



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103715274 A

(43) 申请公布日 2014. 04. 09

(21) 申请号 201310286524. 7

H01L 29/06 (2006. 01)

(22) 申请日 2013. 07. 09

(30) 优先权数据

2012-224356 2012. 10. 09 JP

(71) 申请人 先进动力设备技术研究协会

地址 日本神奈川县

(72) 发明人 伊仓巧裕

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 翟赞琪

(51) Int. Cl.

H01L 29/872 (2006. 01)

H01L 29/40 (2006. 01)

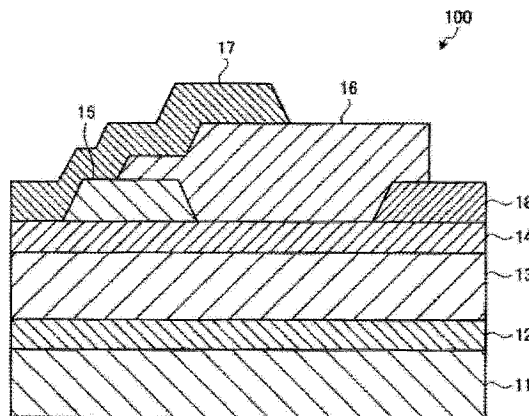
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

半导体装置

(57) 摘要

本发明的课题是提供抑制耐压性的降低的同时有效地抑制了漏电流的半导体装置。其具备：在基板上形成的，由 III 族氮化物系化合物半导体构成的电子传输层；在所述电子传输层上形成的，由带隙能量比所述电子传输层高的 III 族氮化物系化合物半导体构成的电子供给层；在所述电子供给层上形成的，由带隙能量比所述电子供给层低的非 p 型的 III 族氮化物系化合物半导体构成的场板层；以与在所述电子传输层的与所述电子供给层的界面产生的二维电子气层欧姆接触的方式形成的第 1 电极；以与所述二维电子气层以肖特基接触的方式形成的第 2 电极，在所述场板层的侧壁，所述第 2 电极与在所述场板层的与所述电子供给层的界面产生的二维空穴气欧姆接触。



1. 一种半导体装置,其特征在于,  
具备:在基板上形成的,由 III 族氮化物系化合物半导体构成的电子传输层;  
在所述电子传输层上形成的,由带隙能量比所述电子传输层高的 III 族氮化物系化合物半导体构成的电子供给层;  
在所述电子供给层上形成的,由带隙能量比所述电子供给层低的非 p 型的 III 族氮化物系化合物半导体构成的场板层;  
以与二维电子气层欧姆接触的方式形成的第 1 电极,所述二维电子气层在所述电子传输层的与所述电子供给层的界面产生;以及  
以与所述二维电子气层肖特基接触的方式形成的第 2 电极,  
在所述场板层的侧壁,所述第 2 电极与在所述场板层的与所述电子供给层的界面产生的二维空穴气欧姆接触。
2. 根据权利要求 1 所述的半导体装置,其特征在于,所述场板层的所述侧壁相对于与  
所述电子供给层的表面相垂直的面,向与所述第 2 电极相反一侧倾斜。
3. 根据权利要求 1 或 2 所述的半导体装置,其特征在于,具有从所述电子供给层的表面  
一直形成到所述电子供给层内或所述电子传输层内的规定的深度的凹部,所述第 2 电极从  
所述凹部内一直形成到所述场板层的所述侧壁。
4. 根据权利要求 3 所述的半导体装置,其特征在于,所述凹部距所述电子供给层的表  
面的深度为 10nm 以上,所述凹部正下方的所述电子传输层的厚度为 20nm 以上。
5. 根据权利要求 1 或 2 所述的半导体装置,其特征在于,所述场板层具有,位于所述电  
子供给层侧的、带隙能量从所述电子供给层侧向与所述电子供给层相反一侧连续或逐步降  
低的区域。
6. 根据权利要求 5 所述的半导体装置,其特征在于,所述区域的厚度为 10nm 以上。
7. 根据权利要求 1 或 2 所述的半导体装置,其特征在于,在所述非 p 型的场板层的上表  
面的至少一部分形成所述第 2 电极。

## 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,公开了在由 III 族氮化物系化合物半导体构成的半导体装置(例如,肖特基势垒二极管)中,在 AlGaIn/GaN 异质结构上形成了作为场板起作用的 GaN 层(GaN-FP 层)的结构。此外,还有在 GaN-FP 层与 AlGaIn/GaN 异质结构之间形成了无掺杂的 GaN 层的结构(参照专利文献 1、2)。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] [专利文献 1] 国际公开 W02011/162243 号公报

