



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114902426 A

(43) 申请公布日 2022. 08. 12

(21) 申请号 202180007761.8

(22) 申请日 2021.07.13

(30) 优先权数据

2020-121285 2020.07.15 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2022.06.28

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2021/026375 2021.07.13

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/014623 JA 2022.01.20

(71) 申请人 富士电机株式会社

地址 日本神奈川县川崎市

(72) 发明人 阿形泰典 白川彻

(74) 专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限公司 11286

专利代理师 包跃华 周春燕

(51) Int.Cl.

H01L 29/78 (2006.01)

H01L 21/8234 (2006.01)

H01L 27/06 (2006.01)

H01L 27/088 (2006.01)

H01L 29/06 (2006.01)

H01L 29/12 (2006.01)

H01L 29/739 (2006.01)

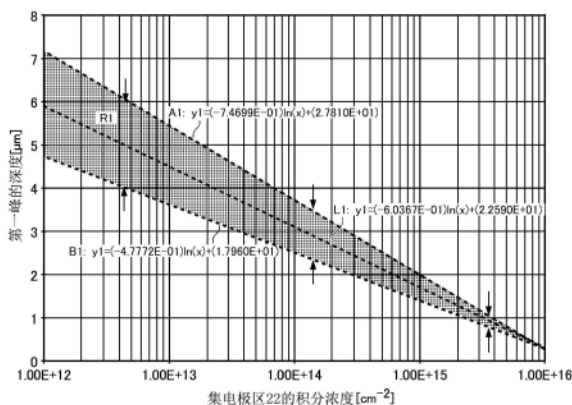
权利要求书2页 说明书19页 附图21页
按照条约第19条修改的权利要求书2页

(54) 发明名称

半导体装置

(57) 摘要

提供一种半导体装置,其包括:第一导电型的漂移区,设置于半导体基板;第一导电型的场截止区,设置于漂移区的下方,具有一个或多个峰;以及第二导电型的集电极区,设置于场截止区的下方,在将集电极区的积分浓度设为 x [cm^{-2}],将一个或多个峰中的从半导体基板的背面起算最浅的第一峰的深度设为 $y1$ [μm],并设线A1: $y1 = (-7.4699\text{E}-01) \ln(x) + (2.7810\text{E}+01)$ 、线B1: $y1 = (-4.7772\text{E}-01) \ln(x) + (1.7960\text{E}+01)$ 的情况下,第一峰的深度和积分浓度处于线A1与线B1之间的范围。



1. 一种半导体装置,其特征在于,包括:
第一导电型的漂移区,设置于半导体基板;
第一导电型的场截止区,设置于所述漂移区的下方,具有一个或多个峰;以及
第二导电型的集电极区,设置于所述场截止区的下方,
在将所述集电极区的积分浓度设为 $x[\text{cm}^{-2}]$,将所述一个或多个峰中的从所述半导体基板的背面起算最浅的第一峰的深度设为 $y_1[\mu\text{m}]$,并设
线A1: $y_1 = (-7.4699\text{E}-01) \ln(x) + (2.7810\text{E}+01)$ 、
线B1: $y_1 = (-4.7772\text{E}-01) \ln(x) + (1.7960\text{E}+01)$ 的情况下,所述第一峰的深度和所述积分浓度处于线A1与线B1之间的范围。
2. 根据权利要求1所述的半导体装置,其特征在于,
所述集电极区的积分浓度为 $8.00\text{E}15\text{cm}^{-2}$ 以下。
3. 根据权利要求1所述的半导体装置,其特征在于,
所述集电极区的积分浓度为 $3.00\text{E}14\text{cm}^{-2}$ 以下。
4. 根据权利要求1所述的半导体装置,其特征在于,
所述集电极区的积分浓度为 $2.00\text{E}14\text{cm}^{-2}$ 以下。
5. 根据权利要求1所述的半导体装置,其特征在于,
所述集电极区的积分浓度为 $1.00\text{E}14\text{cm}^{-2}$ 以下。
6. 根据权利要求1所述的半导体装置,其特征在于,
所述集电极区的积分浓度为 $5.00\text{E}13\text{cm}^{-2}$ 以下。
7. 根据权利要求1所述的半导体装置,其特征在于,
所述集电极区的积分浓度为 $3.00\text{E}13\text{cm}^{-2}$ 以下。
8. 根据权利要求1所述的半导体装置,其特征在于,
所述集电极区的积分浓度为 $1.00\text{E}13\text{cm}^{-2}$ 以下。
9. 根据权利要求1~8中任一项所述的半导体装置,其特征在于,
所述第一峰的深度为 $0.5\mu\text{m}$ 以上且 $7.2\mu\text{m}$ 以下。
10. 根据权利要求1~8中任一项所述的半导体装置,其特征在于,
所述第一峰的深度为 $2.0\mu\text{m}$ 以上且 $7.2\mu\text{m}$ 以下。
11. 根据权利要求1~10中任一项所述的半导体装置,其特征在于,
在将所述一个或多个峰中的从所述背面起算第二浅的第二峰的深度设为 $y_2[\mu\text{m}]$,并设
线A2: $y_2 = (-3.1095\text{E}+00) \ln(x) + (1.1416\text{E}+02)$ 、
线B2: $y_2 = (-1.9239\text{E}+00) \ln(x) + (7.1030\text{E}+01)$ 的情况下,所述第二峰的深度和所述积分浓度处于线A2与线B2之间的范围。
12. 根据权利要求11所述的半导体装置,其特征在于,
所述第二峰的深度为 $3.5\mu\text{m}$ 以上且 $28\mu\text{m}$ 以下。
13. 根据权利要求1~12中任一项所述的半导体装置,其特征在于,
在将连接于所述半导体装置的电路的杂散电感 L_s 设为 $X_c[\text{nH}]$,将集电极电流减小率 dI_{ce}/dt 设为 $Y_c[\text{A}/\mu\text{s}]$,并设线C1: $Y_c = 10000X_c^{-1}$ 的情况下,所述杂散电感 L_s 和所述集电极电流减小率 dI_{ce}/dt 处于比线C1大的范围。
14. 根据权利要求1~13中任一项所述的半导体装置,其特征在于,

所述一个或多个峰的掺杂剂为氢。

15. 根据权利要求1~14中任一项所述的半导体装置,其特征在于,所述半导体装置具备:

有源区,设置于所述半导体基板;以及

外周区,在俯视所述半导体基板时,设置于所述有源区的外周。

16. 根据权利要求1~15中任一项所述的半导体装置,其特征在于,所述半导体装置具备:

第二导电型的基区,设置于所述漂移区的上方;

第一导电型的发射极区,设置于所述基区的上方,且掺杂浓度比所述漂移区的掺杂浓度高;

第二导电型的接触区,设置于所述基区的上方,且掺杂浓度比所述基区的掺杂浓度高;以及

多个栅极沟槽部,设置于所述半导体基板。

17. 根据权利要求1~16中任一项所述的半导体装置,其特征在于,所述场截止区与所述集电极区之间的边界处的掺杂浓度为 $1E16\text{cm}^{-3}$ 以下。

18. 根据权利要求1~17中任一项所述的半导体装置,其特征在于,所述场截止区与所述集电极区之间的边界处的掺杂浓度为 $5E15\text{cm}^{-3}$ 以下。

19. 根据权利要求1~18中任一项所述的半导体装置,其特征在于,所述场截止区与所述集电极区之间的边界处的掺杂浓度为 $2E15\text{cm}^{-3}$ 以下。

20. 根据权利要求1~19中任一项所述的半导体装置,其特征在于,所述场截止区与所述集电极区之间的边界处的氢化学浓度为 $1E18\text{cm}^{-3}$ 以下。

21. 根据权利要求1~20中任一项所述的半导体装置,其特征在于,所述场截止区与所述集电极区之间的边界处的氢化学浓度为 $1E17\text{cm}^{-3}$ 以下。

22. 根据权利要求1~21中任一项所述的半导体装置,其特征在于,所述场截止区与所述集电极区之间的边界处的氢化学浓度为 $1E15\text{cm}^{-3}$ 以上。

23. 根据权利要求1~22中任一项所述的半导体装置,其特征在于,所述场截止区与所述集电极区之间的边界处的氢化学浓度为 $1E16\text{cm}^{-3}$ 以上。

半导体装置

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体装置。

背景技术

[0002] 以往,已知具备场截止区的半导体装置(例如,参照专利文献1)。

[0003] 专利文献1:日本特开2015-135954号公报

发明内容

[0004] 技术问题

[0005] 期望防止由电流切断时的浪涌电压引起的元件破坏。

[0006] 技术方案

[0007] 在本发明的第一方式中,提供一种半导体装置,其包括:第一导电型的漂移区,设置于半导体基板;第一导电型的场截止区,设置于漂移区的下方,具有一个或多个峰;以及第二导电型的集电极区,设置于场截止区的下方,在将集电极区的积分浓度设为 $x[\text{cm}^{-2}]$,将一个或多个峰中的从半导体基板的背面起算最浅的第一峰的深度设为 $y1[\mu\text{m}]$,并设线A1: $y1 = (-7.4699\text{E}-01) \ln(x) + (2.7810\text{E}+01)$ 、线B1: $y1 = (-4.7772\text{E}-01) \ln(x) + (1.7960\text{E}+01)$ 的情况下,第一峰的深度和积分浓度处于线A1与线B1之间的范围。

[0008] 集电极区的积分浓度可以为 $8.00\text{E}15\text{cm}^{-2}$ 以下。

[0009] 集电极区的积分浓度可以为 $3.00\text{E}14\text{cm}^{-2}$ 以下。

[0010] 集电极区的积分浓度可以为 $2.00\text{E}14\text{cm}^{-2}$ 以下。

[0011] 集电极区的积分浓度可以为 $1.00\text{E}14\text{cm}^{-2}$ 以下。

[0012] 集电极区的积分浓度可以为 $5.00\text{E}13\text{cm}^{-2}$ 以下。

[0013] 集电极区的积分浓度可以为 $3.00\text{E}13\text{cm}^{-2}$ 以下。

[0014] 集电极区的积分浓度可以为 $1.00\text{E}13\text{cm}^{-2}$ 以下。

[0015] 第一峰的深度可以为 $0.5\mu\text{m}$ 以上且 $7.2\mu\text{m}$ 以下。

[0016] 第一峰的深度可以为 $2.0\mu\text{m}$ 以上且 $7.2\mu\text{m}$ 以下。

[0017] 在将一个或多个峰中的从背面起算第二浅的第二峰的深度设为 $y2[\mu\text{m}]$,并设线A2: $y2 = (-3.1095\text{E}+00) \ln(x) + (1.1416\text{E}+02)$ 、线B2: $y2 = (-1.9239\text{E}+00) \ln(x) + (7.1030\text{E}+01)$ 的情况下,第二峰的深度和积分浓度可以处于线A2与线B2之间的范围。

[0018] 第二峰的深度可以为 $3.5\mu\text{m}$ 以上且 $28\mu\text{m}$ 以下。

[0019] 在将连接于半导体装置的电路的杂散电感 L_s 设为 $Xc[\text{nH}]$,将集电极电流减小率 dI_{ce}/dt 设为 $Yc[\text{A}/\mu\text{s}]$,并设线C1: $Yc = 10000Xc^{-1}$ 的情况下,杂散电感 L_s 和集电极电流减小率 dI_{ce}/dt 可以处于比线C1大的范围。

[0020] 一个或多个峰的掺杂剂可以为氢。

[0021] 半导体装置可以具备:有源区,设置于半导体基板;以及外周区,在俯视半导体基板时,设置于有源区的外周。

[0022] 半导体装置可以具备：第二导电型的基区，设置于漂移区的上方；第一导电型的发射极区，设置于基区的上方，且掺杂浓度比漂移区的掺杂浓度高；第二导电型的接触区，设置于基区的上方，且掺杂浓度比基区的掺杂浓度高；以及多个栅极沟槽部，设置于半导体基板。

[0023] 场截止区与集电极区之间的边界处的掺杂浓度可以为 $1E16\text{cm}^{-3}$ 以下。

[0024] 场截止区与集电极区之间的边界处的掺杂浓度可以为 $5E15\text{cm}^{-3}$ 以下。

[0025] 场截止区与集电极区之间的边界处的掺杂浓度可以为 $2E15\text{cm}^{-3}$ 以下。

[0026] 场截止区与集电极区之间的边界处的氢化学浓度可以为 $1E18\text{cm}^{-3}$ 以下。

[0027] 场截止区与集电极区之间的边界处的氢化学浓度可以为 $1E17\text{cm}^{-3}$ 以下。

[0028] 场截止区与集电极区之间的边界处的氢化学浓度可以为 $1E15\text{cm}^{-3}$ 以上。

[0029] 场截止区与集电极区之间的边界处的氢化学浓度可以为 $1E16\text{cm}^{-3}$ 以上。

[0030] 应予说明，上述的发明概要并未列举出本发明的全部特征。此外，这些特征组的子组合也能够成为发明。

附图说明

[0031] 图1A是半导体装置100的俯视图的一例。

[0032] 图1B是与图1A的区域A对应的半导体装置100的俯视图的一例。

[0033] 图1C是示出图1B中的b-b' 截面的一例的图。

[0034] 图1D是示出图1C的c-c' 线的位置处的深度方向上的掺杂浓度分布的一例的图。

[0035] 图1E是图1D中的场截止区20和集电极区22的放大图。

[0036] 图1F是示出第一浓度峰和集电极区22中的深度方向上的净掺杂浓度和氢化学浓度的分布的一例的图。

[0037] 图1G是与图1A的区域B对应的半导体装置100的俯视图的一例。

[0038] 图1H是示出图1A中的a-a' 截面的一例的图。

[0039] 图2A是半导体装置100的钳位耐量试验时的电路的一例。

[0040] 图2B是用于说明半导体装置100的钳位能量的图。

[0041] 图3A示出集电极区22的掺杂浓度与钳位能量之间的关系。

[0042] 图3B示出集电极区22的掺杂浓度与元件的耐压之间的关系。

[0043] 图4A示出实施例的半导体装置100的电流电压特性的一例。

[0044] 图4B示出比较例的半导体装置500的电流电压特性的一例。

[0045] 图5A示出集电极区22的积分浓度与第一峰P1的深度之间的关系的例子。

[0046] 图5B示出集电极区22的积分浓度与第一峰P1的深度之间的关系的另一例。

[0047] 图5C示出集电极区22的积分浓度与第一峰P1的深度之间的关系的另一例。

[0048] 图6A示出集电极区22的积分浓度与第一峰P1的深度之间的关系的另一例。

[0049] 图6B示出集电极区22的积分浓度与第一峰P1的深度之间的关系的另一例。

[0050] 图6C示出集电极区22的积分浓度与第一峰P1的深度之间的关系的另一例。

[0051] 图6D示出集电极区22的积分浓度与第一峰P1的深度之间的关系的另一例。

[0052] 图6E示出集电极区22的积分浓度与第一峰P1的深度之间的关系的另一例。

[0053] 图6F示出集电极区22的积分浓度与第一峰P1的深度之间的关系的另一例。

- [0054] 图7A示出集电极区22的积分浓度与第二峰P2的深度之间的关系。
- [0055] 图7B示出集电极区22的积分浓度与第二峰P2的深度的关系的另一例。
- [0056] 图7C示出集电极区22的积分浓度与第二峰P2的深度之间的关系。
- [0057] 图8A是用于说明杂散电感 L_s 与集电极电流减小率 dI_{ce}/dt 之间的关系的图。
- [0058] 图8B是用于说明比杂散电感 $L_s \cdot A$ 与电流密度 dJ_{ce}/dt 之间的关系的图。
- [0059] 图9是用于说明比杂散电感 $L_s \cdot A$ 与比栅极电阻 $R_g \cdot A$ 之间的关系的图。
- [0060] 符号说明
- [0061] 10: 半导体基板, 12: 发射极区, 14: 基区, 15: 接触区, 16: 蓄积区, 17: 阱区, 18: 漂移区, 20: 场截止区, 21: 正面, 22: 集电极区, 23: 背面, 24: 集电极电极, 25: 连接部, 30: 虚设沟槽部, 31: 延伸部分, 32: 虚设绝缘膜, 33: 连接部分, 34: 虚设导电部, 38: 层间绝缘膜, 39: 氧化膜, 40: 栅极沟槽部, 41: 延伸部分, 42: 栅极绝缘膜, 43: 连接部分, 44: 栅极导电部, 50: 栅极金属层, 51: 栅极流道, 52: 发射极电极, 54: 接触孔, 55: 接触孔, 56: 接触孔, 60: 虚设沟槽区, 61: 台面部, 65: 阱接触区, 70: 晶体管部, 71: 台面部, 76: 温度感测部, 80: 二极管部, 81: 台面部, 82: 阴极区, 90: 边界部, 91: 台面部, 92: 保护环部, 94: 电极层, 96: 沟道截断区, 100: 半导体装置, 110: 有源区, 120: 外周区, 130: 焊盘区, 131: 栅极焊盘, 132: 感测IGBT, 133: 感测发射极焊盘, 134: 阳极焊盘, 135: 阴极焊盘, 500: 半导体装置

具体实施方式

[0062] 以下,通过发明的实施方式对本发明进行说明,但是以下的实施方式并不限定权利要求所涉及的发明。此外,在实施方式中所说明的特征的全部组合并不一定是发明的解决方案所必须的。

[0063] 在本说明书中,将与半导体基板的深度方向平行的方向上的一侧称为“上”,将另一侧称为“下”。将基板、层或其他部件的两个主面中的一面称为上表面,将另一面称为下表面。“上”、“下”、“正”、“背”的方向不限于重力方向或安装半导体装置时向基板等的安装方向。

[0064] 在本说明书中,有时使用X轴、Y轴以及Z轴的正交坐标轴来说明技术事项。正交坐标轴仅是确定构成要素的相对位置,并不限定特定的方向。例如,Z轴不限于表示相对于地面的高度方向。应予说明,+Z轴方向和-Z轴方向为彼此反向的方向。在未记载正负而记载为Z轴方向的情况下,是指与+Z轴和-Z轴平行的方向。

[0065] 在本说明书中,将与半导体基板上表面平行的面设为XY面,将与半导体基板上表面和下表面平行的正交轴设为X轴和Y轴。此外,将与半导体基板上表面和下表面垂直的轴设为Z轴。有时将半导体基板的深度方向称为Z轴。应予说明,在本说明书中,关于沿Z轴方向观察半导体基板的情况,称为俯视。此外,在本说明书中,包括X轴和Y轴在内有时将与半导体基板上表面和下表面平行的方向称为水平方向。

[0066] 在各实施例中示出了将第一导电型设为N型,将第二导电型设为P型的例子,但也可以将第一导电型设为P型,将第二导电型设为N型。在此情况下,各实施例中的基板、层、区域等的导电型分别成为相反的极性。

[0067] 在本说明书中,在称为“相同”或“相等”的情况下,也可以包括具有因制造偏差等引起的误差的情况。该误差为例如10%以内。

[0068] 在本说明书中,将掺杂有杂质的掺杂区的导电型设为P型或N型进行说明。在本说明书中,杂质有时特别指N型的施主或P型的受主中的任一种,有时记载为掺杂剂。在本说明书中,掺杂是指向半导体基板导入施主或受主,制成显示N型的导电型的半导体或显示P型的导电型的半导体。

[0069] 在本说明书中,掺杂浓度是指热平衡状态下的施主的浓度或受主的浓度。在本说明书中,净掺杂浓度是指将施主浓度设为正离子的浓度,将受主浓度设为负离子的浓度,并包括电荷的极性在内进行相加而得到的净的浓度。作为一个例子,如果将施主浓度设为 N_D ,将受主浓度设为 N_A ,则任意的任意位置处的净的净掺杂浓度为 $N_D - N_A$ 。

[0070] 施主具有向半导体供给电子的功能。受主具有从半导体接受电子的功能。施主和受主不限于杂质本身。例如,存在于半导体中的空位(V)、氧(O)和氢(H)结合而成的VOH缺陷作为供给电子的施主发挥功能。有时将VOH缺陷简称为氢施主。

[0071] 在本说明书中,在记载为P+型或N+型的情况下,是指掺杂浓度比P型或N型的掺杂浓度高,在记载为P-型或N-型的情况下,是指掺杂浓度比P型或N型的掺杂浓度低。另外,在本说明书中,在记载为P++型或N++型的情况下,是指掺杂浓度比P+型或N+型的掺杂浓度高。

[0072] 在本说明书中,化学浓度是指不依赖于电活化的状态而测定的杂质的原子密度。化学浓度例如可以通过二次离子质谱法(SIMS)进行测量。上述的净掺杂浓度可以通过电压-电容测定法(CV法)进行测定。另外,可以将通过扩散电阻测定法(SR法)测量的载流子浓度作为净掺杂浓度。通过CV法或SR法测量的载流子浓度可以作为热平衡状态下的值。另外,在N型的区域中,施主浓度比受主浓度大得多,因此可以将该区域中的载流子浓度作为施主浓度。同样地,在P型的区域中,可以将该区域中的载流子浓度作为受主浓度。应予说明,本发明中的各浓度可以是室温下的值。作为一例,室温下的值可以使用300K(开尔文)(约26.9℃)时的值。

[0073] 另外,在施主、受主或净掺杂的浓度分布具有峰的情况下,可以将该峰值作为该区域中的施主、受主或净掺杂的浓度。在施主、受主或净掺杂的浓度大致均匀的情况下等,可以将该区域中的施主、受主或净掺杂的浓度的平均值作为施主、受主或净掺杂的浓度。

[0074] 通过SR法测量的载流子浓度可以低于施主或受主的浓度。在测定扩散电阻时电流所流动的范围,有时半导体基板的载流子迁移率低于结晶状态的值。载流子迁移率的降低是由于因晶格缺陷等引起的晶体结构的紊乱(无序)而使载流子散乱,从而产生的。

[0075] 根据通过CV法或SR法测量的载流子浓度而算出的施主或受主的浓度可以低于表示施主或受主的元素的化学浓度。作为一个例子,在硅的半导体中成为施主的磷或砷的施主浓度或者成为受主的硼(Boron)的受主浓度是它们的化学浓度的99%左右。另一方面,在硅的半导体中成为施主的氢的施主浓度是氢的化学浓度的例如0.1%~10%的程度。

