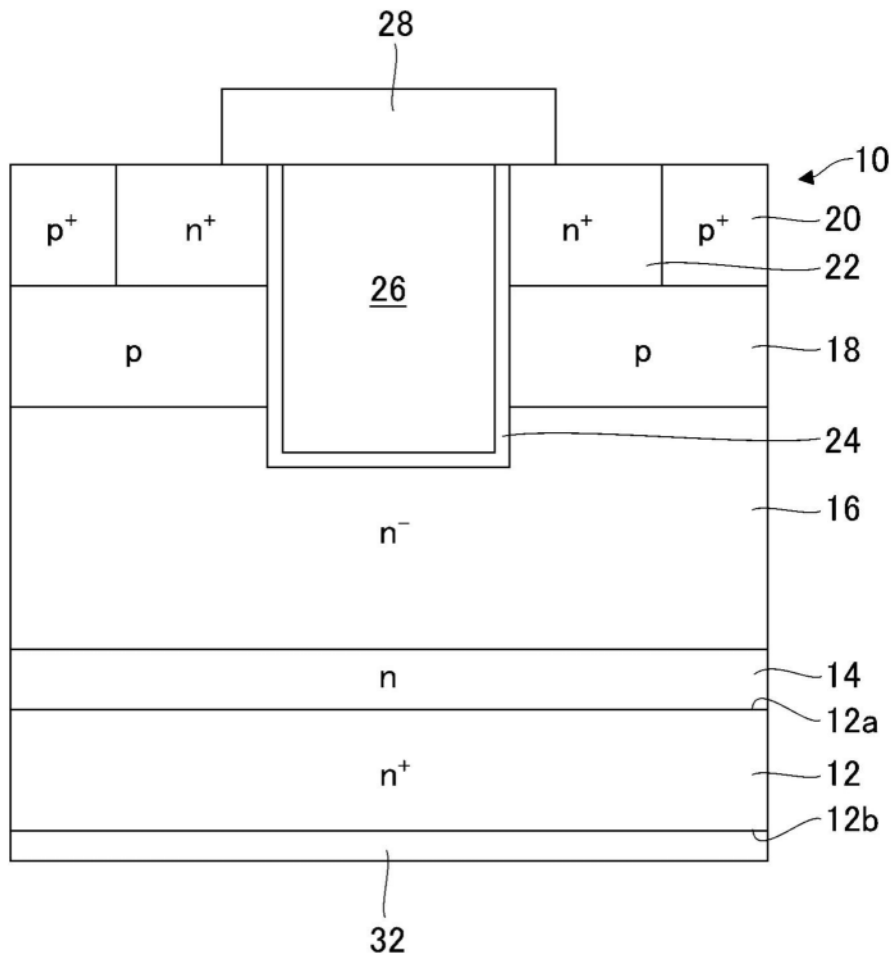


图11

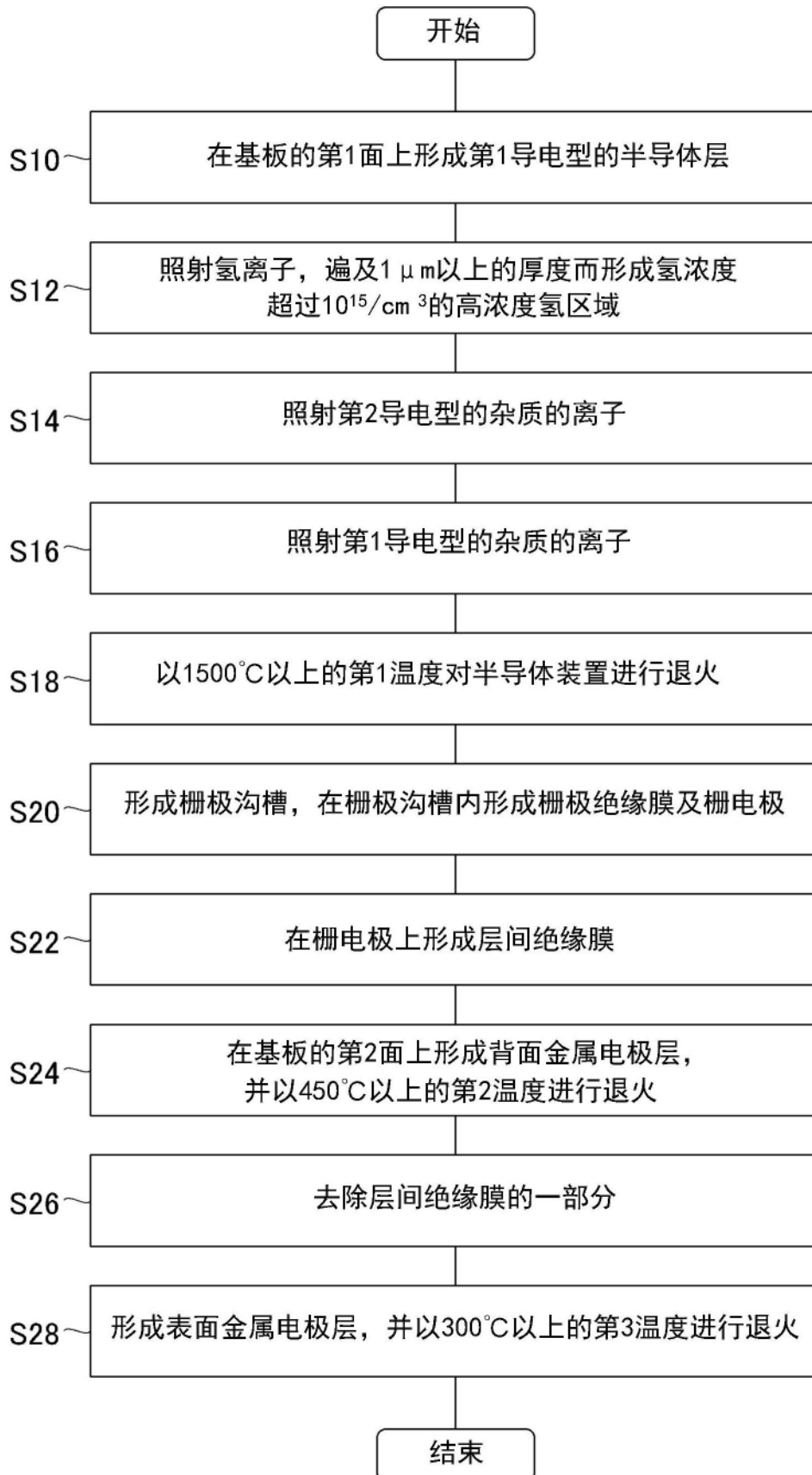


图12