[0006] [专利文献 2] 日本特开 2007-134608 号公报

### 发明内容

[0007] 发明要解决的问题

[0008] 在上述结构中,在 GaN 层的与 AlGaIn 层的界面产生二维电子气,在 GaN-FP 层(或无掺杂的 GaN 层)的与 AlGaIn 层的界面产生二维空穴气。

[0009] 此时,若二维空穴气与阳电极进行欧姆接触而等电位,则在反向偏压时,因在二维空穴气与二维电子气之间施加电场,故二维电子气变得易耗尽。因此,若在阳电极的端部形成 GaN-FP 层,则在反向偏压时因对阳电极端部施加的电场变弱,故期待抑制漏电流。

[0010] 然而,产生二维空穴气的 GaN-FP 层的导电类型为 p 型的结构,或者即使 GaN-FP 层不是 p 型、但在其上层叠了 p 型的 GaN 层的结构中,在 GaN-FP 层产生的二维空穴气增加。因此,丧失二维空穴气的浓度与在 AlGaIn 层的下部的 GaN 层产生的二维电子气之间的浓度平衡。其结果是,电场集中于 GaN-FP 层的端部。进一步,在 p 型的 GaN 层中作为 p 型掺杂剂主要掺杂了 Mg(镁)。其结果是,空穴的迁移率变小,其与电子的迁移率之差变大。由此,在开关半导体装置时可使二维空穴气与二维电子气的浓度变化出现偏差,因二维电子气变得不易耗尽,故电场集中于 GaN-FP 层的端部。以上的结果是,产生半导体装置的耐压性降低,漏电流未被有效抑制等问题。

[0011] 本发明鉴于上述情况,其目的在于,提供抑制耐压性的降低并同时有效地抑制了漏电流的半导体装置。

[0012] 解决问题的手段

[0013] 为了解决上述问题,完成目的,本发明的半导体装置的特征在于,具备:在基板上形成的,由 III 族氮化物系化合物半导体构成的电子传输层;在所述电子传输层上形成的,由带隙能量比所述电子传输层高的 III 族氮化物系化合物半导体构成的电子供给层;在所述电子供给层上形成的,由带隙能量比所述电子供给层低的、非 p 型的 III 族氮化物系化合物半导体构成的场板层;以及与在所述电子传输层的与所述电子供给层的界面产生的二维电

子气层欧姆接触的方式形成的第 1 电极;以与所述二维电子气层肖特基接触的方式形成的第 2 电极,在所述场板层的侧壁,所述第 2 电极与在所述场板层的与所述电子供给层的界面产生的二维空穴气欧姆接触。

[0014] 本发明的半导体装置的特征还在于,在上述发明中,相对于与所述电子供给层的表面相垂直的面,所述场板层的所述侧壁向与所述第 2 电极相反一侧倾斜。

[0015] 本发明的半导体装置的特征还在于,在上述发明中,具有从所述电子供给层的表面一直形成到所述电子供给层内或所述电子传输层内的规定的深度的凹部,所述第 2 电极从所述凹部内一直形成到所述场板层的所述侧壁。

[0016] 本发明的半导体装置的特征还在于,在上述发明中,所述凹部距所述电子供给层的表面的深度为 10nm 以上,所述凹部正下方的所述电子传输层的厚度为 20nm 以上。

[0017] 本发明的半导体装置的特征还在于,在上述发明中,所述场板层具有位于所述电子供给层侧的、带隙能量从所述电子供给层侧向与所述电子供给层相反一侧连续地或阶梯式降低的区域。