[0076] 除非另有说明,本说明书的单位制为SI单位制。虽然有时以cm等表示长度的单位,但是各计算可以在换算为米(m)之后进行。

[0077] 在本说明书中,掺杂浓度是指施主化或受主化的掺杂剂的浓度。因此,其单位为/ cm^3 。在本说明书中,有时将施主和受主的浓度差(即净掺杂浓度)设为掺杂浓度。在该情况下,掺杂浓度可以通过SR法测定。另外,也可以将施主和受主的化学浓度设为掺杂浓度。在该情况下,掺杂浓度可以通过SI MS法测定。如果没有特别限定,则作为掺杂浓度,可以使用上述中的任一种。如果没有特别限定,则可以将掺杂区中的掺杂浓度分布的峰值设为该掺

杂区中的掺杂浓度。

[0078] 另外,在本说明书中,剂量是指在进行离子注入时注入到晶片的每单位面积的离子的个数。因此,其单位为/cm²。应予说明,半导体区的剂量可以设为遍及该半导体区的深度方向对掺杂浓度进行积分而得的积分浓度。该积分浓度的单位为/cm²。因此,可以将剂量和积分浓度作为相同的量处理。积分浓度可以设为直到半峰宽为止的积分值,在与其他半导体区的光谱重叠的情况下,可以去除其他半导体区的影响而导出。

[0079] 因此,在本说明书中,能够将掺杂浓度的高低解读为剂量的高低。即,在一个区域的掺杂浓度比另一个区域的掺杂浓度高的情况下,能够理解为该一个区域的剂量比另一个区域的剂量高。

[0080] 图1A是半导体装置100的俯视图的一个例子。半导体装置100具备有源区110、外周区120和焊盘区130。半导体装置100是具备晶体管部70和二极管部80的半导体芯片。半导体装置100具备温度感测部76,可以搭载于IPM(Intelligent Power Module:智能功率模块)等模块。

[0081] 晶体管部70包括IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor:绝缘栅双极型晶体管)等晶体管。二极管部80包括续流二极管(FWD:Free Wheel Diode)等二极管。本例的半导体装置100是在同一芯片具有晶体管部70和二极管部80的反向导通IGBT(RC-IGBT:Reverse Conducting IGBT)。在本例中,晶体管部70的晶体管是IGBT。

[0082] 半导体基板10可以是硅基板,也可以是碳化硅基板,还可以是氮化镓等氮化物半导体基板等。本例的半导体基板10是硅基板。半导体基板10具有有源区110和外周区120。

[0083] 晶体管部70和二极管部80可以在XY平面内交替且周期性地排列。本例的半导体装置100分别具备多个晶体管部70和多个二极管部80。本例的晶体管部70和二极管部80具有沿Y轴方向延伸的沟槽部。但是,晶体管部70和二极管部80也可以具有沿X轴方向延伸的沟槽部。

[0084] 温度感测部76设置在有源区110的上方。温度感测部76可以由单晶或多晶硅形成。如果半导体装置100的温度发生变化,则在温度感测部76流通的电流的正向电压发生变化。基于正向电压的变化,能够检测出半导体装置100的温度。

[0085] 有源区110具有晶体管部70和二极管部80。有源区110是在将半导体装置100控制为导通状态的情况下,在半导体基板10的正面与背面之间流通主电流的区域。即,是在半导体基板10的内部从半导体基板10的正面向背面或从背面向正面沿深度方向流通电流的区域。在本说明书中,将晶体管部70和二极管部80分别称为元件部或元件区。

[0086] 应予说明,在俯视时,被两个元件部所夹的区域也设为有源区110。在本例中,被元件部所夹而设置有栅极流道51的区域也包含在有源区110中。

[0087] 栅极流道51可以将从焊盘区130的栅极焊盘131供给的栅极电位供给到晶体管部70的栅极导电部。栅极流道51在俯视时沿着有源区110的外周而设置。栅极流道51在俯视时还可以还设置于晶体管部70与二极管部80之间的区域。

[0088] 外周区120在俯视时以包围有源区110和焊盘区130的方式设置于半导体基板10的端部周边。是与半导体基板10的外周端之间的区域。外周区120在俯视时以包围有源区110的方式设置。外周区120可以具有边缘终端结构部。边缘终端结构部缓和半导体基板10的正面侧的电场集中。例如,边缘终端结构部具有保护环、场板、降低表面电场部以及将它们组

合而成的结构。

[0089] 焊盘区130具有栅极焊盘131、感测IGBT 132、感测发射极焊盘133、阳极焊盘134以及阴极焊盘135。在本例中,阴极焊盘135、阳极焊盘134、栅极焊盘131、感测IGBT132以及感测发射极焊盘133按该顺序排列设置于X轴方向上。各焊盘可以是包括金(Au)、银(Ag)、铜(Cu)或铝(Al)等的电极焊盘。

[0090] 栅极焊盘131经由栅极流道51与晶体管部70的栅极导电部电连接。栅极焊盘131被设定为栅极电位。

[0091] 感测IGBT 132是用于检测在晶体管部70流通的主电流的IGBT。在感测IGBT 132中流通与在晶体管部70流通的主电流成比例的电流。通过将在感测IGBT 132流通的感测电流引入到设置于半导体装置100的外部的控制电路,从而能够检测晶体管部70的主电流。本例的感测发射极焊盘133具有与感测IGBT 132的发射极相同的电位。感测电流可以经过感测IGBT 132而从感测发射极焊盘133引入到上述的控制电路。控制电路可以基于感测电流来检测主电流,并在晶体管部70流通有过电流的情况下切断在晶体管部70流通的电流。

[0092] 阳极焊盘134与温度感测部76电连接,被设定为温度感测部76的阳极电位。同样地,阴极焊盘135与温度感测部76电连接,被设定为温度感测部76的阴极电位。使用阳极焊盘134和阴极焊盘135,能够检测温度感测部76的阳极-阴极间的电位差。

[0093] 图1B是与图1A的区域A对应的半导体装置100的俯视图的一例。即,示出了有源区110的端部的放大图。

[0094] 晶体管部70是将设置于半导体基板10的背面侧的集电极区22投影到半导体基板10的正面而得的区域。集电极区22具有第二导电型。作为一例,本例的集电极区22为P+型。晶体管部70包括位于晶体管部70与二极管部80的边界的边界部90。

[0095] 二极管部80是将设置于半导体基板10的背面侧的阴极区82投影到半导体基板10的正面而得的区域。阴极区82具有第一导电型。作为一例,本例的阴极区82为N+型。

[0096] 本例的半导体装置100在半导体基板10的正面具备栅极沟槽部40、虚设沟槽部30、发射极区12、基区14、接触区15以及阱区17。另外,本例的半导体装置100具备设置于半导体基板10的正面的上方的发射极电极52和栅极金属层50。

[0097] 发射极电极52设置于栅极沟槽部40、虚设沟槽部30、发射极区12、基区14、接触区15和阱区17的上方。另外,栅极金属层50设置在阱区17和栅极流道51的上方。本例的发射极电极52被设定为晶体管部70的发射极电位。

[0098] 栅极金属层50与晶体管部70的栅极导电部电连接,向晶体管部70供给栅极电压。栅极金属层50与栅极焊盘131电连接。栅极金属层50在俯视时沿着有源区110的外周设置。栅极金属层50在俯视时可以还设置在晶体管部70与二极管部80之间。

[0099] 栅极流道51将栅极金属层50与栅极沟槽部40内的栅极导电部连接。栅极流道51不与虚设沟槽部30内的虚设导电部连接。例如,栅极流道51由掺杂有杂质的多晶硅等形成。

[0100] 发射极电极52和栅极金属层50由包含金属的材料形成。例如,发射极电极52的至少一部分区域可以由铝、铝-硅合金或铝-硅-铜合金形成。发射极电极52可以在由铝等形成的区域的下层具有由钛、钛化合物等形成的阻挡金属。发射极电极52和栅极金属层50彼此分开地设置。

[0101] 发射极电极52和栅极金属层50隔着层间绝缘膜38设置在半导体基板10的上方。在

图1B中省略了层间绝缘膜38。在层间绝缘膜38贯通地设置有接触孔54、接触孔55以及接触孔56。

[0102] 接触孔55将栅极金属层50与栅极流道51连接。在接触孔55的内部可以形成有由钨等形成的插塞。接触孔55可以沿着栅极流道51设置。

[0103] 接触孔56将发射极电极52与虚设沟槽部30内的虚设导电部连接。在接触孔56的内部可以形成有由钨等形成的插塞。

[0104] 连接部25将发射极电极52与接触孔56的内部的插塞电连接。连接部25具有掺杂有杂质的多晶硅等导电性材料。本例的连接部25是掺杂有N型的杂质的多晶硅。连接部25在俯视时覆盖比接触孔56大的范围。连接部25隔着氧化膜等绝缘膜等设置在半导体基板10的正面的上方。

[0105] 栅极沟槽部40沿着预先确定的排列方向(在本例中为X轴方向)以预先确定的间隔排列。本例的栅极沟槽部40可以具有沿着与半导体基板10的正面平行且与排列方向垂直的延伸方向(在本例中为Y轴方向)延伸的两个延伸部分41、以及将两个延伸部分41连接的连接部分43。

[0106] 连接部分43优选至少一部分形成为曲线状。通过将栅极沟槽部40的两个延伸部分41的端部连接,从而能够缓和延伸部分41的端部处的电场集中。在栅极沟槽部40的连接部分43中,栅极流道51可以与栅极导电部连接。

[0107] 虚设沟槽部30是与发射极电极52电连接的沟槽部。虚设沟槽部30与栅极沟槽部40同样地沿着预先确定的排列方向(在本例中为X轴方向)以预先确定的间隔排列。本例的虚设沟槽部30可以与栅极沟槽部40同样地在半导体基板10的正面具有U字形。即,虚设沟槽部30可以具有沿着延伸方向延伸的两个延伸部分31和将两个延伸部分31连接的连接部分33。

[0108] 阱区17是设置于比后述的漂移区18更靠半导体基板10的正面侧的位置的第二导电型的区域。阱区17是设置于半导体装置100的边缘侧的阱区的一例。作为一例,阱区17为P+型。阱区17是从有源区110的设置栅极金属层50一侧的端部起在预先确定的范围内形成。阱区17的扩散深度可以比栅极沟槽部40和虚设沟槽部30的深度深。栅极沟槽部40和虚设沟槽部30的栅极金属层50侧的一部分区域形成于阱区17。栅极沟槽部40和虚设沟槽部30的延伸方向的端部的底部可以被阱区17覆盖。

[0109] 接触孔54在晶体管部70中形成于发射极区12和接触区15的各区域的上方。另外,接触孔54在二极管部80中设置于基区14的上方。接触孔54在边界部90中设置于接触区15的上方。任意接触孔54都没有设置在设置于延伸方向上的两端的阱区17的上方。这样,在层间绝缘膜38形成有一个或多个接触孔54。一个或多个接触孔54可以沿延伸方向延伸而设置。

[0110] 边界部90是设置于晶体管部70且与二极管部80邻接的区域。边界部90具有接触区15。本例的边界部90不具有发射极区12。本例的边界部90以排列方向上的两端成为虚设沟槽部30的方式配置。

[0111] 台面部71、台面部91和台面部81是在与半导体基板10的正面平行的面内与沟槽部邻接地设置的台面部。台面部是指半导体基板10的被相邻的两个沟槽部所夹的部分,且可以从半导体基板10的正面到各沟槽部的最深的底部的深度为止的部分。可以将各沟槽部的延伸部分设为一个沟槽部。即,可以将被两个延伸部分所夹的区域作为台面部。

[0112] 台面部71在晶体管部70中与虚设沟槽部30或栅极沟槽部40中的至少一个相邻地设置。台面部71在半导体基板10的正面具有阱区17、发射极区12、基区14以及接触区15。在台面部71中,发射极区12和接触区15在延伸方向上交替地设置。

[0113] 台面部91设置于边界部90。台面部91在半导体基板10的正面具有基区14、接触区15以及阱区17。本例的台面部91的排列方向上的两端与虚设沟槽部30接触,但也可以是至少一端与栅极沟槽部40接触。在本例中,设置有一个台面部91,但也可以设置多个台面部91。

[0114] 台面部81在二极管部80中设置于被相邻的虚设沟槽部30所夹的区域。台面部81在半导体基板10的正面具有基区14和阱区17。

[0115] 基区14是在晶体管部70和二极管部80中设置于半导体基板10的正面侧的第二导电型的区域。作为一例,基区14为P-型。基区14在半导体基板10的正面可以设置于台面部71和台面部91的延伸方向上的两端部。应予说明,图1B仅示出该基区14的延伸方向上的一个端部。

[0116] 发射极区12是掺杂浓度比漂移区18的掺杂浓度高的第一导电型的区域。作为一例,本例的发射极区12为N+型。发射极区12的掺杂剂的一例是砷(As)。发射极区12在台面部71的正面以与栅极沟槽部40接触的方式设置。发射极区12可以从夹着台面部71的两个沟槽部中的一个沟槽部起沿排列方向延伸到另一个沟槽部的方式设置。发射极区12还设置在接触孔54的下方。

[0117] 另外,发射极区12可以与虚设沟槽部30接触,也可以不与虚设沟槽部30接触。本例的发射极区12与虚设沟槽部30接触。发射极区12可以不设置于边界部90的台面部91。

[0118] 接触区15是掺杂浓度比基区14的掺杂浓度高的第二导电型的区域。作为一例,本例的接触区15为P+型。本例的接触区15设置于台面部71和台面部91的正面。接触区15可以沿排列方向从夹着台面部71或台面部91的两个沟槽部中的一个沟槽部设置到另一个沟槽部。接触区15可以与栅极沟槽部40接触,也可以不与栅极沟槽部40接触。另外,接触区15可以与虚设沟槽部30接触,也可以不与虚设沟槽部30接触。在本例中,接触区15与虚设沟槽部30和栅极沟槽部40接触。接触区15还设置在接触孔54的下方。应予说明,接触区15还可以设置于台面部81。

[0119] 图1C是示出图1B中的b-b'截面的一例的图。b-b'截面是在晶体管部70中穿过发射极区12的XZ面。本例的半导体装置100在b-b'截面中具有半导体基板10、层间绝缘膜38、发射极电极52和集电极电极24。发射极电极52形成在半导体基板10和层间绝缘膜38的上方。

[0120] 漂移区18是设置于半导体基板10的第一导电型的区域。作为一例,本例的漂移区18为N-型。漂移区18可以是在半导体基板10中未形成其他掺杂区而残留的区域。即,漂移区18的掺杂浓度可以是半导体基板10的掺杂浓度。

[0121] 场截止区20是设置于漂移区18的下方的第一导电型的区域。作为一例,本例的场截止区20为N型。场截止区20的掺杂浓度比漂移区18的掺杂浓度高。场截止区20防止从基区14的下表面侧扩展的耗尽层到达第二导电型的集电极区22和第一导电型的阴极区82。

[0122] 场截止区20可以具有一个或多个峰。本例的场截止区20具有第一峰P1~第四峰P4这4个峰。一个或多个峰的掺杂剂可以是氢。

[0123] 第一峰P1~第四峰P4按照该顺序从背面23起依次设置。即,第一峰P1是最接近背

面23的峰。第一峰P1的掺杂浓度可以高于其他峰的掺杂浓度。由此,能够缓慢且可靠地使电压施加时的耗尽层停止。

[0124] 集电极区22在晶体管部70中设置于场截止区20的下方。阴极区82在二极管部80中设置于场截止区20的下方。集电极区22与阴极区82之间的边界是晶体管部70与二极管部80之间的边界。

[0125] 集电极电极24形成于半导体基板10的背面23。集电极电极24由金属等导电材料形成。

[0126] 基区14是在台面部71、台面部91和台面部81中设置于基区14的上方的第二导电型的区域。基区14以与栅极沟槽部40接触的方式设置。基区14可以以与虚设沟槽部30接触的方式设置。

[0127] 发射极区12在台面部71中设置于基区14与正面21之间。发射极区12与栅极沟槽部40接触地设置。发射极区12可以与虚设沟槽部30接触,也可以不与虚设沟槽部30接触。应予说明,发射极区12可以不设置于台面部91。

[0128] 接触区15在台面部91中设置于基区14的上方。接触区15在台面部91中以与栅极沟槽部40接触的方式设置。在其他截面中,接触区15可以设置于台面部71的正面21。

[0129] 蓄积区16是设置于比漂移区18更靠半导体基板10的正面21侧的位置的第一导电型的区域。作为一例,本例的蓄积区16为N+型。蓄积区16设置于晶体管部70和二极管部80。本例的蓄积区16还设置于边界部90。

[0130] 另外,蓄积区16以与栅极沟槽部40接触的方式设置。蓄积区16可以与虚设沟槽部30接触,也可以不与虚设沟槽部30接触。蓄积区16的掺杂浓度比漂移区18的掺杂浓度高。通过设置蓄积区16,从而能够提高载流子注入增强效应(IE效应),降低晶体管部70的导通电压。

[0131] 一个以上的栅极沟槽部40和一个以上的虚设沟槽部30设置于正面21。各沟槽部从正面21起设置到漂移区18为止。在设置有发射极区12、基区14、接触区15和蓄积区16中的至少任一个的区域中,各沟槽部还贯通这些区域而到达漂移区18。沟槽部贯通掺杂区并不限于在形成掺杂区之后形成沟槽部的顺序制造的情况。在形成沟槽部之后在沟槽部之间形成掺杂区的情况也包括在沟槽部贯通掺杂区的情况中。

[0132] 栅极沟槽部40具有形成于正面21的栅极沟槽、栅极绝缘膜42和栅极导电部44。栅极绝缘膜42以覆盖栅极沟槽的内壁的方式形成。栅极绝缘膜42可以通过将栅极沟槽的内壁的半导体氧化或氮化而形成。栅极导电部44在栅极沟槽的内部形成于比栅极绝缘膜42更靠内侧的位置。栅极绝缘膜42将栅极导电部44与半导体基板10绝缘。栅极导电部44由多晶硅等导电材料形成。栅极沟槽部40在正面21被层间绝缘膜38覆盖。

[0133] 栅极导电部44在半导体基板10的深度方向上包括隔着栅极绝缘膜42与在台面部71侧相邻的基区14对置的区域。如果对栅极导电部44施加预先确定的电压,则在基区14中的与栅极沟槽接触的界面的表层形成由电子的反型层形成的沟道。

[0134] 虚设沟槽部30可以具有与栅极沟槽部40相同的结构。虚设沟槽部30具有形成于正面21侧的虚设沟槽、虚设绝缘膜32和虚设导电部34。虚设绝缘膜32以覆盖虚设沟槽的内壁的方式形成。虚设导电部34形成于虚设沟槽的内部,并且形成于比虚设绝缘膜32更靠内侧的位置。虚设绝缘膜32将虚设导电部34与半导体基板10绝缘。虚设沟槽部30在正面21被层

间绝缘膜38覆盖。

[0135] 层间绝缘膜38设置于正面21。在层间绝缘膜38的上方设置有发射极电极52。在层间绝缘膜38设置有用于将发射极电极52与半导体基板10电连接的一个或多个接触孔54。接触孔55和接触孔56也同样地可以以贯通层间绝缘膜38的方式设置。

[0136] 图1D是示出图1B的c-c'线的位置处的、深度方向上的掺杂浓度分布的一例的图。c-c'线在晶体管部70中穿过从发射极区12到集电极区22的区域。图1D的纵轴为对数轴。应予说明,在本例中,对晶体管部70中的场截止区20的掺杂浓度分布进行说明,但二极管部80中的场截止区20也可以具有同样的掺杂浓度分布。

[0137] 本例的漂移区18的掺杂浓度为体施主浓度 D_b 。本例的半导体基板10在整体上分布有第一电型(N型)的体施主。体施主是在制造成为半导体基板10的原料的晶锭时由在晶锭内大致均匀地包含的掺杂剂形成的施主。本例的体施主是除了氢以外的元素。体施主的掺杂剂例如为磷、锑、砷、硒、硫,但并不限于此。本例的体施主是磷。体施主还包含于P型的区域中。半导体基板10可以从半导体的晶锭切出的晶片,也可以是将晶片单片化而成的芯片。半导体的晶锭可以通过切克劳斯基法(CZ法)、磁场施加型切克劳斯基法(MCZ法)、浮区法(FZ法)中的任意一种来制造。本例中的晶锭通过MCZ法制造。体施主浓度 D_b 可以使用分布于整个半导体基板10的施主的化学浓度,也可以是该化学浓度的90%~100%之间的值。

[0138] 在本例中,对场截止区20中的掺杂浓度分布在深度方向上不同的位置具有4个浓度峰P1、P2、P3、P4的情况进行说明。但是,浓度峰的数量并不限于此。在本例中,浓度峰是施主浓度的峰。多个浓度峰能够通过将氢或者磷等杂质注入到场截止区20的多个深度位置而形成。作为一例,可以将P1的位置使用磷,将P2~P4使用作为施主的氢。在本例中,P1~P4全部为作为施主的氢。场截止区20可以在与浓度峰对应的位置具有氢或磷等杂质的浓度峰。杂质的浓度峰是杂质的化学浓度分布中的峰。通过设置多个浓度峰,能够进一步抑制耗尽层到达集电极区22。

[0139] 图1E是图1C的场截止区20和集电极区22中的掺杂浓度分布的放大图。图1E的纵轴是对数轴。在图1E中,多个浓度峰P1、P2、P3、P4的掺杂浓度的峰值分别为 d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 。另外,将集电极区22与场截止区20之间的pn结的深度设为 J_1 。

[0140] 多个浓度峰包括最接近半导体基板10的背面23的最浅峰。在本例中,浓度峰P1相当于最浅峰。本例的浓度峰P1是最接近集电极区22的浓度峰。在二极管部80的场截止区20中,浓度峰P1是最接近阴极区82的浓度峰。阴极区82可以通过注入与浓度峰不同的杂质而形成。例如阴极区82具有磷等的杂质浓度峰,场截止区20具有氢等的杂质浓度峰。

[0141] 多个浓度峰包括配置在比最浅峰(浓度峰P1)远离背面23的位置的高浓度峰。高浓度峰可以是最接近最浅峰的浓度峰P2,也可以是其他的浓度峰。在图1E的例子中,最接近浓度峰P1的浓度峰P2相当于高浓度峰。