[0018] 本发明的半导体装置的特征还在于,在上述发明中,所述区域的厚度为 10nm 以上。

[0019] 本发明的半导体装置的特征还在于,在上述发明中,在所述非 p 型的场板层的上表面的至少一部分形成了所述第 2 电极。

[0020] 发明效果

[0021] 根据本发明,具有下述效果:可实现抑制耐压性的降低并同时有效地抑制了漏电流的半导体装置。

## 附图说明

[0022] 图 1 是实施方式 1 的半导体装置的截面示意图。

[0023] 图 2 是显示在图 1 所示半导体装置的主要部分的图。

[0024] 图 3 是实施方式 2 的半导体装置的主要部分截面示意图。

[0025] 图 4 是实施方式 3 的半导体装置的主要部分截面示意图。

[0026] 图 5 是实施方式 4 的半导体装置的主要部分截面示意图。

[0027] 图 6 是实施方式 5 的半导体装置的主要部分截面示意图。

[0028] 图 7 是实施方式 6 的半导体装置的截面示意图。

[0029] 图 8 是阳电极与二维空穴气未进行欧姆接触的半导体装置的主要部分截面示意图。

[0030] 符号说明

[0031] 11 基板

[0032] 12 缓冲层

[0033] 13、33、53 电子传输层

[0034] 13a、33a、53a 二维电子气层

[0035] 14、24、34、54 电子供给层

[0036] 15、25、45、55 场板层

[0037] 15a、25a、45c、55c 二维空穴气层

[0038] 15b、25b、45d 侧壁

- [0039] 16、66 钝化膜
- [0040] 17、27、37、47、57 阳电极
- [0041] 18 阴电极
- [0042] 24a、33b、53b 凹部
- [0043] 45a、55a 梯度组成区域
- [0044] 45b、55b 区域
- [0045] 67 栅电极
- [0046] 68 漏电极
- [0047] 69 源电极
- [0048] 100、200、300、400、500、600 半导体装置
- [0049] G1、G2、G3 间隙
- [0050]  $\theta 1$ 、 $\theta 2$  角度

### 具体实施方式

[0051] 以下,参照附图对本发明的半导体装置的实施方式加以详细说明。而且,本发明不受此实施方式的限制。此外,在各附图中,对相同或对应的要素标以适当的相同的符号,适当省略重复的说明。再者,附图是示意性的,需注意的各要素的尺寸关系等有与实物不同的情况。在附图相互之间,也包含相互的尺寸关系、比率不同的部分。

[0052] (实施方式 1)

[0053] 图 1 是作为本发明的实施方式 1 的半导体装置的肖特基势垒二极管的截面示意图。半导体装置 100 具备:在基板 11 上隔着缓冲层 12 形成的电子传输层 13,在电子传输层 13 上形成的电子供给层 14,在电子供给层 14 上形成的场板层 15、钝化膜 16、作为第 2 电极的阳电极 17 以及作为第 1 电极的阴电极 18。

[0054] 基板 11 由硅、蓝宝石、ZnO 等在其主表面上可形成 III 族氮化物系化合物半导体的材料构成。缓冲层 12 用于在基板 11 上适宜地形成 III 族氮化物系化合物半导体层,例如具有 AlN 层和 GaN 层交替层叠而成的公知的结构。

[0055] 电子传输层 13 包含例如非掺杂的 GaN。电子供给层 14 由带隙能量比电子传输层 13 高的 III 族氮化物系化合物半导体例如 AlGaIn 构成。AlGaIn 的 Al 组成比为例如 0.25,但没有特别限制,可以使其为例如 0.01 ~ 0.99。此外,电子供给层 14 的厚度为例如 1 ~ 50nm,优选为 20 ~ 25nm。此处,在电子传输层 13 的与电子供给层 14 的界面产生二维电子气层。

[0056] 场板层 15 由带隙能量比电子供给层 14 低的,非 p 型的 III 族氮化物系化合物半导体构成。例如,场板层 15 由非掺杂的 GaN 构成。场板层 15 的厚度为例如 30nm ~ 200nm,优选为 50nm ~ 150nm。此处,在场板层 15 的与电子供给层 14 的界面产生二维空穴气层。而且,非 p 型是指导电类型不是 p 型,例如非掺杂的或掺杂了 n 型杂质而成的 n 型。

[0057] 钝化膜 16 包含例如 SiN,其主要保护未形成场板层 15、阳电极 17 及阴电极 18 的电子供给层 14 的表面。

[0058] 阴电极 18 以与电子供给层 14 进行欧姆接触的方式用例如 Ti/Al 的层叠结构来形成。由此,阴电极 18 通过电子供给层 14,与在电子传输层 13 产生的二维电子气层进行欧姆

接触。

[0059] 阳电极 17 以与电子供给层 14 进行肖特基接触的方式用例如 Ni/Au 的层叠结构来形成。由此,阳电极 17 通过电子供给层 14,与在电子传输层 13 产生的二维电子气层进行肖特基接触。

[0060] 阳电极 17 与场板层 15 互相接触,且向着阴电极 18 侧延伸。例如,阳电极 17 以像图 1 那样与场板层 15 的侧面及上表面的一部分相接触的方式形成。

[0061] 接着,对阳电极 17 与场板层 15 的接触状态进行说明。图 2 是显示作为图 1 中显示的半导体装置 100 的主要部分的阳电极 17 与场板层 15 相接触的部分的图。如图 2 所示,在电子传输层 13 的与电子供给层 14 的界面产生二维电子气层 13a。在场板层 15 的与电子供给层 14 的界面产生二维空穴气层 15a。

[0062] 在此半导体装置 100 中,阳电极 17 以与在场板层 15 产生的二维空穴气层 15a 在场板层 15 的侧壁 15b 中进行欧姆接触的方式构成。具体而言,通过使场板层 15 的侧壁 15b 相对于与电子供给层 14 的表面相垂直的面而向与阳电极 17 相反一侧仅以角度  $\theta_1$  倾斜,从而实现了所述欧姆接触。

[0063] 如上所述,若二维空穴气层 15a 与阳电极 17 进行欧姆接触而等电位,在反向偏压时,因在二维空穴气层 15a 与二维电子气层 13a 之间施加电场,故二维电子气层 13a 变得易在较低的电压下耗尽。因此,在反向偏压时因对阳电极 17 的端部施加的电场变弱,故可有效抑制漏电流。

[0064] 进一步,因在电子供给层 14 的上方形成的,与阳电极 17 接触的层(此处为场板层 15)为非 p 型,故在确保二维空穴气层 15a 的浓度与二维电子气层 13a 的浓度平衡的同时,开关时的耗尽变容易。其结果是,防止了电场集中于场板层 15 的靠近阴电极 18 的端部,耐压性的降低被抑制。此外,如图 1 所示,除了非 p 型的场板层 15 以外,通过在一部分阳电极 17 与电子供给层 14 或场板层 15 之间形成钝化膜 16,从而形成多级状的电场缓和结构,耐压性进一步改善。

[0065] 而且,图 8 是阳电极与二维空穴气未进行欧姆接触的半导体装置 700 的主要部分截面示意图。在半导体装置 700 中,与半导体装置 100 同样地,在电子传输层 73 的与电子供给层 74 的界面上产生二维电子气层 73a,在场板层 75 的与电子供给层 74 的界面产生二维空穴气层 75a。

[0066] 然而,因场板层 75 的侧壁与电子供给层 74 的表面垂直,故在场板层 75 的侧壁与电子供给层 74 的表面所形成的角部分产生与阳电极 77 的间隙 G7。认为这样的间隙的产生是因为,通过例如电子束蒸渡法等来形成阳电极 77 时,电极材料没有充分到达角部分。由于二维空穴气层 75a 存在于距场板层 75 的与电子供给层 74 的界面数 nm 左右的范围内,因此若存在这样的间隙 G7,则二维空穴气层 75a 变得不与阳电极 77 接触,或接触不充分。此时,二维空穴气层 75a 变为漂浮状,变成在与二维电子气层 73a 之间没有施加电场的情况。

[0067] 为了消除这样的间隙 G7 的产生,半导体装置 100 中的场板层 15 的侧壁 15b 的倾斜的角度  $\theta_1$  例如为 30 度~60 度左右,优选为 45 度。

[0068] 而且,就制造半导体装置 100 的工序而言,其能如下进行。首先,在基板 11 上,采用例如 MOCVD 法等晶体生长法,使应成为缓冲层 12、电子传输层 13、电子供给层 14、场板层 15 的半导体层依次生长。之后,通过选择性蚀刻,除去所希望的区域之外的半导体层来形成

场板层 15。而且,通过对场板层 15 进行各向同性蚀刻,可使场板层 15 的侧壁 15b 仅以优选的角度  $\theta_1$  倾斜。

[0069] 之后,采用例如电子束蒸渡法和拔起法来形成阴电极 18。接着,采用例如 PECVD(Plasma Enhanced CVD) 法、光刻技术和蚀刻来形成钝化膜 16。接着,采用电子束蒸渡法和拔起法来形成阳电极 17。

[0070] 而且,因场板层 15 为非 p 型,故无需掺杂例如作为 p 型掺杂剂的 Mg。因此,在半导体装置 100 的制造工序中的热处理、Mg 的活化热处理等时,Mg 在电子传输层 13 与电子供给层 14 的界面扩散这样的情况原本就不会发生,由此,也不会发生二维电子气层 13a 的迁移率降低而正向特性恶化这样的情况。

[0071] 如上所述,本实施方式 1 的半导体装置 100 是抑制耐压性的降低的同时有效地抑制了漏电流的半导体装置。

[0072] (实施方式 2)