[0142] 多个浓度峰包括配置在比高浓度峰远离背面23的位置且掺杂浓度的峰值为高浓度峰的峰值的1/5以下的低浓度峰。低浓度峰可以是多个浓度峰中的最远离背面23而配置的最深峰(在本例中为浓度峰P4)。低浓度峰也可以是除了最深峰以外的浓度峰。即,低浓度峰可以是高浓度峰与最深峰之间的浓度峰。

[0143] 另外,也可以设置两个以上的低浓度峰。低浓度峰优选在深度方向上相邻地配置。多个浓度峰中的最远离背面23配置的两个以上的浓度峰可以是低浓度峰。在图1E的例子

中,作为最深峰的浓度峰P4、设置于朝向背面23仅次于最深峰而远离背面23的位置的浓度峰P3、以及仅次于P3而接近背面23的浓度峰P2是低浓度峰。也可以将除了最接近背面23的浓度峰以外的浓度峰设为低浓度峰。在图1E的例子中,浓度峰P3的掺杂浓度的峰值d3和浓度峰P4的掺杂浓度的峰值d4均为浓度峰P1的掺杂浓度的峰值d1的1/5以下。低浓度峰P2~P4的浓度峰d2~d4可以为浓度峰P1的峰值d1的1/10以下。应予说明,在本例中,P3的峰值d3比P4的峰值d4低。P3的峰值d3也可以高于P4的峰值d4。即,P2~P4的峰值可以朝向正面21而降低。

[0144] 在串联连接的两个半导体装置100同时导通的短路状态下等,有时在半导体装置100的发射极-集电极间施加高电压。在该情况下,电场容易集中在场截止区20中的最深峰(在本例中为浓度峰P4)的附近。因此,如果像浓度峰P3和浓度峰P4等那样提高最深峰附近的掺杂浓度,则会促进电场的集中。如果电场集中,则在半导体装置100的关断时等,栅极电压容易摆动。

[0145] 本例的浓度峰在比高浓度峰(浓度峰P1)深的位置设置掺杂浓度足够小的低浓度峰。因此,能够缓和场截止区20的深的位置处的电场集中。如上所述,低浓度峰可以为一个以上,也可以设置多个。由此,能够将浓度比较低的场截止区20向漂移区18侧形成得长。在图1E的例子中,场截止区20具有3个低浓度峰,但在其他例子中,场截止区20也可以具有4个以上的低浓度峰。另外,最深峰也可以设置在半导体基板10的正面21侧。通过将场截止区20的漂移区18侧设为低浓度区,并且将低浓度区在深度方向上形成得长,从而缓和电场集中,并且容易维持场截止功能。

[0146] 低浓度峰的掺杂浓度的峰值可以为高浓度峰的掺杂浓度的峰值的1/5以下,也可以为1/10以下,还可以为1/20以下。通过降低低浓度峰的掺杂浓度,从而能够进一步缓和电场集中。

[0147] 另外,低浓度峰的掺杂浓度的峰值比体施主浓度 D_b 高。低浓度峰的掺杂浓度的峰值可以为半导体基板10的体施主浓度 D_b 的50倍以下。可以将漂移区18的掺杂浓度用作体施主浓度 D_b 。低浓度峰的掺杂浓度的峰值可以为体施主浓度 D_b 的20倍以下,可以为10倍以下,可以为8倍以下,可以为5倍以下,可以为3倍以下,也可以为2倍以下。

[0148] 另外,低浓度峰的峰间的掺杂浓度的极小值可以比体施主浓度 D_b 高,可以为体施主浓度 D_b 的5倍以下,可以为3倍以下,也可以为2倍以下。峰间的极小值相对于相邻的低浓度峰中的任一峰浓度之比可以为0.8以下,可以为0.5以下,也可以为0.2以下,并且可以为0.1以上,可以为0.2以上,也可以为0.5以上。

[0149] 将浓度峰P1、P2、P3、P4的深度方向上的位置分别设为Z1、Z2、Z3、Z4。浓度峰P4与浓度峰P2之间的深度方向上的距离为 $Z_4 - Z_2$ 。另外,浓度峰P1与浓度峰P2之间的深度方向上的距离为 $Z_2 - Z_1$ 。距离 $Z_4 - Z_2$ 可以大于距离 $Z_2 - Z_1$ 。另外,浓度峰P3与浓度峰P4之间的距离为 $Z_4 - Z_3$ 。浓度峰P3与浓度峰P2之间的距离为 $Z_3 - Z_2$ 。距离 $Z_4 - Z_3$ 可以大于距离 $Z_3 - Z_2$ 。另外,距离 $Z_4 - Z_3$ 可以大于距离 $Z_2 - Z_1$ 。

[0150] 另外,浓度峰P4的掺杂浓度的峰值可以为高浓度峰的掺杂浓度的峰值的1/5以下,可以为1/10以下,也可以为1/20以下。浓度峰P4的掺杂浓度的峰值高于体施主浓度 D_b 。浓度峰P4与浓度峰P3的掺杂浓度的峰值的平均值可以为体施主浓度 D_b 的50倍以下,可以为20倍以下,可以为10倍以下,可以为8倍以下,可以为5倍以下,可以为3倍以下,也可以为2倍以

下。通过减小最深的两个浓度峰的掺杂浓度的平均值,从而能够缓和漂移区18附近的场截止区20中的电场集中。

[0151] 在本例中,在集电极区22与场截止区20之间的pn结J1中,施主浓度或受主浓度可以是 $1E16/cm^3$ 以下,可以是 $5E15/cm^3$ 以下,也可以是 $2E15/cm^3$ 以下。应予说明,E是指10的幂,例如 $1E16/cm^3$ 是指 $1 \times 10^{16}/cm^3$ 。

[0152] 图1F是示出第一浓度峰和集电极区22中的深度方向上的净掺杂浓度和氢化学浓度的分布的一例的图。实线表示净掺杂浓度的分布的一例,虚线表示氢化学浓度的分布的一例。图1F的纵轴是对数轴。在此,图1F中斜线所示的区域是本例中的集电极区22的积分浓度。即,在本说明书中,集电极区22的积分浓度是指从背面起到与场截止区20的pn结位置J1为止沿半导体基板10的深度方向对集电极区22的净掺杂浓度进行积分而得的浓度。另外,集电极区22与场截止区20之间的pn结J1中的氢化学浓度 D_h 可以为 $1E18/cm^3$ 以下,也可以为 $1E17/cm^3$ 以下,并且可以为 $1E16/cm^3$ 以上,也可以为 $1E15/cm^3$ 以上。

[0153] 图1G是与图1A的区域B对应的半导体装置100的俯视图的一例。在本例中,示出了有源区110的端部的放大图。区域B是包括有源区110的晶体管部70和栅极流道51的区域。本例的半导体装置100具备虚设沟槽区60和阱接触区65。

[0154] 虚设沟槽区60是仅具有虚设沟槽部30作为沟槽部的区域。虚设沟槽区60在排列方向上设置于最接近外周区120的栅极沟槽部40与外周区120之间。虚设沟槽区60具有在排列方向上隔开预定的间隔而配置的多个虚设沟槽部30。

[0155] 阱接触区65设置于阱区17的一部分,将从集电极区22注入的空穴向发射极电极52抽取。阱接触区65具有接触区15。在阱接触区65的接触区15上设置有接触孔54。接触区15通过多个接触孔54与发射极电极52电连接。应予说明,半导体装置100也可以不具备阱接触区65。

[0156] 在台面部61设置有基区14、接触区15以及阱区17。接触区15在台面部61中从排列方向上相邻的一个虚设沟槽部30起设置到另一个虚设沟槽部30为止。本例的台面部61具有接触区15,因此与不具有接触区15的情况相比,变得容易抽取空穴。由此,防止由阱区17的端部处的雪崩电流的集中引起的半导体装置100的破坏。

[0157] 发射极电极52还设置在虚设沟槽区60和阱接触区65的上方。发射极电极52经由接触孔54在虚设沟槽区60、阱接触区65和晶体管部70分别与半导体基板10的正面21电连接。

[0158] 阱区17在俯视时设置于有源区110的外周侧。用虚线示出阱区17的内侧端部。

[0159] 蓄积区16以从晶体管部70延伸到虚设沟槽区60的方式设置。本例的蓄积区16以从晶体管部70延伸到虚设沟槽区60的中途的台面部61的方式设置。通过以从晶体管部70延伸到虚设沟槽区60的方式设置蓄积区16,即使在用于形成蓄积区16的掩模产生偏离的情况下,对形成于晶体管部70的蓄积区16的影响也变小。由此,能够抑制栅极阈值电压(V_{th})的偏差以及饱和电流的偏差。用虚线示出蓄积区16的外侧端部。

[0160] 图1H是示出图1A中的a-a'截面的一例的图。在本例中,示出了跨越有源区110和外周区120的区域的截面图。本例的外周区120具有保护环结构和沟道截断结构。

[0161] 保护环结构可以包括多个保护环部92。本例的保护环结构包括五个保护环部92。各保护环部92可以设置为在正面21包围有源区110和焊盘区130。

[0162] 保护环结构可以具有使在有源区110中产生的耗尽层向半导体基板10的外侧扩展

的功能。由此,能够防止半导体基板10内部的电场集中。因此,与不设置保护环结构的情况相比,能够提高半导体装置100的耐压。

[0163] 保护环部92是在正面21附近通过离子注入而形成的P+型的半导体区。保护环部92与电极层94电连接。电极层94可以是与栅极金属层50或发射极电极52相同的材料。

[0164] 多个保护环部92通过层间绝缘膜38而彼此电绝缘。保护环部92的底部的深度可以是与阱区17的底部相同的深度。保护环部92的底部的深度可以比栅极沟槽部40和虚设沟槽部30的底部的深度深。

[0165] 沟道截断结构具有沟道截断区96和电极层94。沟道截断区96通过层间绝缘膜38的开口与电极层94电连接。沟道截断区96的导电型可以是第一导电型,也可以是第二导电型。本例的沟道截断区96的导电型为N+型。沟道截断区96具有使在有源区110中产生的耗尽层在半导体基板10的外侧端部终止的功能。

[0166] 阱区17可以在排列方向上越过阱接触区65而进一步延伸到外侧。本例的阱区17可以设置为外周区120中的最靠内侧的保护环部92与阱区17的外侧端部之间的距离靠近。应予说明,作为本例的变形例,也可以代替阱区17而将基区14扩张设置到最靠内侧的保护环部92的附近。应予说明,在阱区17的上方,可以在接触区15与栅极流道51之间设置氧化膜39。氧化膜39可以与虚设绝缘膜32或栅极绝缘膜42在同一工序中形成。或者,氧化膜39也可以在膜厚更厚的场氧化膜等的工序中形成。

[0167] 图2A是半导体装置100的钳位耐量试验用的电路的一例。在半导体装置100的栅极端子经由预先确定的栅极电阻 R_g 施加有栅极电压 V_g 。在钳位耐量试验中,利用预先确定的电源电压 V_{cc} 来使额定电流 I_c 开关。电源电压 V_{cc} 可以是额定电压的60%左右。

[0168] 杂散电感 L_s 是连接半导体装置100的电路的杂散电感。由于杂散电感 L_s 试图维持电流,所以在电流切断时产生浪涌电压。使杂散电感 L_s 从预先确定的初始值起每当进行一次开关就提高,使半导体装置100关断。如果使杂散电感 L_s 增加,则跳变电压 ΔV 增加。通过使杂散电感 L_s 增加,从而半导体装置100的内部的电场强度增加,元件容易被破坏。在此,将元件达到破坏的前一个试验的结果设为钳位能量(即,破坏耐量)。

[0169] 图2B是用于说明半导体装置100的钳位能量的图。该图示出了关断时的集电极-发射极电流 I_{ce} 以及集电极-发射极间电压 V_{ce} 的行为。本例的曲线图示出了在钳位耐量试验中,一边使杂散电感 L_s 增加一边反复关断,而使元件破坏的杂散电感 L_s 的前一个波形。通过半导体装置100的关断,集电极-发射极间电压 V_{ce} 跳变,在一定期间电压被保持。电压恒定的期间是钳位期间。

[0170] 钳位能量是在从集电极-发射极间电压 V_{ce} 的跳变起到稳定为电源电压 V_{cc} 为止的期间,电流 \times 电压为0以上的范围内的积分值。即,钳位能量由 $\int I_{ce} \times V_{ce} dt$ 的积分值(即,能量值)表示。钳位能量越大,则表示关断时的破坏耐量越大。

[0171] 图3A示出集电极区22的掺杂浓度与钳位能量之间的关系。纵轴表示钳位能量[mJ],横轴表示遍及从背面23到集电极区22与场截止区20之间的PN结为止的深度对集电极区22的掺杂浓度进行积分而得的积分值(以下,称为集电极区22的掺杂浓度的积分值)[cm^{-2}]。黑色的方形表示质子的加速能量为400keV的情况。白色的方形表示质子的加速能量为300keV的情况。质子是氢离子的一种。氢施主例如通过将质子以离子的方式注入到半导体基板而形成。

[0172] 质子的加速能量越小,则质子的总剂量越小,并且钳位能量越容易提高。另外,如果质子的总剂量小,则在雪崩击穿时从背面23注入的空穴浓度增加,在有源区110侧容易发生雪崩击穿。这样,如果有源区110的钳位耐压低于外周区120的钳位耐压,则如后所述容易防止外周区120中的瞬时破坏。瞬时破坏是指,例如在关断时,在电流被切断之前元件发生破坏。

[0173] 例如,在质子的加速能量为300keV的情况下,在集电极区22的掺杂浓度的积分值约为 $1.00\text{E}+14[\text{cm}^{-2}]$ 时钳位能量成为最大值。在该情况下,例如,第一峰P1的质子射程成为 $3.13\mu\text{m}$ 。应予说明, $1.00\text{E}+14[\text{cm}^{-2}]$ 表示 $1.00\times 10^{14}[\text{cm}^{-2}]$ 。

[0174] 另外,在质子的加速能量为400keV的情况下,在集电极区22的掺杂浓度的积分值约为 $1.00\text{E}+13[\text{cm}^{-2}]$ 时钳位能量成为最大值。在该情况下,例如质子射程为 $4.52\mu\text{m}$ 。

[0175] 应予说明,集电极区22的掺杂浓度的积分值与背面硼的注入剂量大致相等,因此可以设为注入剂量=集电极区22的掺杂浓度的积分值。

[0176] 本例的半导体装置100通过控制集电极区22的积分浓度和场截止区20的峰深度,从而使有源区110的钳位耐压小于外周区120的钳位耐压。由此,能够提高半导体装置100的钳位能量。

[0177] 图3B示出集电极区22的掺杂浓度与元件的耐压之间的关系。纵轴表示元件的耐压[V],横轴表示集电极区22的掺杂浓度 $[\text{cm}^{-3}]$ 。集电极区22可以具备具有峰的掺杂浓度分布。在该情况下,集电极区22的掺杂浓度可以是集电极区22的掺杂浓度的峰值。在本例中,对场截止区20具有4个峰的情况进行说明。

[0178] 曲线图G1表示场截止区20具有4个峰的情况下的有源+边缘模型。有源+边缘模型是考虑了有源区110和外周区120双方的模拟模型。曲线图G2表示场截止区20具有4个峰的情况下的有源模型。有源模型是不考虑外周区120而仅考虑了有源区110的模拟模型。

[0179] 通过减小集电极区22的掺杂浓度,从而有源区110的耐压比外周区120的耐压进一步降低。即,元件的耐压成为有源区110的耐压。这样,如果由有源区110确定元件的耐压,则钳位能量增加。

[0180] 另一方面,通过增大集电极区22的掺杂浓度,从而有源区110的耐压比外周区120的耐压进一步增大。即,元件的耐压成为外周区120的耐压。这样,如果由外周区120确定元件的耐压,则钳位能量降低。根据以上所述,为了提高钳位能量,集电极区22的掺杂浓度可以为 $6\times 10^{17}(\text{/cm}^3)$ 以下,也可以为 $5\times 10^{17}(\text{/cm}^3)$ 以下。

[0181] 图4A示出实施例的半导体装置100的电流电压特性的一例。纵轴表示集电极-发射极电流 $I_{ce}[\text{A}]$ 以及集电极-发射极间电压 $V_{ce}[\text{V}]$,横轴表示时刻[s]。另外,在半导体装置100的截面图中,在时刻T1和时刻T2,分别用虚线示出电子电流密度大的区域。本例的集电极区22的掺杂浓度被设定在图3B中由有源区110确定钳位耐压的范围。

[0182] 时刻T1是半导体装置100关断而集电极-发射极间电压 V_{ce} 上升的时刻。在时刻T1,电子电流集中在有源区110的虚线所示的区域。即,在有源区110的虚线所示的区域的一部分形成有电子电流密度的峰区域。

[0183] 时刻T2表示集电极-发射极间电压 V_{ce} 上升而被钳位在800V左右的时刻。在时刻T2,雪崩击穿部位的温度上升。由于温度上升,晶格振动变得剧烈,电子散射。如果由于电子的散射而电流变得难以流动,则有时电子电流密度的峰区域从有源区110朝向阱区17的外

周区120侧的端部移动。

[0184] 如此,在有源区110的耐压小于外周区120的耐压的情况下,形成于有源区110侧的电子电流密度的峰区域向外周区120侧移动。由此,有源区110的温度暂时地降低。另外,在由雪崩击穿引起的电子电流密度的峰区域向外周区120侧移动时,功率(即, $I_{ce} \times V_{ce}$)降低。因此,能够缓和半导体装置100的温度上升,防止瞬时破坏。

[0185] 图4B示出比较例的半导体装置500的电流电压特性的一例。纵轴表示集电极-发射极电流 I_{ce} [A]以及集电极-发射极间电压 V_{ce} [V],横轴表示时刻[s]。另外,在本例中,在时刻T3及时刻T4,分别用虚线示出电子电流密度的峰区域。本例的集电极区22的掺杂浓度被设定在图3B中由外周区120确定耐压的范围。

[0186] 半导体装置500以外周区120的耐压小于有源区110的耐压的方式设定集电极区22的积分浓度。通过关断,在阱区17的外周区120侧产生雪崩击穿,在虚线所示的部位形成电子电流密度的峰区域。在时刻T3~时刻T4,在功率高的状态下,电子电流密度的峰区域停滞在虚线所示的位置。因此,由于电流集中而温度持续上升。这样,在半导体装置500中,元件容易被破坏,无法提高钳位耐量。

[0187] 在外周区120中,除了与集电极区22的空穴注入效率相应的雪崩击穿的增大以外,在外周区120侧的接触孔端载流子容易集中,由此,容易产生雪崩击穿。背面23侧的空穴浓度的上升使钳位时的雪崩击穿增大。

[0188] 本例的半导体装置100通过适当地设定集电极区22的掺杂浓度和第一峰P1的深度,从而使集电极区22的空穴注入效率降低,使有源区110的钳位耐压小于外周区120的钳位耐压。由此,在有源区110产生雪崩击穿之后,雪崩击穿向外周区120移动,因此能够抑制瞬时破坏。集电极区22的掺杂浓度和第一峰P1的深度可以设定为使钳位能量成为最大的值。关于集电极区22的掺杂浓度和第一峰P1的深度的适当范围,将在后面叙述。

[0189] 应予说明,如果为了防止电流切断时的元件破坏而设计为具有设想的浪涌电压(在关断时,集电极-发射极间电压比电源电压还增大的电压的峰值)以上的耐压,则需要将半导体基板10的深度方向上的厚度加厚,或者增大外周区120的面积。为了降低芯片成本,有时将元件的耐压设计为浪涌电压以下。本例的半导体装置100通过在关断时在有源区110产生雪崩击穿,从而能够降低芯片成本,并且防止元件破坏。

[0190] 另外,为了使有源区110的耐压小于外周区120的耐压,可以确定场截止区20的总剂量和集电极区22的总剂量。例如,场截止区20的总剂量可以是集电极区22的总剂量的10倍以下,也可以是集电极区22的总剂量的5倍以下。

[0191] 图5A示出集电极区22的积分浓度与第一峰P1的的深度之间的关系的例子。纵轴表示第一峰P1的深度 y_1 [μm],横轴表示集电极区22的积分浓度 x [cm^{-2}]。

[0192] 在此,基于在图3A中得到的质子最浅的加速能量和钳位能量成为最大的2方面的数据,计算出如下的基准线L1。

[0193] 基准线L1: $y_1 = (-6.0367\text{E}-01) \ln(x) + (2.2590\text{E}+01)$

[0194] 即,基准线L1表示钳位能量成为最大的集电极区22的积分浓度与钳位能量成为最大的第一峰P1的深度之间的关系。

[0195] 区域R1表示基准线L1的 $\pm 15\%$ 的范围的区域。本例的区域R1是线A1与线B1之间的区域。本例的线A1和线B1由下式表示。

[0196] 线A1: $y_1 = (-7.4699E-01) \ln(x) + (2.7810E+01)$

[0197] 线B1: $y_1 = (-4.7772E-01) \ln(x) + (1.7960E+01)$

[0198] 在该情况下,第一峰P1的深度和集电极区22的积分浓度属于区域R1。如果是区域R1,则能够抑制集电极区22的空穴注入效率,使有源区110的钳位耐压小于外周区120的钳位耐压。集电极区22的积分浓度可以为 $1.00E16\text{cm}^{-2}$ 以下,也可以为 $8.00E15\text{cm}^{-2}$ 以下。第一峰P1的深度可以为 $0.5\mu\text{m}$ 以上且 $7.2\mu\text{m}$ 以下。

[0199] 本例的半导体装置100通过将集电极区22的积分浓度和第一峰P1的深度设定在区域R1,从而能够使钳位时的雪崩击穿在有源区110侧产生。由此,钳位耐压得到提高。

[0200] 图5B示出集电极区22的积分浓度与第一峰P1的深度之间的关系的关系的另一例。本例的区域R1表示符合基准线L1的 $\pm 10\%$ 的区域。

[0201] 基准线L1与图5A的基准线L1相同。本例的线A1和线B1由下式表示。

[0202] 线A1: $y_1 = (-6.9487E-01) \ln(x) + (2.5930E+01)$

[0203] 线B1: $y_1 = (-5.2115E-01) \ln(x) + (1.9540E+01)$

[0204] 在该情况下也同样地,第一峰P1的深度和集电极区22的积分浓度可以设定为属于区域R1。

[0205] 图5C示出集电极区22的积分浓度与第一峰P1的深度之间的关系的关系的另一例。本例的区域R1表示符合基准线L1的 $\pm 5\%$ 的区域。

[0206] 基准线L1与图5A的基准线L1相同。本例的线A1和线B1由下式表示。

[0207] 线A1: $y_1 = (-6.4710E-01) \ln(x) + (2.4190E+01)$

[0208] 线B1: $y_1 = (-5.6458E-01) \ln(x) + (2.1130E+01)$

[0209] 在该情况下也同样地,第一峰P1的深度和集电极区22的积分浓度可以设定为属于本例的区域R1。

[0210] 图6A示出集电极区22的积分浓度与第一峰P1的深度之间的关系的关系的另一例。基准线L1、线A以及线B与图5A的各线相同。即,表示符合基准线L1的 $\pm 15\%$ 的区域。但是,本例的区域R1表示集电极区22的积分浓度为 $3.00E14\text{cm}^{-2}$ 以下的区域。第一峰P1的深度可以为 $2.0\mu\text{m}$ 以上且 $7.2\mu\text{m}$ 以下。第一峰P1的深度和集电极区22的积分浓度可以设定为属于本例的区域R1。

[0211] 图6B示出集电极区22的积分浓度与第一峰P1的深度之间的关系的关系的另一例。基准线L1、线A以及线B与图5A的各线相同。即,表示符合基准线L1的 $\pm 15\%$ 的区域。但是,本例的区域R1表示集电极区22的积分浓度为 $2.00E14\text{cm}^{-2}$ 以下的区域。第一峰P1的深度可以为 $2.2\mu\text{m}$ 以上且 $7.2\mu\text{m}$ 以下。第一峰P1的深度和集电极区22的积分浓度可以设定为属于本例的区域R1。

[0212] 图6C示出集电极区22的积分浓度与第一峰P1的深度之间的关系的关系的另一例。基准线L1、线A以及线B与图5A的各线相同。即,表示符合基准线L1的 $\pm 15\%$ 的区域。但是,本例的区域R1表示集电极区22的积分浓度为 $1.00E14\text{cm}^{-2}$ 以下的区域。第一峰P1的深度可以为 $2.5\mu\text{m}$ 以上且 $7.2\mu\text{m}$ 以下。第一峰P1的深度和集电极区22的积分浓度可以设定为属于本例的区域R1。

[0213] 图6D示出集电极区22的积分浓度与第一峰P1的深度之间的关系的关系的另一例。基准线L1、线A以及线B与图5A的各线相同。即,表示符合基准线L1的 $\pm 15\%$ 的区域。但是,本例的区

域R1表示集电极区22的积分浓度为 $5.00E13\text{cm}^{-2}$ 以下的区域。第一峰P1的深度可以为 $3.0\mu\text{m}$ 以上且 $7.2\mu\text{m}$ 以下。第一峰P1的深度和集电极区22的积分浓度可以设定为属于本例的区域R1。

[0214] 图6E示出集电极区22的积分浓度与第一峰P1的深度之间的关系的一例。基准线L1、线A以及线B与图5A的各线相同。即,表示符合基准线L1的 $\pm 15\%$ 的区域。但是,本例的区域R1表示集电极区22的积分浓度为 $3.00E13\text{cm}^{-2}$ 以下的区域。第一峰P1的深度可以为 $3.2\mu\text{m}$ 以上且 $7.2\mu\text{m}$ 以下。第一峰P1的深度和集电极区22的积分浓度可以设定为属于本例的区域R1。

[0215] 图6F示出集电极区22的积分浓度与第一峰P1的深度之间的关系的一例。基准线L1、线A以及线B与图5A的各线相同。即,表示符合基准线L1的 $\pm 15\%$ 的区域。但是,本例的区域R1表示集电极区22的积分浓度为 $1.00E13\text{cm}^{-2}$ 以下的区域。第一峰P1的深度可以为 $3.6\mu\text{m}$ 以上且 $7.2\mu\text{m}$ 以下。第一峰P1的深度和集电极区22的积分浓度可以设定为属于本例的区域R1。

[0216] 应予说明,关于图5B和图5C,也可以如图6A~图6F那样限制集电极区22的积分浓度的范围。例如,在图5B和图5C中,区域R1可以是集电极区22的积分浓度为 $1.00E14\text{cm}^{-2}$ 以下的区域,可以是集电极区22的积分浓度为 $5.00E13\text{cm}^{-2}$ 以下的区域,还可以是集电极区22的积分浓度为 $3.00E13\text{cm}^{-2}$ 以下的区域,也可以是集电极区22的积分浓度为 $1.00E13\text{cm}^{-2}$ 以下的区域。

[0217] 图7A示出集电极区22的积分浓度与第二峰P2的深度之间的关系。纵轴表示第二峰P2的深度 $y_2[\mu\text{m}]$,横轴表示集电极区22的积分浓度 $x[\text{cm}^{-2}]$ 。

[0218] 在此,基于在图3A中得到的质子最浅的加速能量和钳位能量成为最大的2方面的数据,计算出如下的基准线L2。

[0219] 基准线L2: $y_2 = (-2.4885E+00) \ln(x) + (9.1580E+01)$

[0220] 即,基准线L2表示钳位能量成为最大的集电极区22的积分浓度与钳位能量成为最大的第二峰P2的深度之间的关系。

[0221] 区域R2表示基准线L2的 $\pm 15\%$ 的范围的区域。本例的区域R2是线A2与线B2之间的区域。本例的线A2和线B2由下式表示。

[0222] 线A2: $y_2 = (-3.1095E+00) \ln(x) + (1.1416E+02)$

[0223] 线B2: $y_2 = (-1.9239E+00) \ln(x) + (7.1030E+01)$

[0224] 在该情况下,第二峰P2的深度和集电极区22的积分浓度属于区域R2。如果是区域R2,则钳位能量变得足够高。第二峰P2的深度可以为 $3.5\mu\text{m}$ 以上且 $28\mu\text{m}$ 以下。

[0225] 图7B示出集电极区22的积分浓度与第二峰P2的深度之间的关系的一例。本例的区域R2表示符合基准线L2的 $\pm 10\%$ 的区域。

[0226] 基准线L2与图7A的基准线L2相同。本例的线A2和线B2由下式表示。

[0227] 线A2: $y_2 = (-2.8924E+00) \ln(x) + (1.0629E+02)$

[0228] 线B2: $y_2 = (-2.1020E+00) \ln(x) + (7.7530E+01)$

[0229] 在该情况下也同样地,第二峰P2的深度和集电极区22的积分浓度可以设定为属于区域R2。

[0230] 图7C示出集电极区22的积分浓度与第二峰P2的深度之间的关系。本例的区域R2表

示符合基准线L2的 $\pm 5\%$ 的区域。

[0231] 基准线L2与图7A的基准线L2相同。本例的线A2和线B2由下式表示。

[0232] 线A2: $y_2 = (-2.4885E+00) \ln(x) + (9.1580E+01)$

[0233] 线B2: $y_2 = (-2.2931E+00) \ln(x) + (8.4470E+01)$

[0234] 在该情况下也同样地,第二峰P2的深度和集电极区22的积分浓度可以设定为属于区域R2。

[0235] 应予说明,关于图7A~图7C,也可以如图6A~图6F那样限制集电极区22的积分浓度的范围。例如,在图7A~图7C中,区域R2可以是集电极区22的积分浓度为 $1.00E14\text{cm}^{-2}$ 以下的区域,可以是集电极区22的积分浓度为 $5.00E13\text{cm}^{-2}$ 以下的区域,还可以是集电极区22的积分浓度为 $3.00E13\text{cm}^{-2}$ 以下的区域,也可以是集电极区22的积分浓度为 $1.00E13\text{cm}^{-2}$ 以下的区域。

[0236] 图8A是用于说明杂散电感 L_s 与集电极电流减小率 dI_{ce}/dt 之间的关系的图。将杂散电感 L_s 设为 $X_c[\text{nH}]$,将集电极电流减小率 dI_{ce}/dt 设为 $Y_c[\text{A}/\mu\text{s}]$ 。线C1由下式表示。

[0237] 线C1: $Y_c = 10000X_c^{-1}$

[0238] 杂散电感 L_s 和集电极电流减小率 dI_{ce}/dt 被设定在比线C1大的范围。比线C1大的范围是指在表示杂散电感 L_s 与集电极电流减小率 dI_{ce}/dt 之间的关系的曲线图中位于线C1的上侧的区域。比线C1大的范围是用图案涂满的区域。

[0239] 杂散电感 L_s 和集电极电流减小率 dI_{ce}/dt 可以设定在比线C2大的范围。线C2由下式表示。

[0240] 线C2: $Y_c = 20000X_c^{-1}$

[0241] 杂散电感 L_s 和集电极电流减小率 dI_{ce}/dt 可以设定在比线C3大的范围。线C3由下式表示。

[0242] 线C3: $Y_c = 50000X_c^{-1}$

[0243] 在此,杂散电感 L_s 越大,则越容易维持电流,在电流切断时浪涌电压变得越大。另外,集电极电流减小率 dI_{ce}/dt 越大,则在电流切断时浪涌电压变得越大。因此,在将杂散电感 L_s 和集电极电流减小率 dI_{ce}/dt 设定在比线C1~线C3中的任一个大的范围的情况下,浪涌电压容易跳变。本例的半导体装置100即使在将杂散电感 L_s 和集电极电流减小率 dI_{ce}/dt 设定在比线C1~线C3中的任一个大的范围的情况下,也能够防止瞬时破坏。

[0244] 图8B是用于说明比杂散电感 $L_s \cdot A$ 与电流密度 dJ_{ce}/dt 之间的关系的图。将比杂散电感 $L_s \cdot A$ 设为 $X_d[\text{nH} \cdot \text{cm}^2]$,将电流密度 dJ_{ce}/dt 设为 $Y_d[\text{A}/(\text{cm}^2\mu\text{s})]$ 。

[0245] 比杂散电感 $L_s \cdot A$ 是杂散电感 L_s 乘以有源区110的面积 $A(\text{cm}^2)$ 而得到的固有值。电流密度 dJ_{ce}/dt 是将集电极电流减小率 dI_{ce}/dt 除以有源区110的面积 $A(\text{cm}^2)$ 而得到的值。

[0246] 比杂散电感 $L_s \cdot A$ 和电流密度 dJ_{ce}/dt 被设定在比线D1大的范围。线D1由下式表示。

[0247] 线D1: $Y_d = 10000X_d^{-1}$

[0248] 比杂散电感 $L_s \cdot A$ 和电流密度 dJ_{ce}/dt 可以设定在比线D2大的范围。线D2由下式表示。

[0249] 线D2: $Y_d = 20000X_d^{-1}$

[0250] 比杂散电感 $L_s \cdot A$ 和电流密度 dJ_{ce}/dt 可以设定在比线D3大的范围。线D3由下式表

示。

[0251] 线D3: $Yd = 50000Xd^{-1}$

[0252] 在此,比杂散电感 $L_s \cdot A$ 或电流密度 dJ_{ce}/dt 越大,则在电流切断时浪涌电压变得越大。因此,在将比杂散电感 $L_s \cdot A$ 或电流密度 dJ_{ce}/dt 设定在比线D1~线D3中的任一个大的范围的情况下,浪涌电压容易跳变。本例的半导体装置100即使在将杂散电感 L_s 和集电极电流减小率 dI_{ce}/dt 设定在比线D1~线D3中的任一个大的范围的情况下,也能够防止瞬时破坏。

[0253] 图9是用于说明比杂散电感 $L_s \cdot A$ 与比栅极电阻 $R_g \cdot A$ 之间的关系的图。将比杂散电感 $L_s \cdot A$ 设为 $X_e [nH \text{ cm}^2]$,将比栅极电阻 $R_g \cdot A$ 设为 $Y_e [\Omega \text{ cm}^2]$ 。比栅极电阻 $R_g \cdot A$ 是半导体装置100的驱动电路的栅极电阻 R_g 乘以有源区110的面积 $A (\text{cm}^2)$ 而得到的固有值。

[0254] 集电极电流减小率 dI_{ce}/dt 除了根据杂散电感 L_s 而变化以外,还根据半导体装置100的驱动电路的栅极电阻 R_g 而变化。如果栅极电阻 R_g 减小,则集电极电流减小率 dI_{ce}/dt 存在增加的趋势。

[0255] 比杂散电感 $L_s \cdot A$ 和比栅极电阻 $R_g \cdot A$ 可以设定在线E1以下的范围。线E1由下式表示。

[0256] 线E1: $Y_e = (4.000E-01) X_e$

[0257] 比杂散电感 $L_s \cdot A$ 和比栅极电阻 $R_g \cdot A$ 可以设定在线E2以下的范围。线E2由下式表示。

[0258] 线E2: $Y_e = (2.000E-01) X_e$

[0259] 比杂散电感 $L_s \cdot A$ 和比栅极电阻 $R_g \cdot A$ 可以设定在线E3以下的范围。线E3由下式表示。

[0260] 线E3: $Y_e = (8.000E-02) X_e$

[0261] 在此,比栅极电阻 $R_g \cdot A$ 越小,则在电流切断时浪涌电压变得越大。因此,在将比杂散电感 $L_s \cdot A$ 和比栅极电阻 $R_g \cdot A$ 设定在线E1~线E3中的任一个以下的范围的情况下,浪涌电压容易跳变。本例的半导体装置100即使在将比杂散电感 $L_s \cdot A$ 和比栅极电阻 $R_g \cdot A$ 设定在线E1~线E3中的任一个以下的范围的情况下,也能够防止瞬时破坏。

[0262] 以上,使用实施方式对本发明进行了说明,但本发明的技术范围并不限定于上述实施方式所记载的范围。能够对上述实施方式施加各种变更或改良,是本领域技术人员显而易见的。根据权利要求书的记载可知,施加了这样的变更或改良的方式也能够包含在本发明的技术范围内。

[0263] 应注意的是,权利要求书、说明书及附图中的所示的装置、系统、程序及方法中的动作、顺序、步骤及阶段等各处理的执行顺序只要没有特别明示“在……之前”、“预先”等,另外,不是在后面的处理中使用前面的处理的输出,则能够以任意的顺序实现。关于权利要求书、说明书及附图中的动作流程,即使为了方便而使用“首先”、“接下来”等进行了说明,也并不意味着必须按照该顺序实施。