[0073] 图 3 是本发明的实施方式 2 的半导体装置的主要部分截面示意图。此半导体装置 200 具有,在图 1 中显示的半导体装置 100 中将电子供给层 14、场板层 15、阳电极 17 分别换为电子供给层 24、场板层 25、阳电极 27 而成的构成。换过后的各要素的优选的构成材料等特性可与例如换过前的对应的各要素相同。

[0074] 电子供给层 24 具有从电子供给层 24 的表面到其内部的规定的深度  $d_1$  为止形成的凹部 24a。凹部 24a 通过例如蚀刻来形成。在场板层 25 的与电子供给层 24 的界面,产生二维空穴气层 25a。场板层 25 的侧壁 25b 与电子供给层 24 的表面大体上垂直。阳电极 27 从凹部 24a 内到场板层 25 的侧壁 25b 为止形成着。

[0075] 在此半导体装置 200 中,场板层 25 的侧壁 25b 与电子供给层 24 的表面大体上垂直。但是,在电子供给层 24 中有凹部 24a,阳电极 27 从凹部 24a 内到场板层 25 的侧壁 25b 为止形成着。其结果是,即使在凹部 24a 的侧壁 25b 侧的角形成着间隙 G1,从凹部 24a 的底面到二维空穴气层 25a 的高度位置为止,在阳电极 27 与场板层 25 之间间隙消失。因此,可使阳电极 27 在侧壁 25b 中与二维空穴气层 25a 进行欧姆接触。

[0076] 而且,为了在二维空穴气层 25a 的高度位置在阳电极 27 与场板层 25 之间使间隙消失,优选凹部 24a 的距电子供给层 24 的表面的深度  $d_1$  为 10nm 以上。此外,若在凹部 24a 的正下方的电子供给层 24 的厚度  $t_1$  为 20nm 以上,则即使在电子供给层 24 与其他部分相比较薄的凹部 24a 的正下方,也因二维电子气层 13a 的浓度变成充分的状态故而优选。

[0077] (实施方式 3)

[0078] 图 4 是本发明的实施方式 3 的半导体装置的主要部分截面示意图。此半导体装置 300 具有,在图 3 中显示的半导体装置 200 中将电子传输层 13、电子供给层 24、阳电极 27 分别换为电子传输层 33、电子供给层 34、阳电极 37 而成的构成。换过的各要素的优选的构成材料等特性可与例如换过前的对应的各要素相同。

[0079] 半导体装置 300 具有从电子供给层 34 的表面贯穿电子供给层 34 一直形成到电子传输层 33 的内部的规定的深度的凹部 33b。在电子传输层 33 的与电子供给层 34 的界面,产生二维电子气层 33a。场板层 25 的侧壁 25b 与电子供给层 34 的表面大体上垂直。阳电极 37 从凹部 33b 内一直形成到场板层 25 的侧壁 25b。

[0080] 在此半导体装置 300 中,也有凹部 33b,阳电极 37 从凹部 33b 内一直形成到场板层

25 的侧壁 25b。其结果是,即使在凹部 33b 的侧壁 25b 侧的角形成间隙 G2,从凹部 33b 的底面到二维空穴气层 25a 的高度位置为止,在阳电极 37 与场板层 25 之间间隙也消失。因此,可使阳电极 37 在侧壁 25b 中与二维空穴气层 25a 进行欧姆接触。

[0081] 进一步,在此半导体装置 300 中,可使阳电极 37 在侧壁 25b 中与电子传输层 33 的二维电子气层 33a 直接进行肖特基接触。由此,因阳电极 37 与电子传输层 33 的肖特基势垒变低,正向电流变得易流动。

[0082] 而且,就从电子传输层 33 的表面到凹部 33b 的底面为止的深度 d2 而言,只要是在二维空穴气层 25a 的高度位置在阳电极 37 与场板层 25 之间间隙消失,深度就没有特别限制。优选对应于电子供给层 34 的厚度来适当设定深度 d2。此外,因在距电子传输层 33 与电子供给层 34 的界面数 nm 程度的范围内存在二维电子气层 33a,故如上所述为了使阳电极 37 在侧壁 25b 中与二维空穴气层 25a 进行欧姆接触,进一步优选深度 d2 为 10nm 以上。

[0083] (实施方式 4)

[0084] 图 5 是本发明的实施方式 4 的半导体装置的主要部分截面示意图。此半导体装置 400 具有,在图 1 中显示的半导体装置 100 中将场板层 15、阳电极 17 分别换为场板层 45、阳电极 47 而成的构成。换过的各要素的优选的构成材料等特性可与例如换过前的对应的各要素相同。