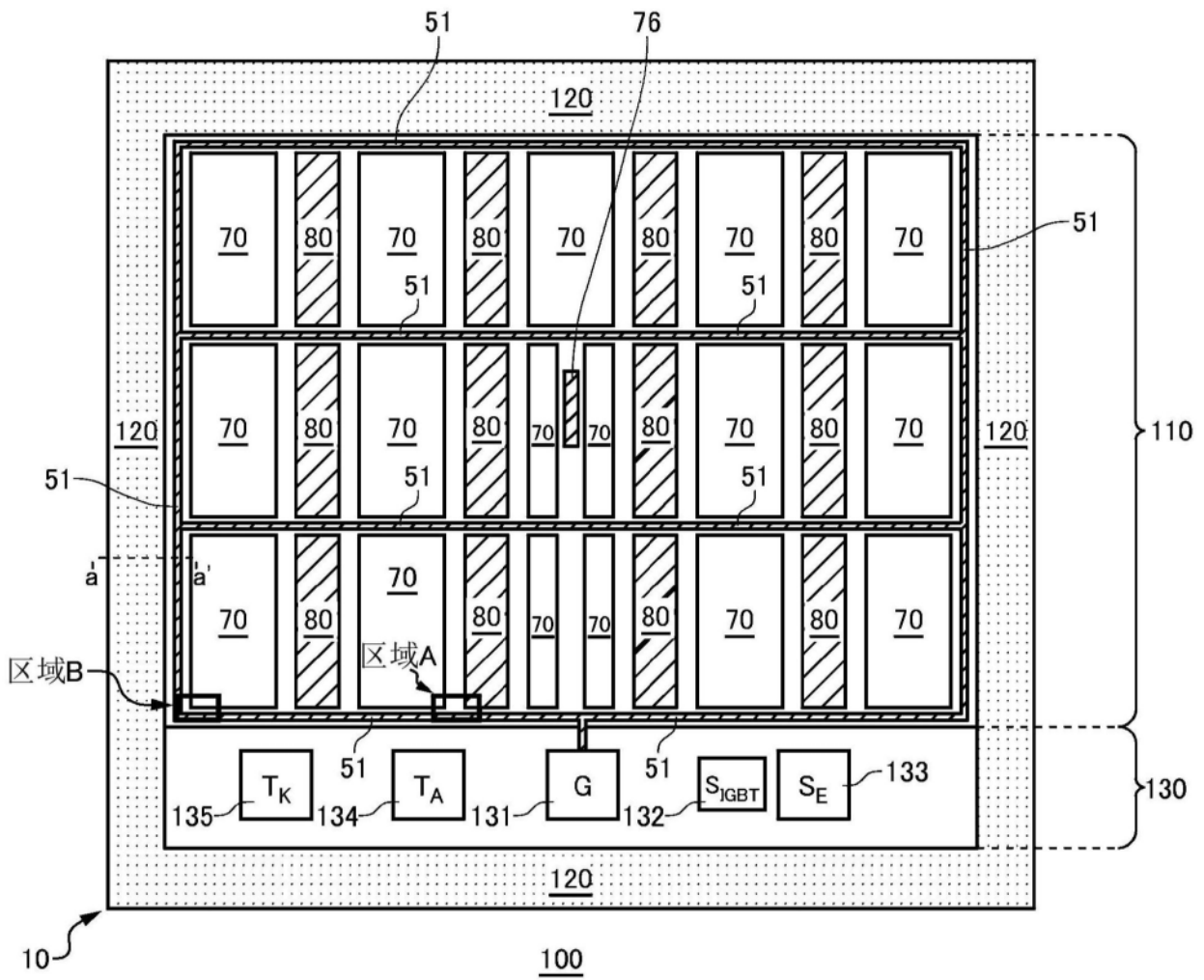


图1A

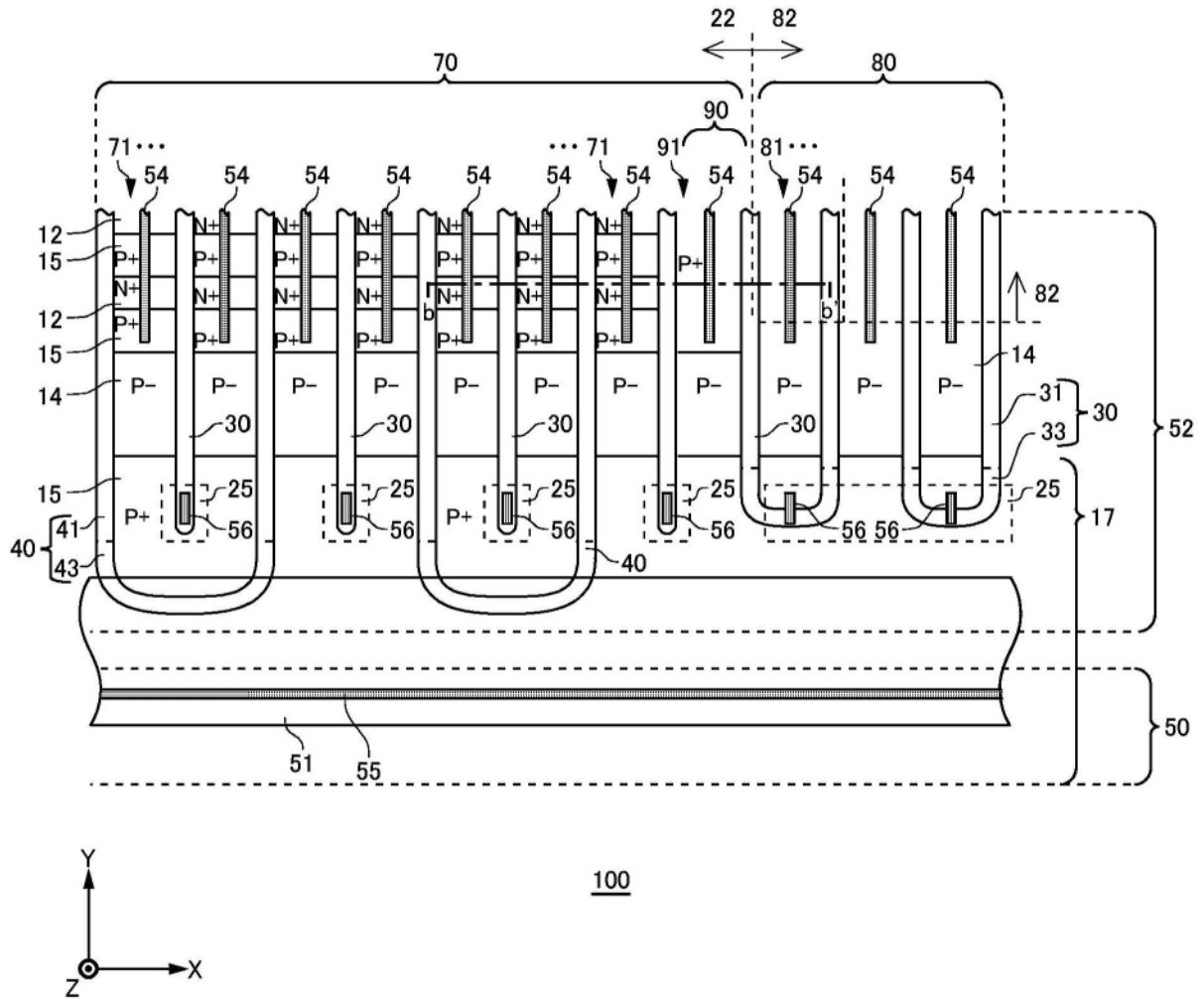


图1B

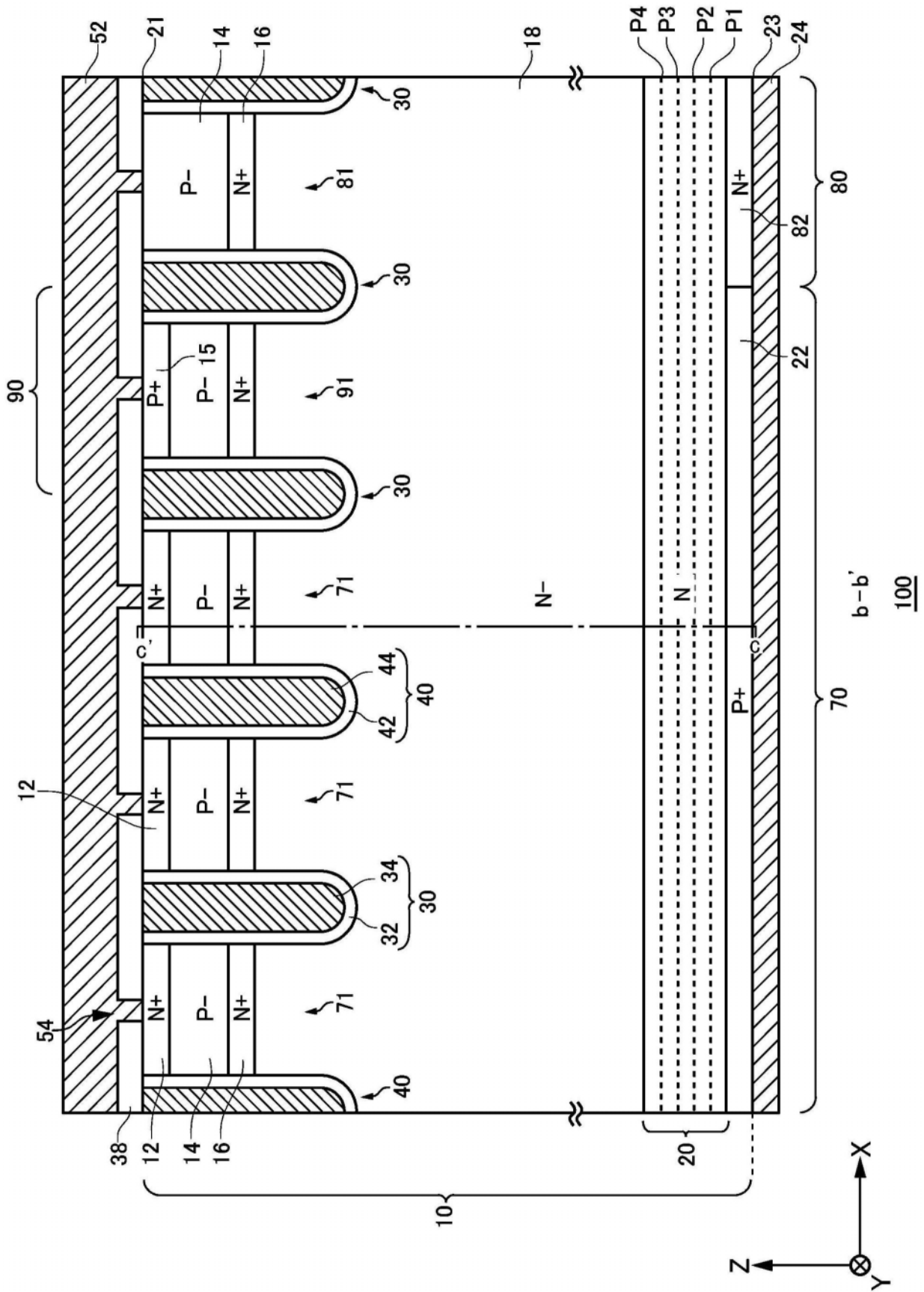


图1C

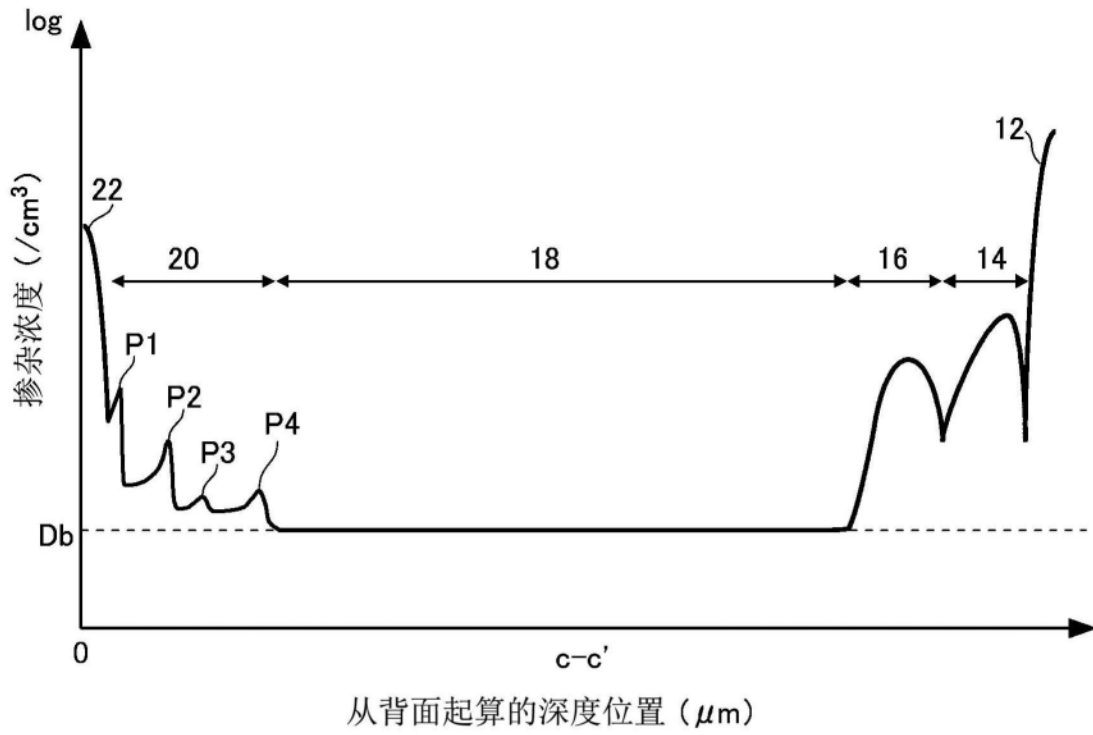


图1D

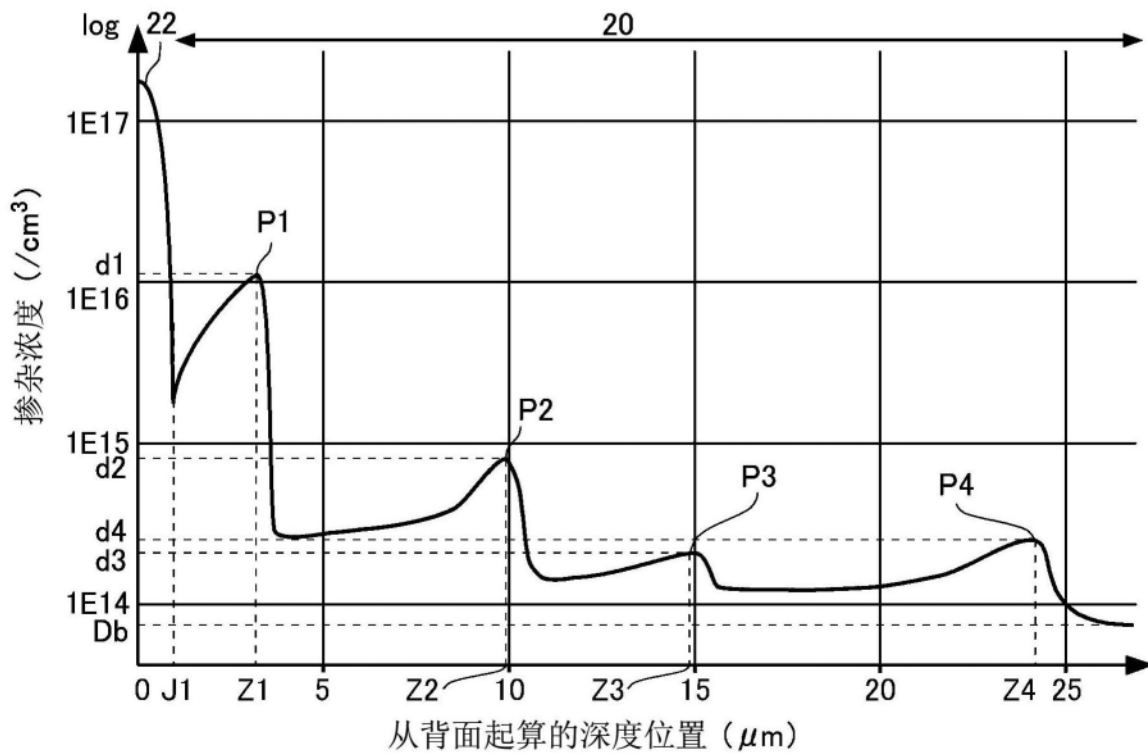


图1E

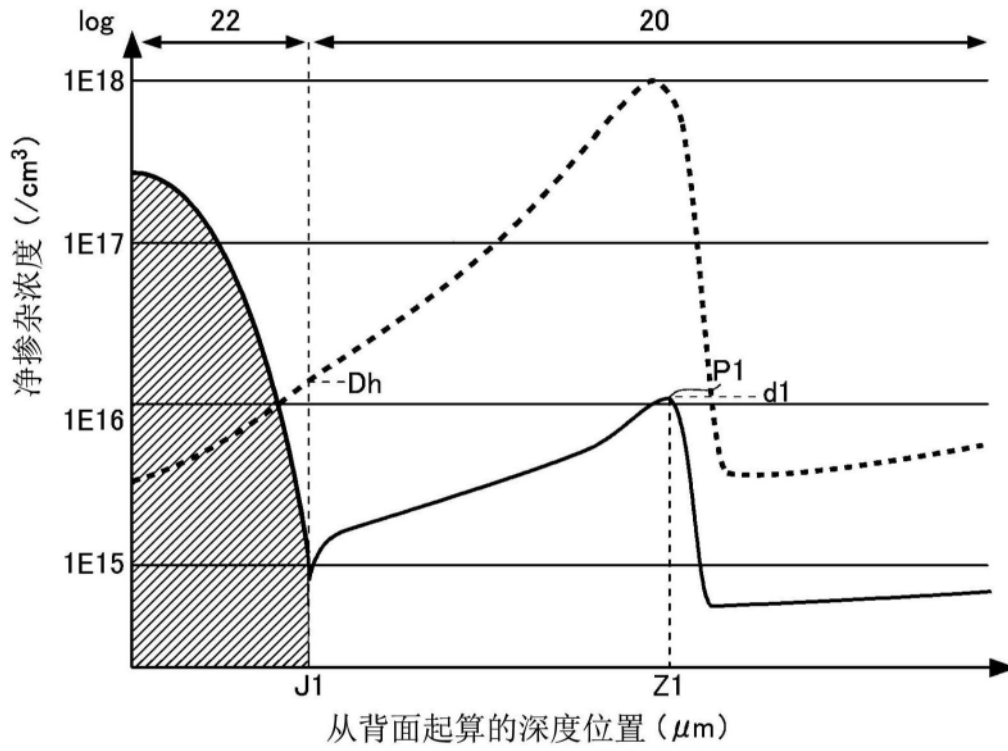


图1F

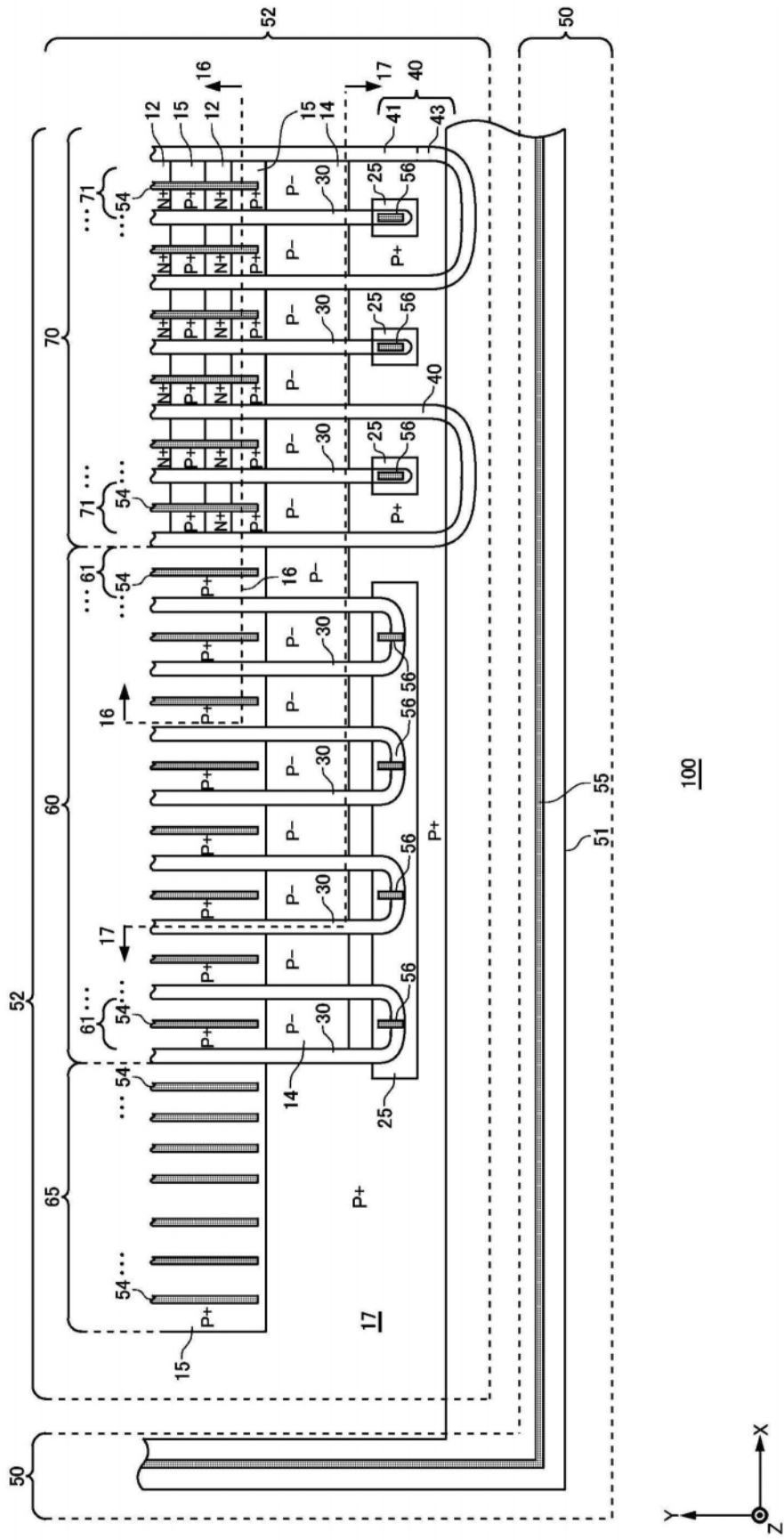


图1G

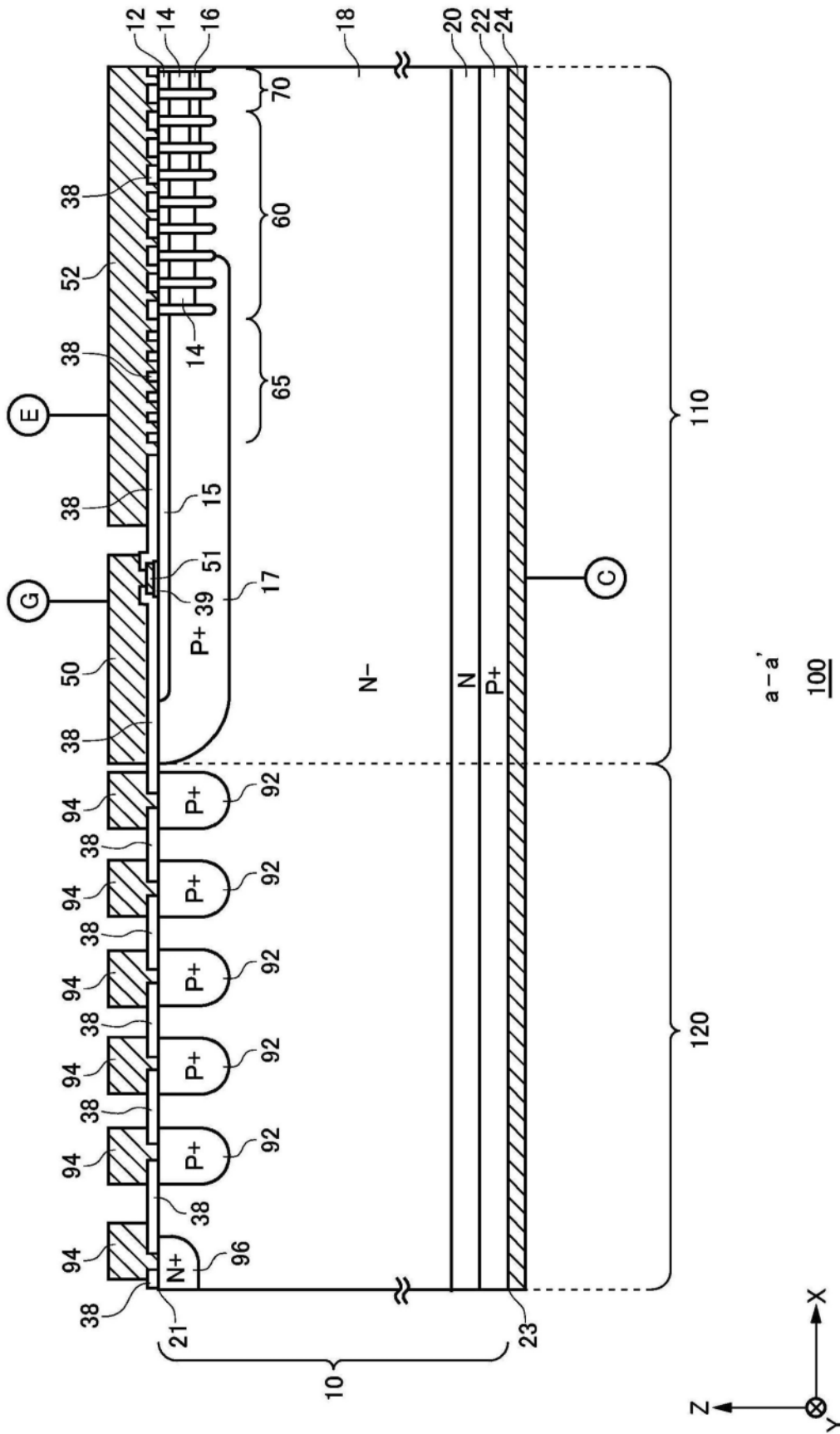


图1H

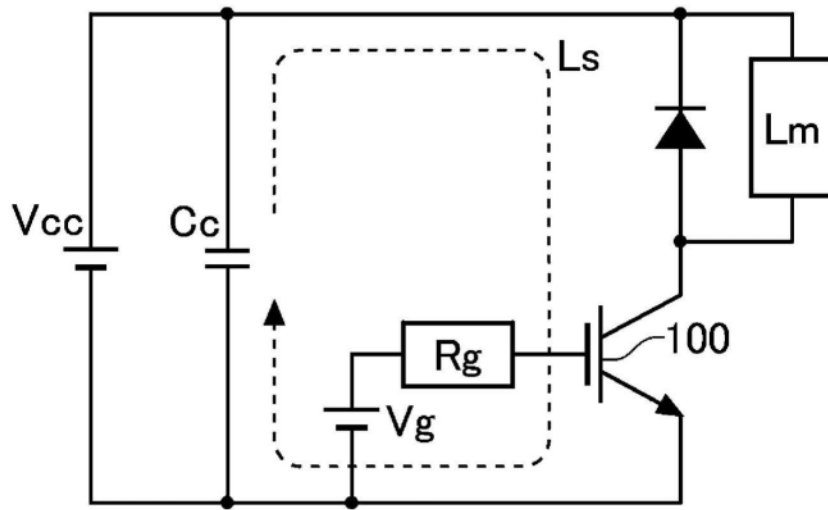


图2A

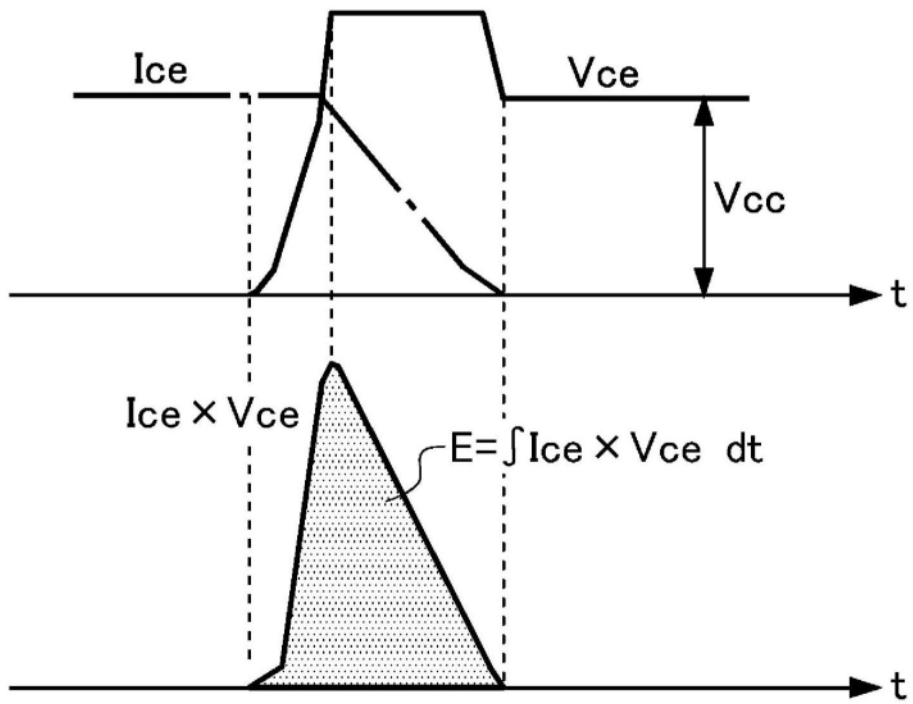


图2B

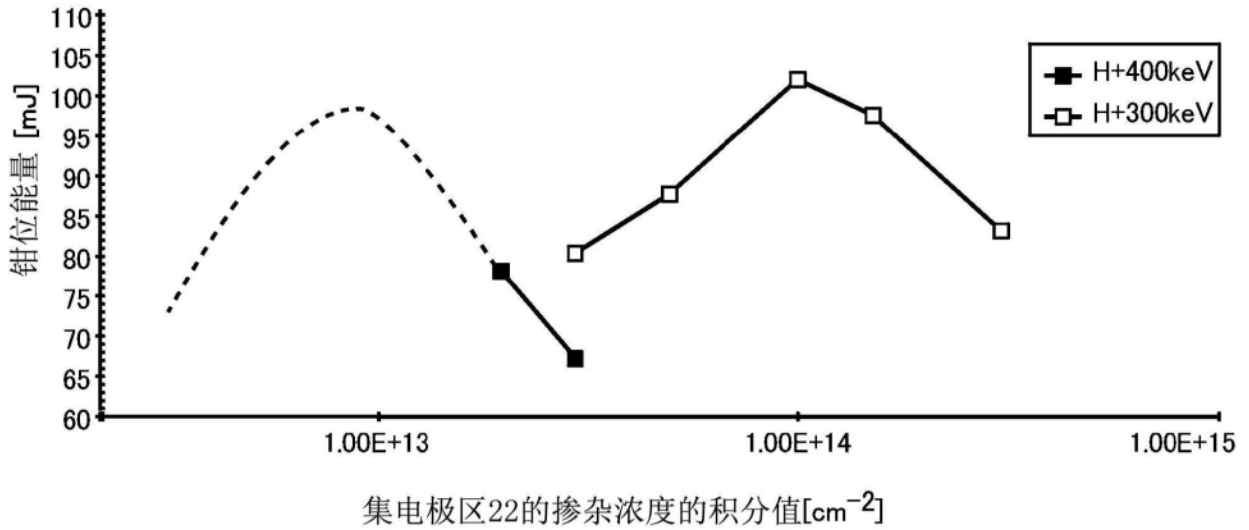


图3A

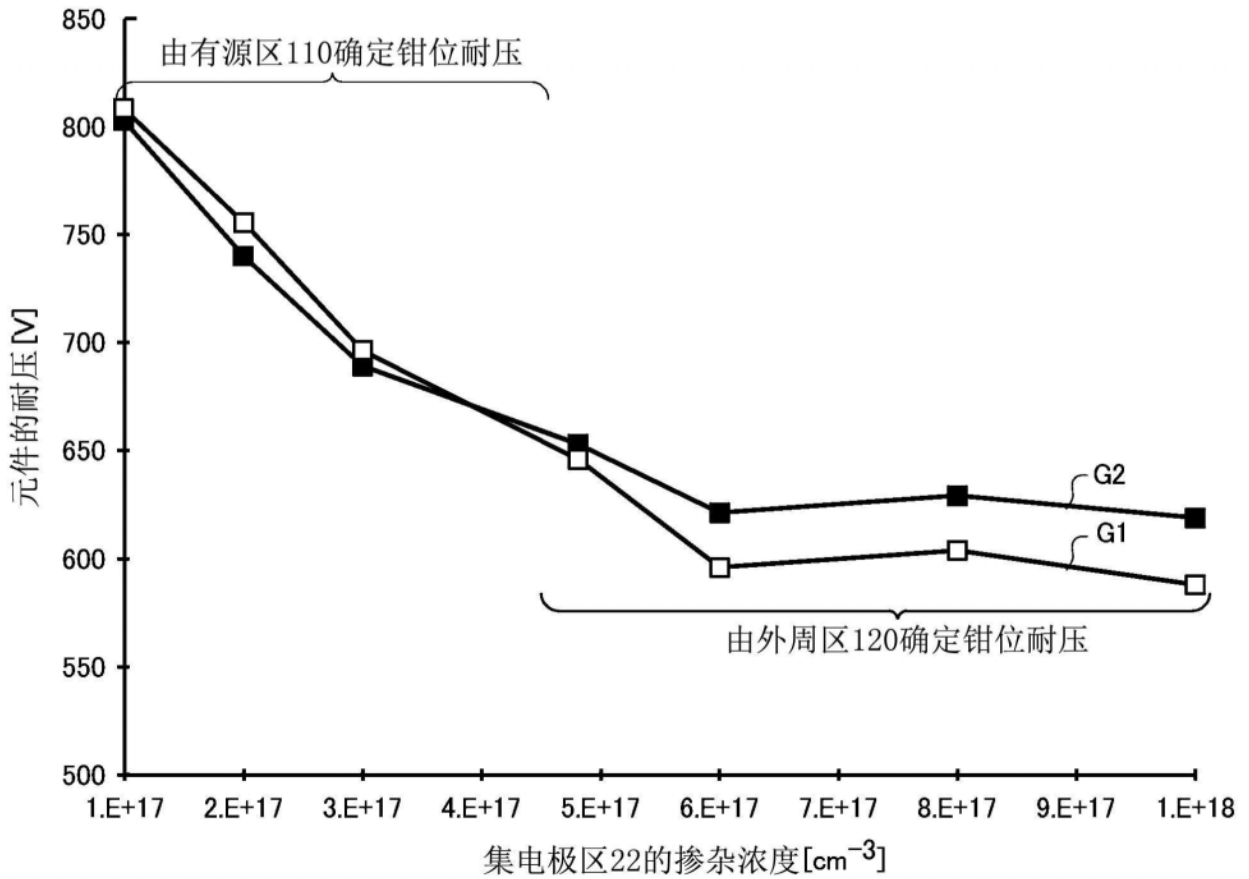


图3B

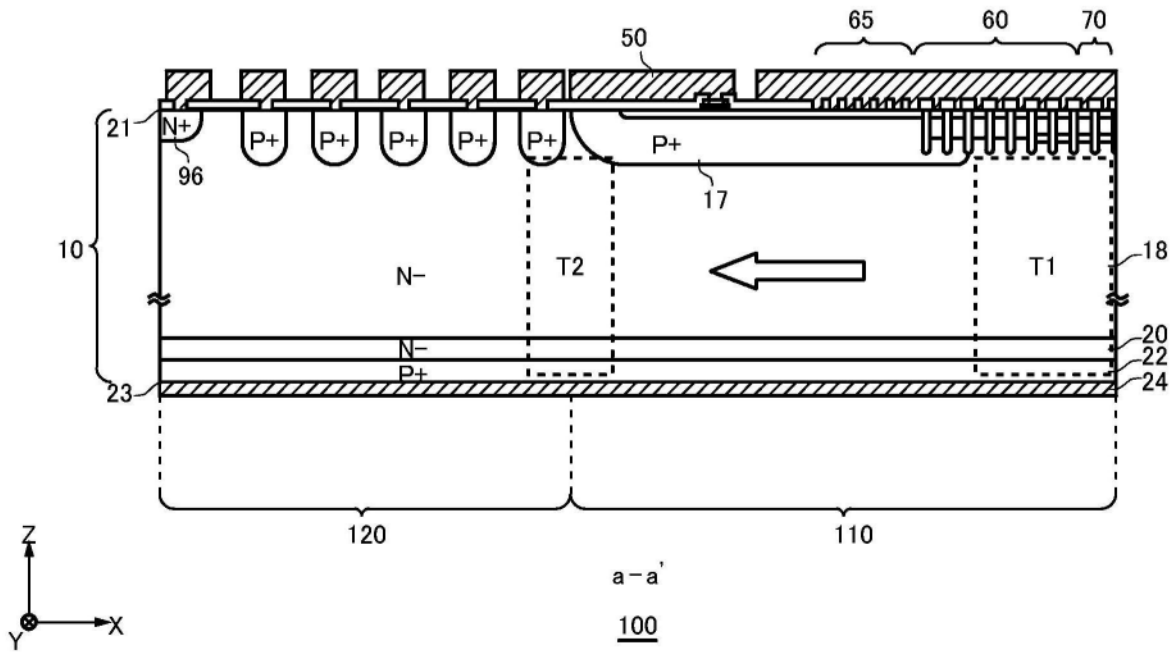
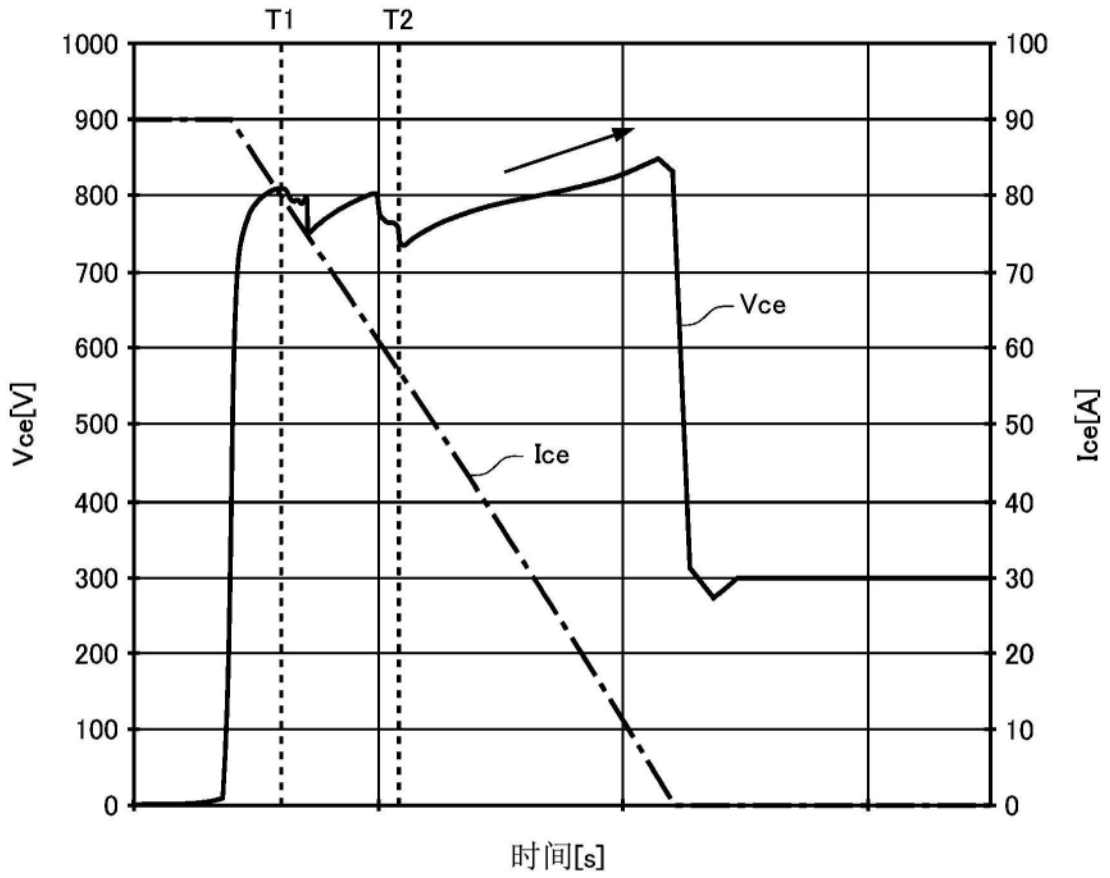


图4A

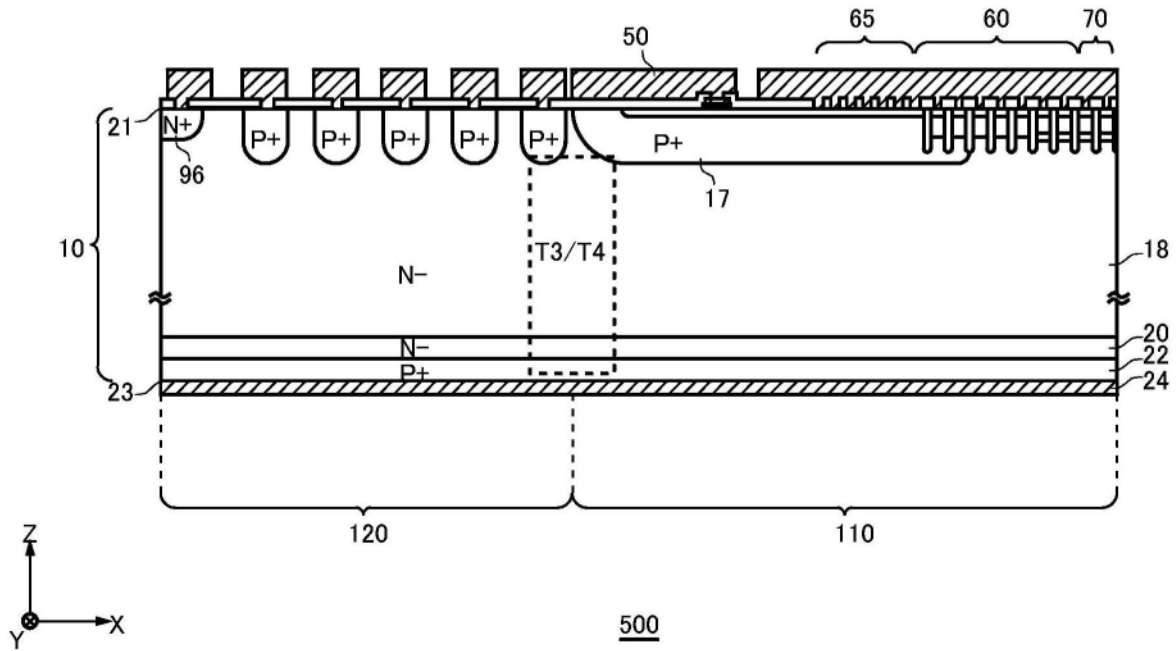
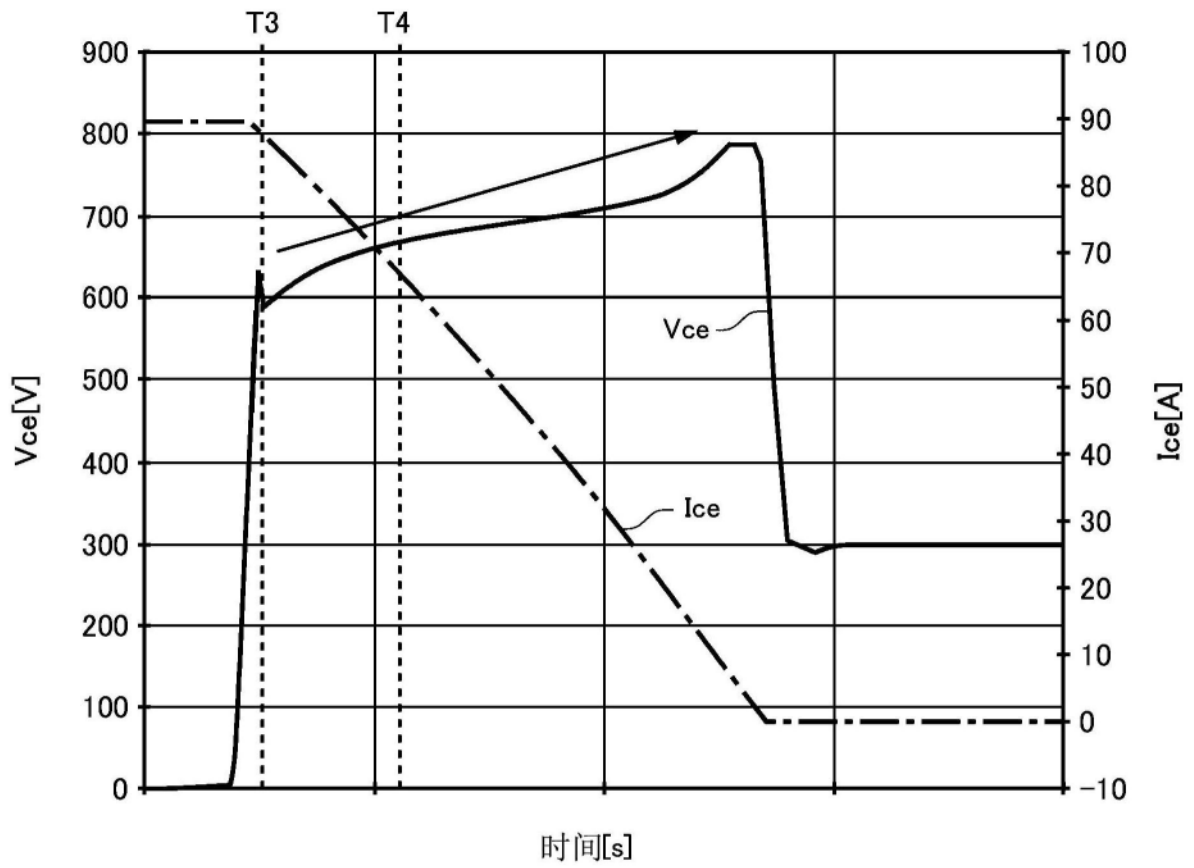


图4B

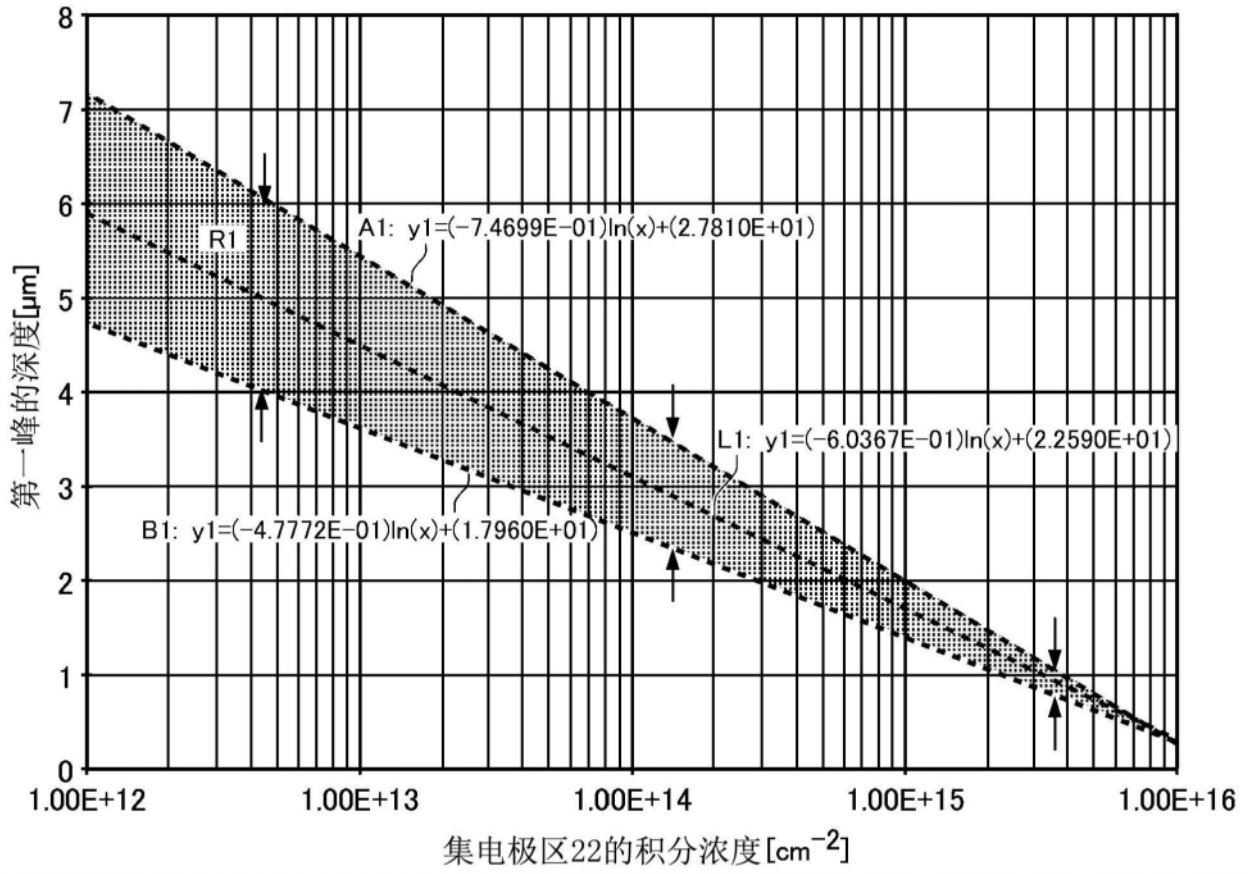


图5A

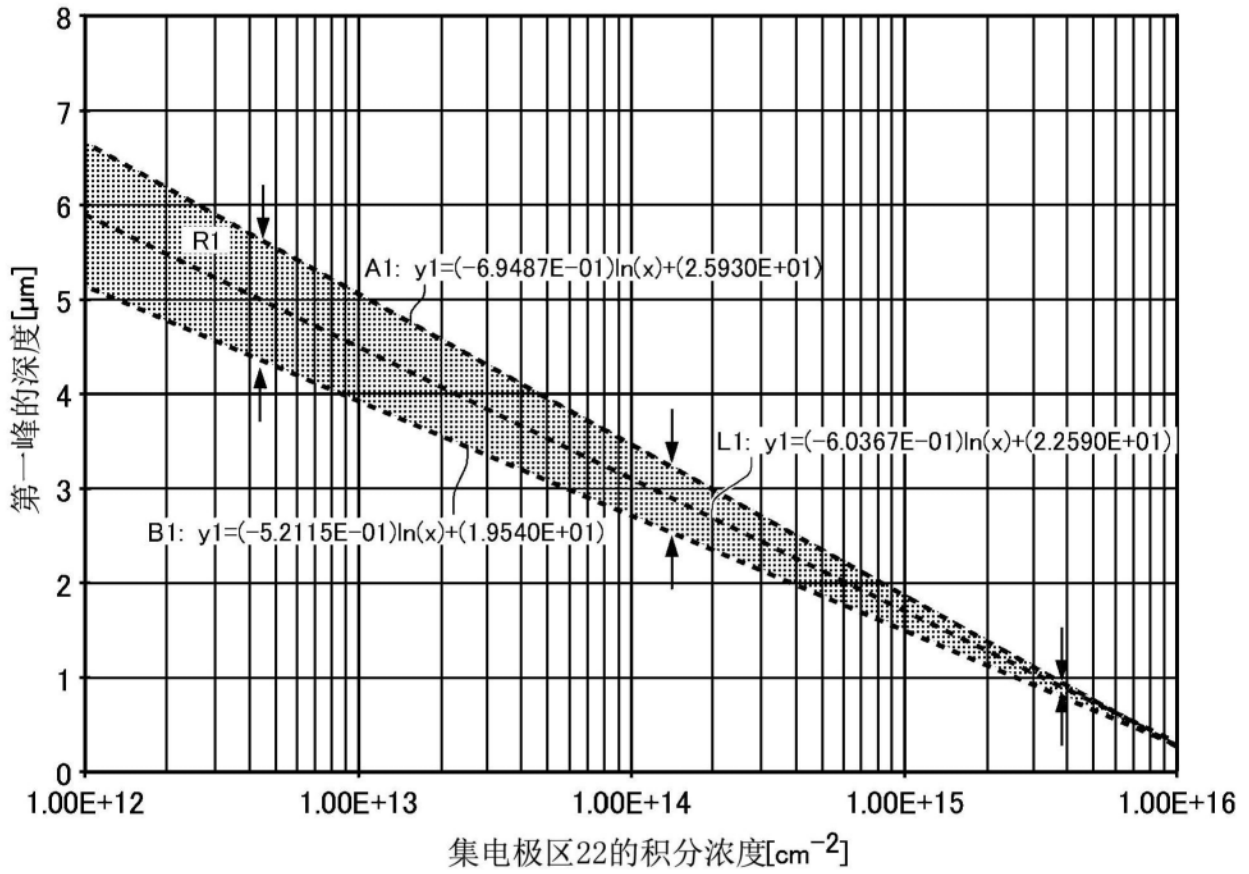


图5B

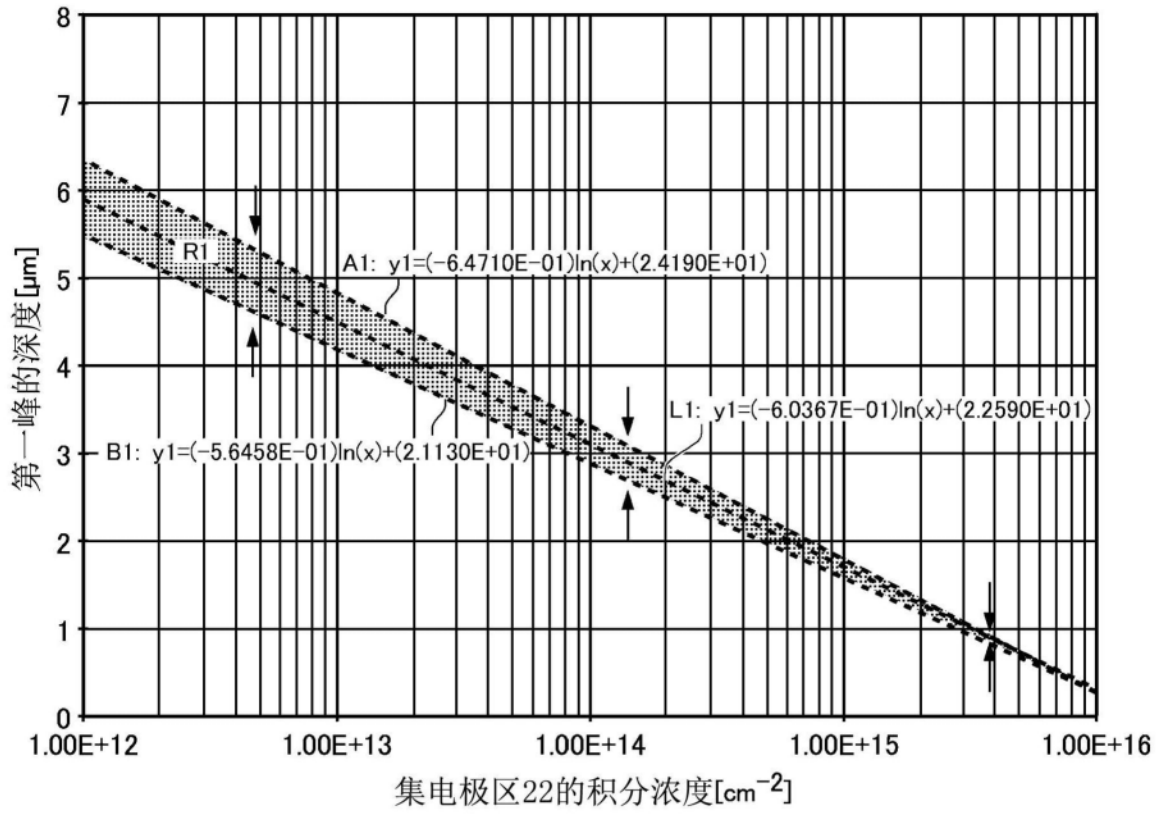


图5C

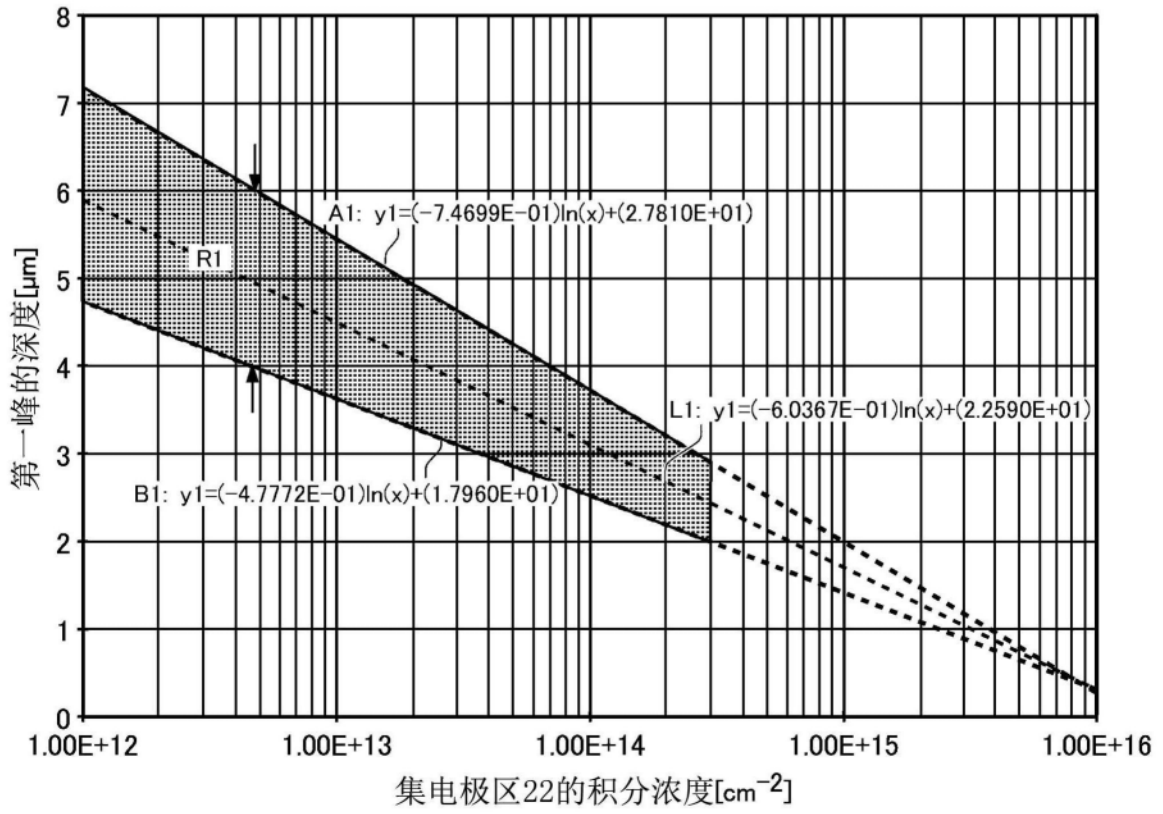


图6A

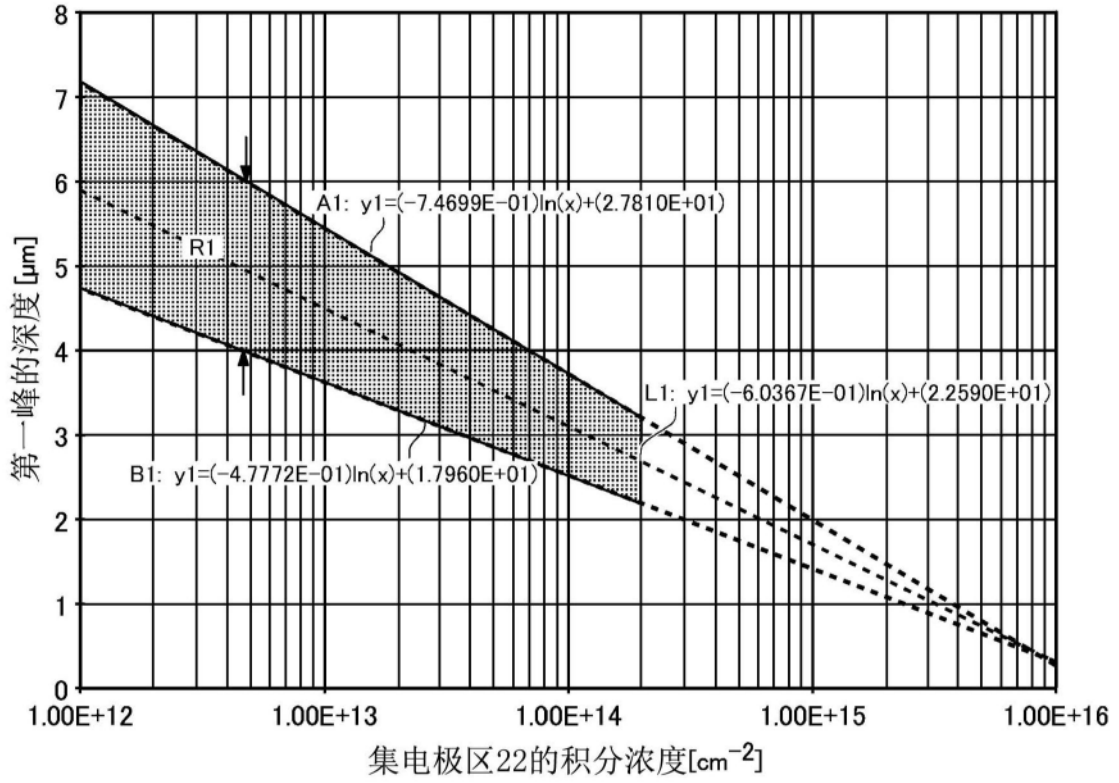


图6B

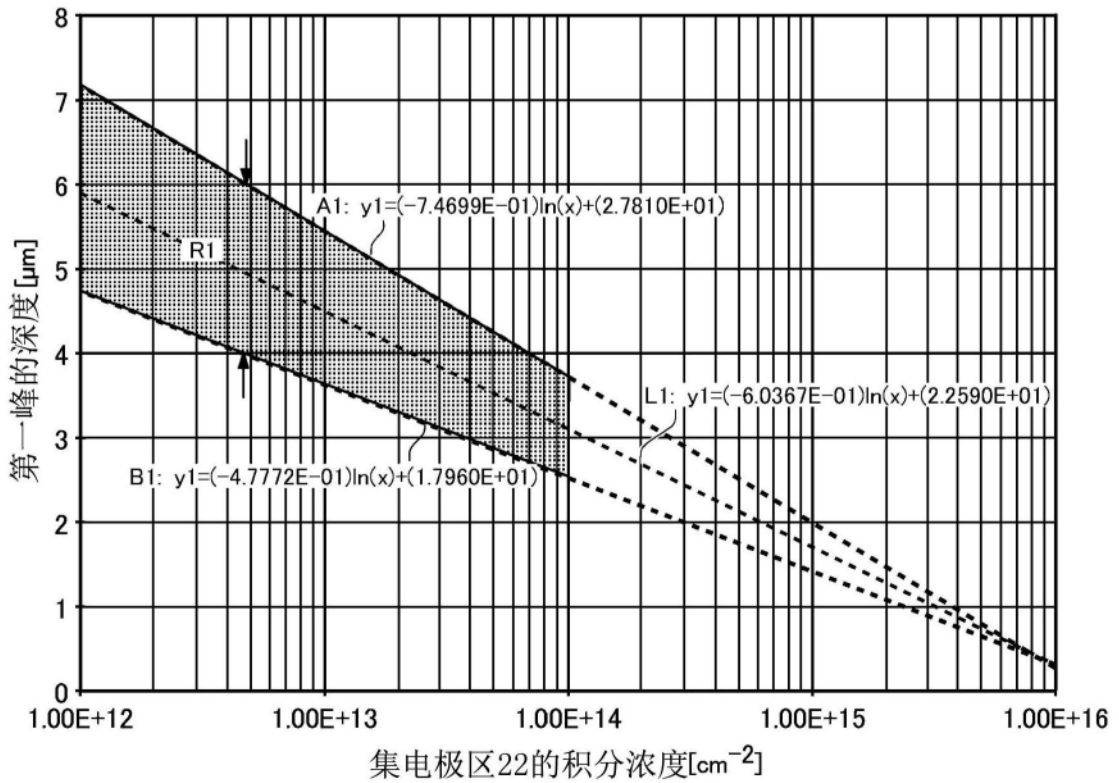


图6C

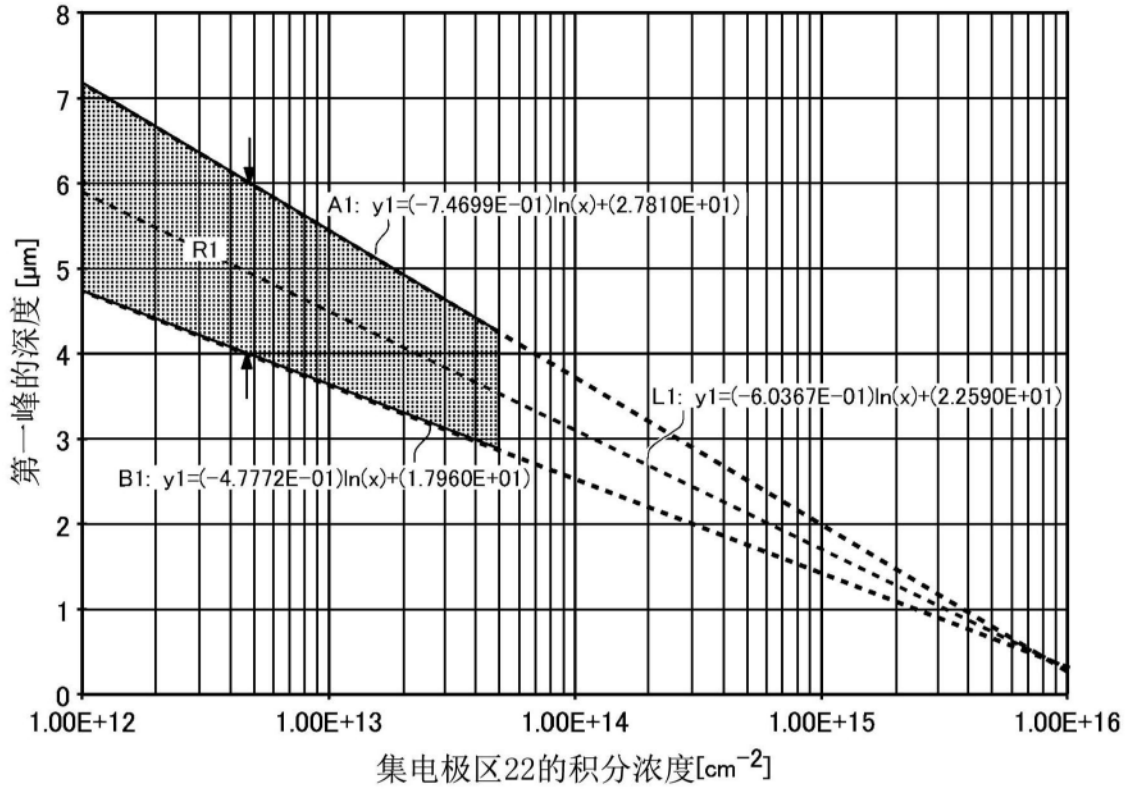


图6D

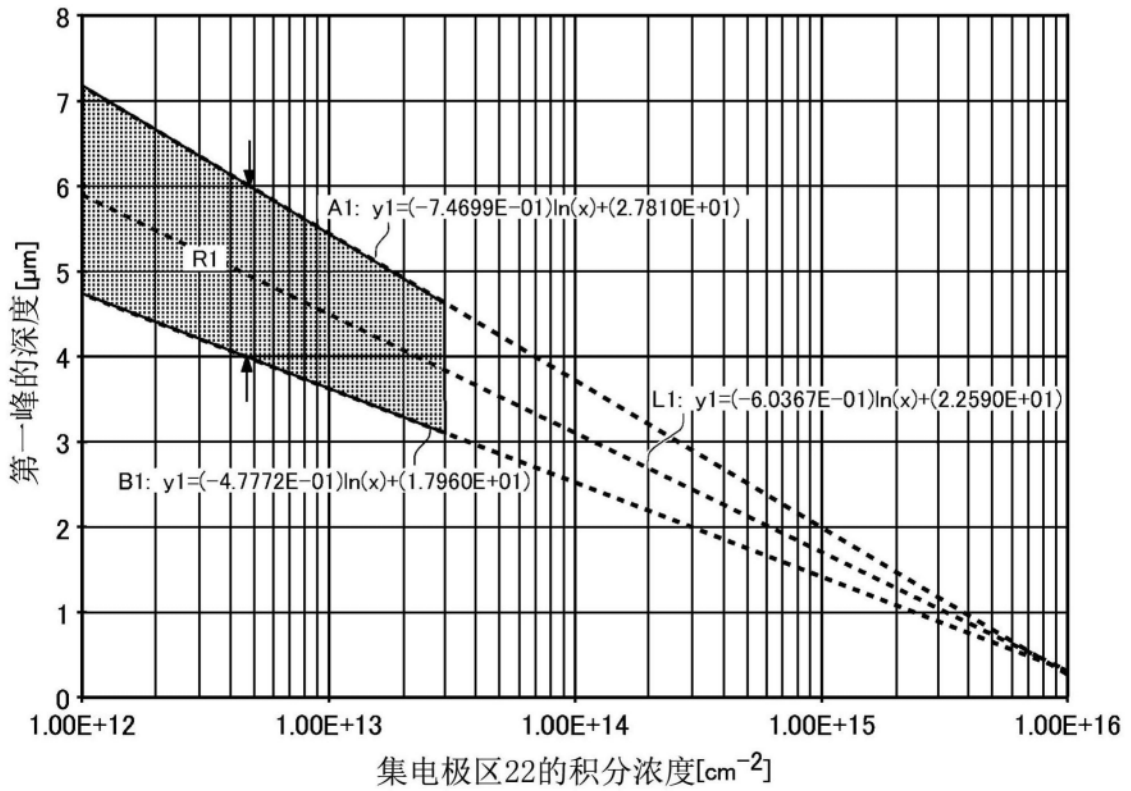


图6E

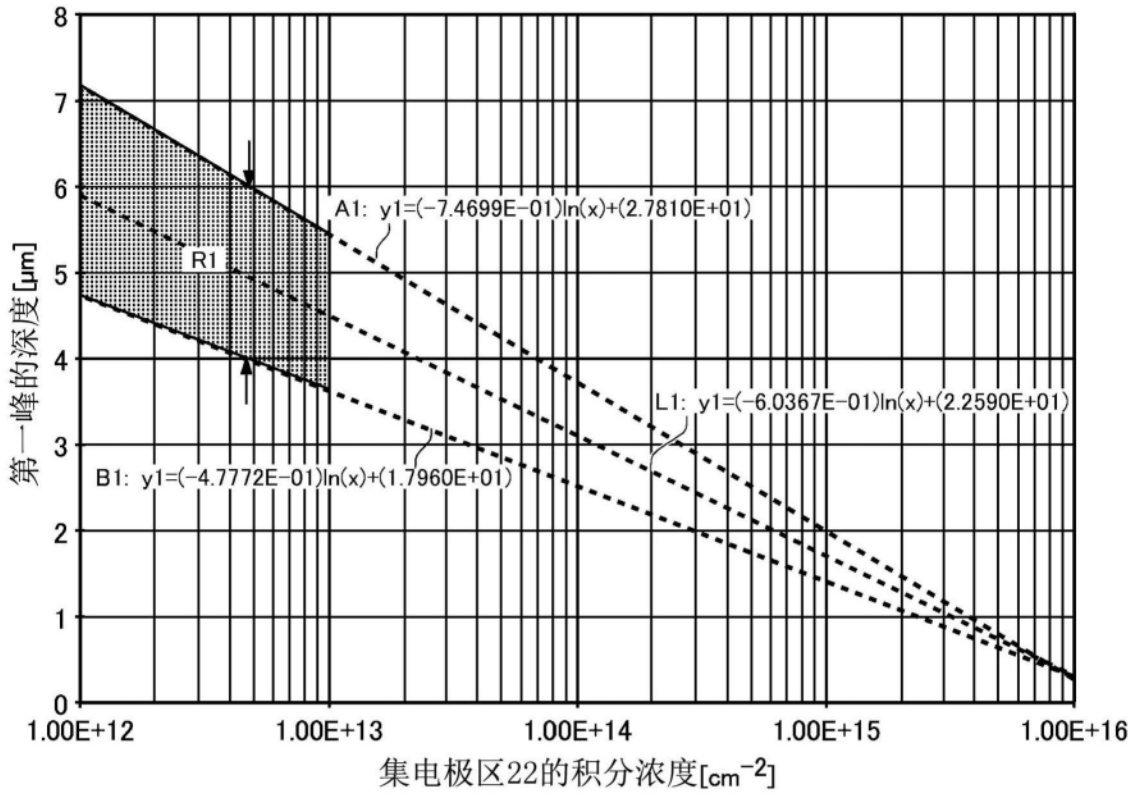


图6F

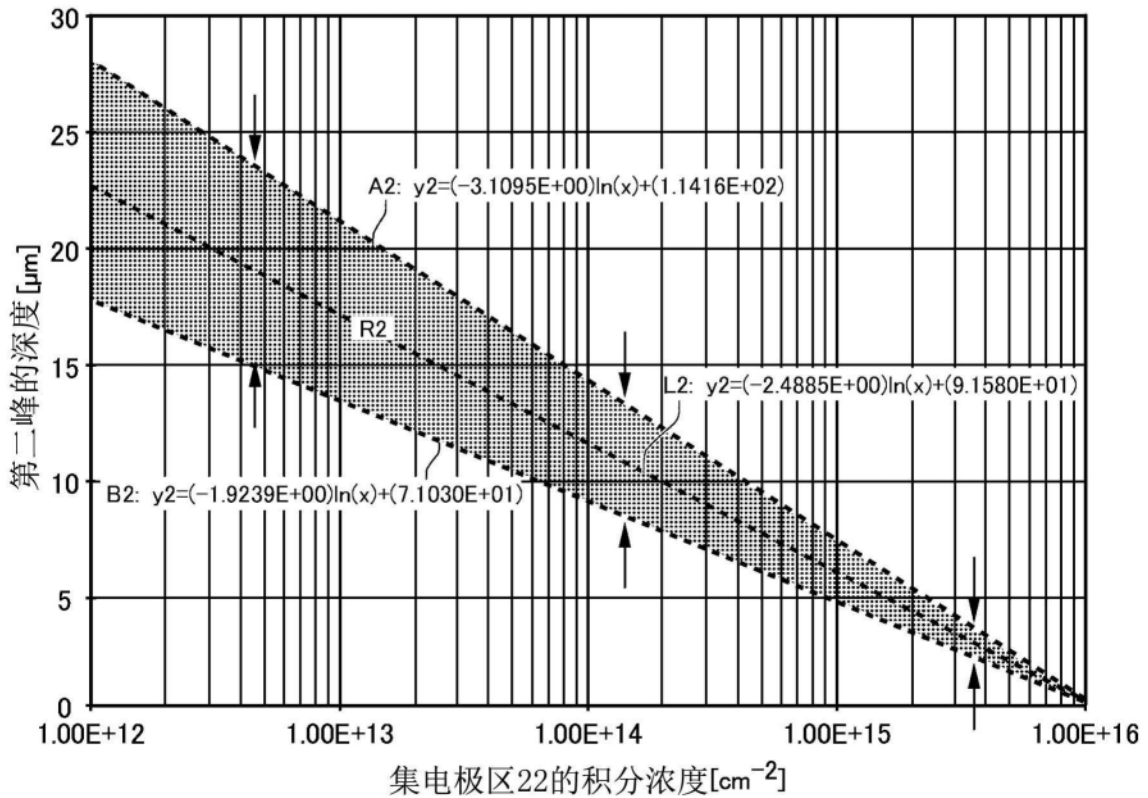


图7A

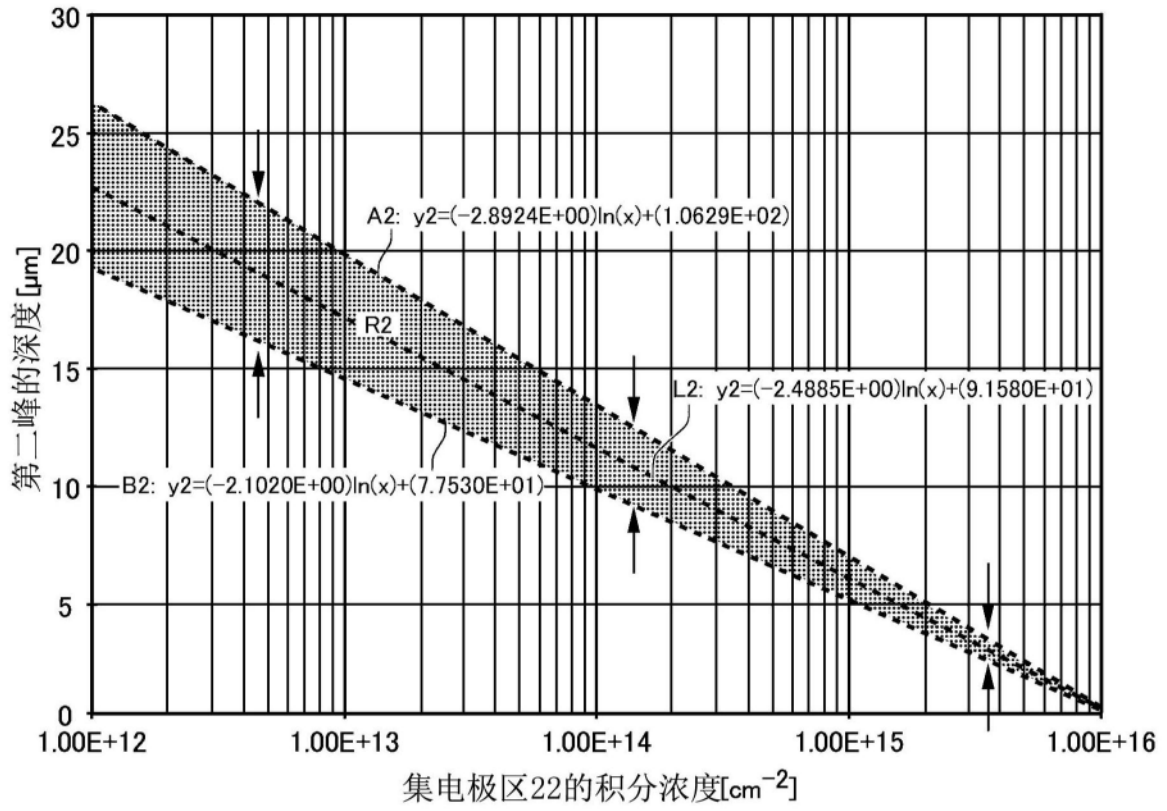


图7B

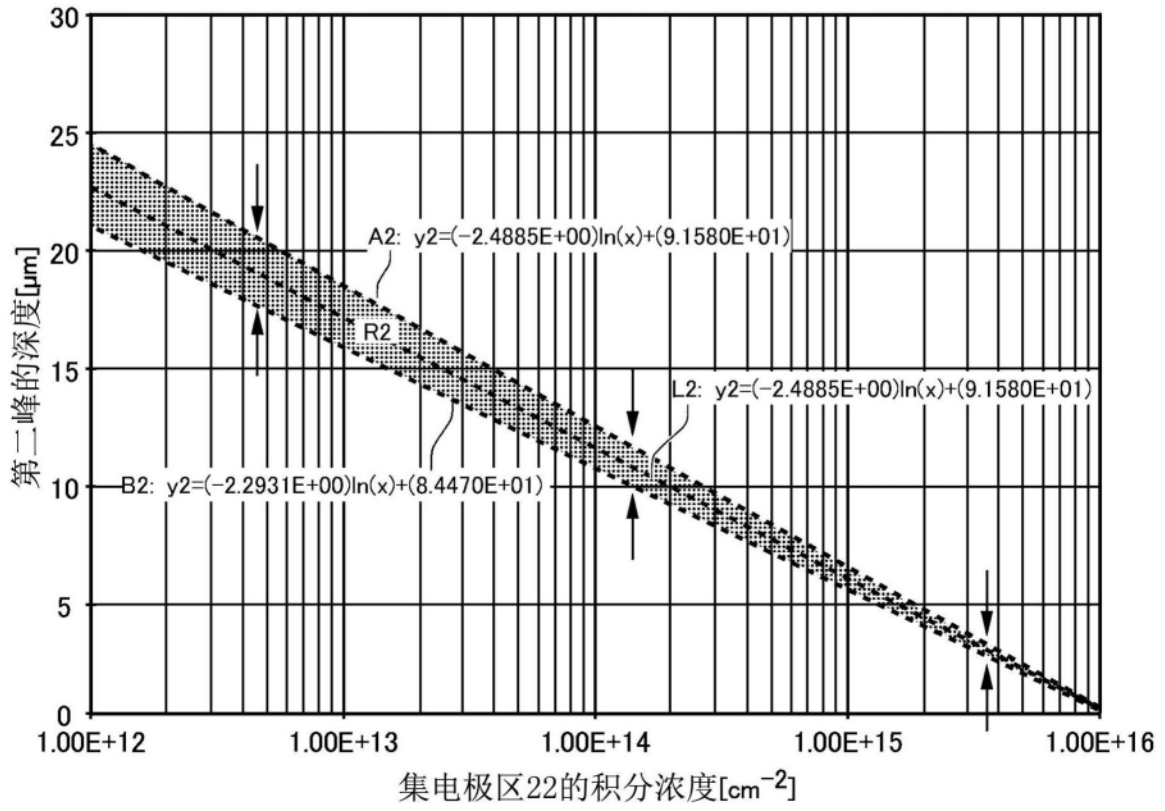


图7C

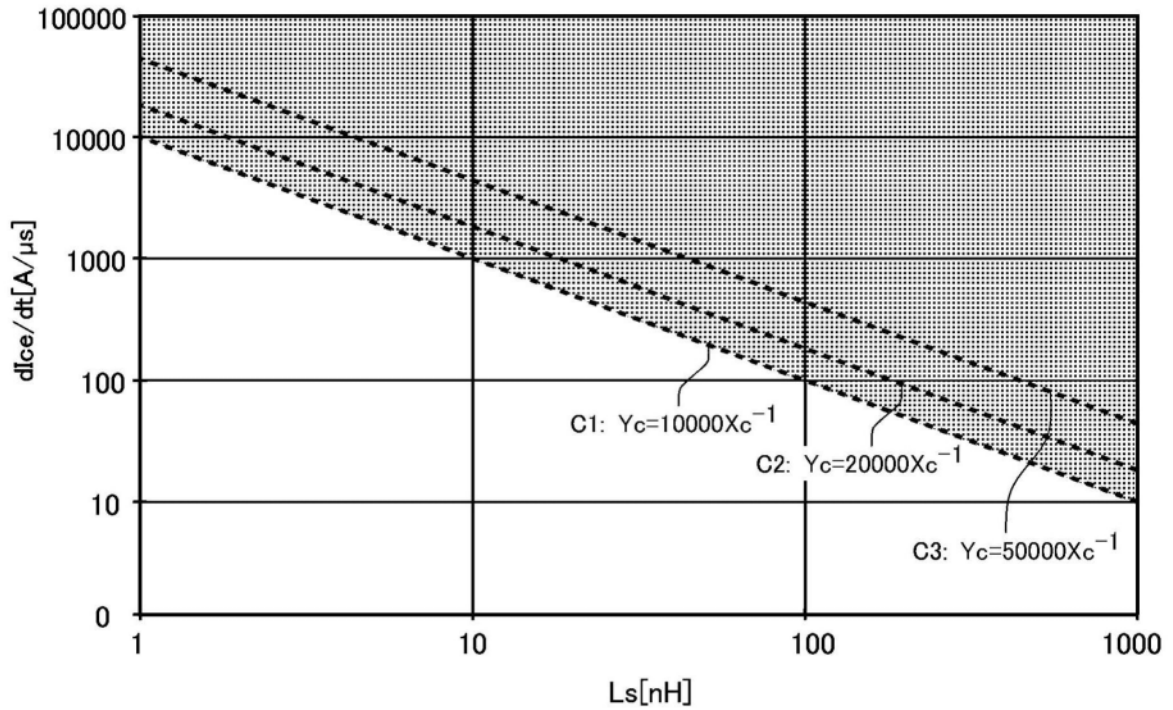


图8A

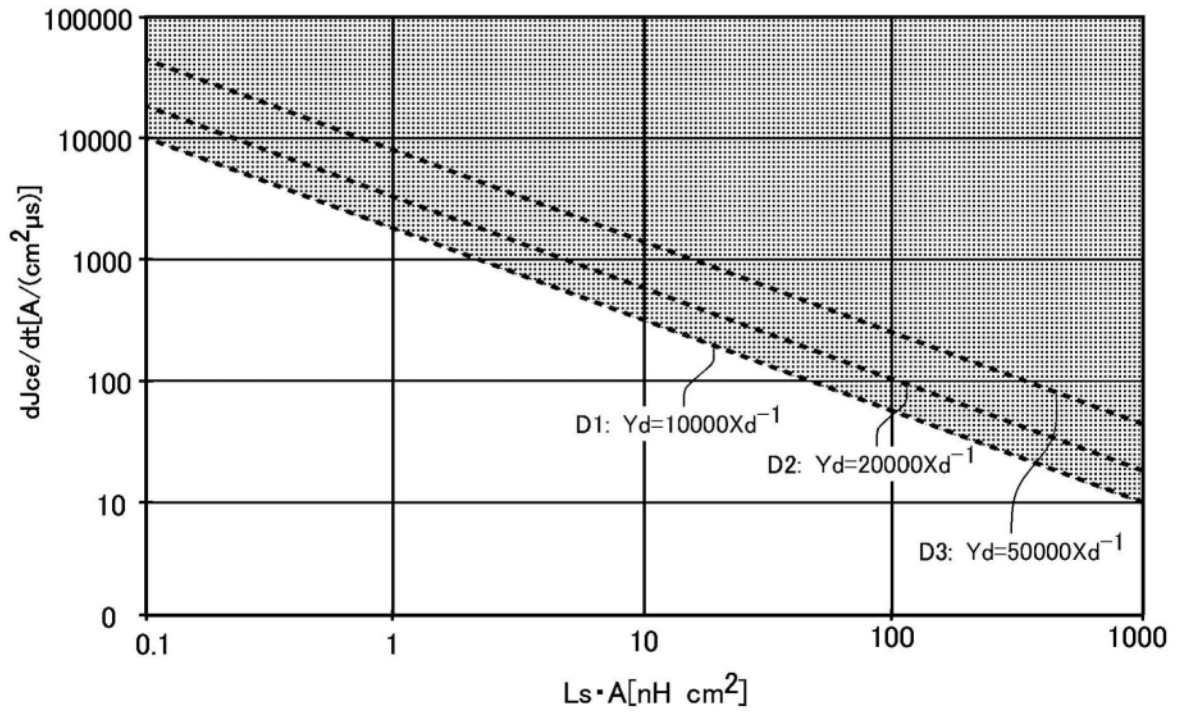


图8B

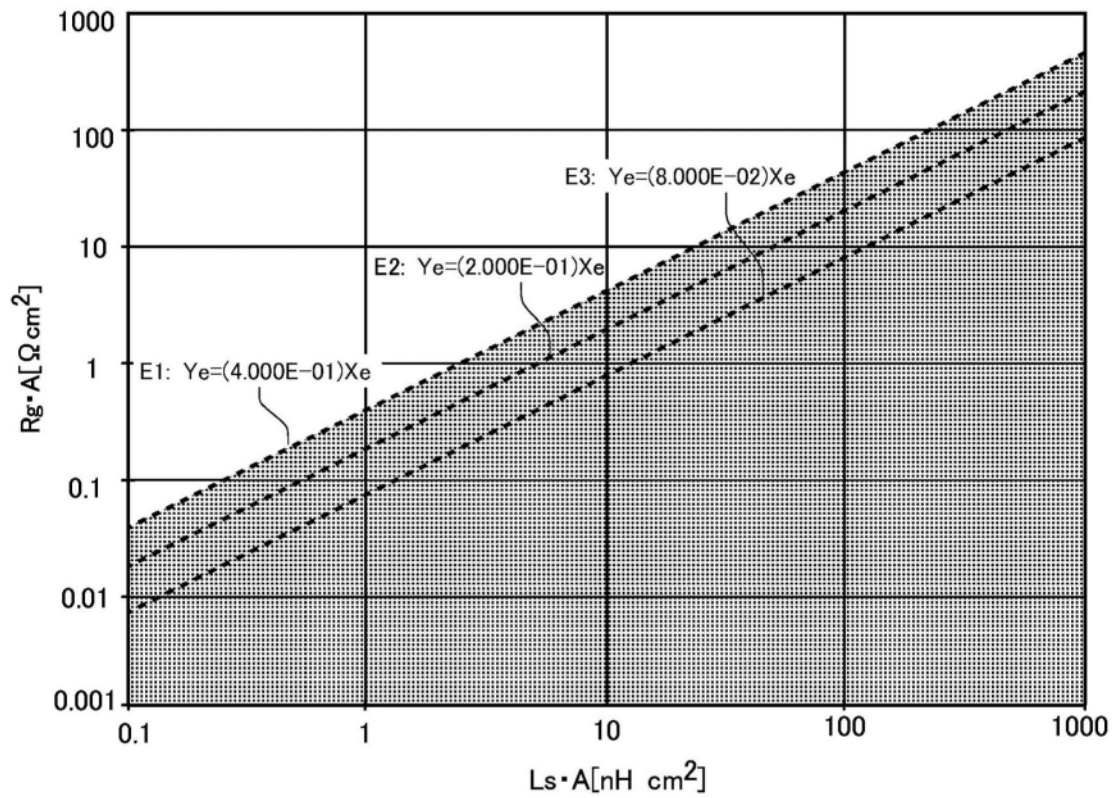


图9

1. 一种半导体装置,其特征在于,包括:
第一导电型的漂移区,设置于半导体基板;
第一导电型的场截止区,设置于所述漂移区的下方,具有一个或多个峰;以及
第二导电型的集电极区,设置于所述场截止区的下方,
在将所述集电极区的积分浓度设为 $x[\text{cm}^{-2}]$,将所述一个或多个峰中的从所述半导体基板的背面起算最浅的第一峰的深度设为 $y1[\mu\text{m}]$,并设
线A1: $y1 = (-7.4699\text{E}-01) \ln(x) + (2.7810\text{E}+01)$ 、
线B1: $y1 = (-4.7772\text{E}-01) \ln(x) + (1.7960\text{E}+01)$ 的情况下,所述第一峰的深度和所述积分浓度处于线A1与线B1之间的范围。
2. 根据权利要求1所述的半导体装置,其特征在于,
所述集电极区的积分浓度为 $8.00\text{E}15\text{cm}^{-2}$ 以下。
3. 根据权利要求1所述的半导体装置,其特征在于,
所述集电极区的积分浓度为 $3.00\text{E}14\text{cm}^{-2}$ 以下。
4. 根据权利要求1所述的半导体装置,其特征在于,
所述集电极区的积分浓度为 $2.00\text{E}14\text{cm}^{-2}$ 以下。
5. 根据权利要求1所述的半导体装置,其特征在于,
所述集电极区的积分浓度为 $1.00\text{E}14\text{cm}^{-2}$ 以下。
6. 根据权利要求1所述的半导体装置,其特征在于,
所述集电极区的积分浓度为 $5.00\text{E}13\text{cm}^{-2}$ 以下。
7. 根据权利要求1所述的半导体装置,其特征在于,
所述集电极区的积分浓度为 $3.00\text{E}13\text{cm}^{-2}$ 以下。
8. 根据权利要求1所述的半导体装置,其特征在于,
所述集电极区的积分浓度为 $1.00\text{E}13\text{cm}^{-2}$ 以下。
9. 根据权利要求1~8中任一项所述的半导体装置,其特征在于,
所述第一峰的深度为 $0.5\mu\text{m}$ 以上且 $7.2\mu\text{m}$ 以下。
10. 根据权利要求1~8中任一项所述的半导体装置,其特征在于,
所述第一峰的深度为 $2.0\mu\text{m}$ 以上且 $7.2\mu\text{m}$ 以下。
11. 根据权利要求1~10中任一项所述的半导体装置,其特征在于,
在将所述一个或多个峰中的从所述背面起算第二浅的第二峰的深度设为 $y2[\mu\text{m}]$,并设
线A2: $y2 = (-3.1095\text{E}+00) \ln(x) + (1.1416\text{E}+02)$ 、
线B2: $y2 = (-1.9239\text{E}+00) \ln(x) + (7.1030\text{E}+01)$ 的情况下,所述第二峰的深度和所述积分浓度处于线A2与线B2之间的范围。
12. 根据权利要求11所述的半导体装置,其特征在于,
所述第二峰的深度为 $3.5\mu\text{m}$ 以上且 $28\mu\text{m}$ 以下。
13. 根据权利要求1~12中任一项所述的半导体装置,其特征在于,
在将连接于所述半导体装置的电路的杂散电感 L_s 设为 $X_c[\text{nH}]$,将集电极电流减小率 dI_{ce}/dt 设为 $Y_c[\text{A}/\mu\text{s}]$,并设
线C1: $Y_c = 10000X_c^{-1}$ 的情况下,所述杂散电感 L_s 和所述集电极电流减小率 dI_{ce}/dt 处于比线C1大的范围。

14. 根据权利要求1~13中任一项所述的半导体装置,其特征在于,所述一个或多个峰的掺杂剂为氢。
15. 根据权利要求1~14中任一项所述的半导体装置,其特征在于,所述半导体装置具备:
有源区,设置于所述半导体基板;以及
外周区,在俯视所述半导体基板时,设置于所述有源区的外周。
16. 根据权利要求1~15中任一项所述的半导体装置,其特征在于,所述半导体装置具备:
第二导电型的基区,设置于所述漂移区的上方;
第一导电型的发射极区,设置于所述基区的上方,且掺杂浓度比所述漂移区的掺杂浓度高;
第二导电型的接触区,设置于所述基区的上方,且掺杂浓度比所述基区的掺杂浓度高;
以及
多个栅极沟槽部,设置于所述半导体基板。
17. 根据权利要求1~16中任一项所述的半导体装置,其特征在于,所述场截止区与所述集电极区之间的边界处的掺杂浓度为 $1E16\text{cm}^{-3}$ 以下。
18. 根据权利要求1~17中任一项所述的半导体装置,其特征在于,所述场截止区与所述集电极区之间的边界处的掺杂浓度为 $5E15\text{cm}^{-3}$ 以下。
19. 根据权利要求1~18中任一项所述的半导体装置,其特征在于,所述场截止区与所述集电极区之间的边界处的掺杂浓度为 $2E15\text{cm}^{-3}$ 以下。
20. 根据权利要求1~19中任一项所述的半导体装置,其特征在于,所述场截止区与所述集电极区之间的边界处的氢化学浓度为 $1E18\text{cm}^{-3}$ 以下。
21. 根据权利要求1~20中任一项所述的半导体装置,其特征在于,所述场截止区与所述集电极区之间的边界处的氢化学浓度为 $1E17\text{cm}^{-3}$ 以下。
22. 根据权利要求1~21中任一项所述的半导体装置,其特征在于,所述场截止区与所述集电极区之间的边界处的氢化学浓度为 $1E15\text{cm}^{-3}$ 以上。
23. 根据权利要求1~22中任一项所述的半导体装置,其特征在于,所述场截止区与所述集电极区之间的边界处的氢化学浓度为 $1E16\text{cm}^{-3}$ 以上。
24. (追加)、根据权利要求1~13中任一项所述的半导体装置,其特征在于,所述第一峰的掺杂剂为磷。
25. (追加)、根据权利要求1~13中任一项所述的半导体装置,其特征在于,所述一个或多个峰中的除了所述第一峰以外的峰的掺杂剂为氢。
26. (追加)、根据权利要求1~25中任一项所述的半导体装置,其特征在于,在所述半导体基板的正面侧区域不具有寿命抑制区。