[0085] 场板层 45 具有位于电子供给层 14 侧的梯度组成区域 45a,以及位于隔着梯度组成区域 45a 而与电子供给层 14 侧相反一侧的区域 45b。对于梯度组成区域 45a 而言,以带隙能量从电子供给层 14 侧向着与电子供给层 14 相反一侧连续地或阶梯式降低的方式,其组成相对于厚度方向变化。例如,梯度组成区域 45a 以 Al 组成从电子供给层 14 侧向着与电子供给层 14 相反一侧连续地或阶梯式降低的方式,相对于厚度方向变化。另一方面,区域 45b 的组成变成例如与邻接的梯度组成区域 45a 的组成相同的组成。即,当梯度组成区域 45a 的组成在与区域 45b 邻接的部分中为 GaN 时,区域 45b 也可以包含 GaN。此外,当梯度组成区域 45a 的组成在与区域 45b 邻接的部分中为规定的 Al 组成的 AlGaN 时,区域 45b 也可同样的包含 Al 组成的 AlGaN。

[0086] 在此半导体装置 400 中,场板层 45 的侧壁 45d 与电子供给层 14 的表面大体上垂直。但是,因场板层 45 具有梯度组成区域 45a,在场板层 45 内二维空穴气层 45c 扩展到与梯度组成区域 45a 的厚度大致相同程度的厚度。其结果是,即使在电子供给层 14 的表面与侧壁 45d 所形成的角处形成间隙 G3,在二维空穴气层 45c 的厚度的范围内,在阳电极 47 与场板层 45 之间间隙消失。因此,可使阳电极 47 在侧壁 45d 中与二维空穴气层 45c 进行欧姆接触。而且,优选梯度组成区域 45a 的厚度为 10nm 以上。

[0087] (实施方式 5)

[0088] 图 6 是本发明的实施方式 5 的半导体装置的主要部分截面示意图。此半导体装置 500 具有,在图 1 中显示的半导体装置 100 中将电子传输层 13、电子供给层 14、场板层 15、阳电极 17 分别换为电子传输层 53、电子供给层 54、场板层 55、阳电极 57 而成的构成。在电子传输层 53 与电子供给层 54 的界面,产生着二维电子气层 53a。

[0089] 此半导体装置 500 是将上述实施方式 1、3 及 4 的构成组合而构成的。即,场板层 55 具有位于电子供给层 54 侧的梯度组成区域 55a,以及位于隔着梯度组成区域 55a 而与电子供给层 54 侧相反一侧的区域 55b。由此,在场板层 55 内,二维空穴气层 55c 扩展到与梯



度组成区域 55a 的厚度大致相同程度的厚度。此外,具有从电子供给层 54 的表面贯穿电子供给层 54 一直形成到电子传输层 53 的内部的规定的深度的凹部 53b。进一步,场板层 55 的侧壁 55d 相对于与电子供给层 54 的表面相垂直的面,向与阳电极 57 相反一侧仅倾斜角度  $\theta 2$ 。

[0090] 像此半导体装置 500 那样,可以适当组合上述实施方式的构成,一面使阳电极在场板层的侧壁与二维空穴气层进行欧姆接触,一面进一步获得通过各实施方式的构成发挥的各效果。

[0091] (实施方式 6)

[0092] 图 7 是作为本发明的实施方式 6 的半导体装置的高电子迁移率晶体管 (HEMT) 型的场效应晶体管的截面示意图。此半导体装置 600 具有,在图 1 中显示的半导体装置 100 中去掉钝化膜 16、阳电极 17、阴电极 18,而附加钝化膜 66、作为第 2 电极的栅电极 67、作为第 1 电极的漏电极 68 及源电极 69 而成的构成。

[0093] 在此半导体装置 600 中,与在图 1 中显示的实施方式 1 的半导体装置 100 同样,场板层 15 的侧壁相对于与电子供给层 14 的表面相垂直的面,向与栅电极 67 相反一侧仅以规定的角度倾斜。由此,在场板层 15 的侧壁,栅电极 67 与在场板层 15 中产生的二维空穴气层进行欧姆接触。

[0094] 此外,对于此半导体装置 600,不限于与上述实施方式 1 同样的构成,可应用其他实施方式 2~5 或将它们适当组合而成的构成,实现栅电极与二维空穴气层的欧姆接触,进一步获得通过各实施方式的构成发挥的各效果。而且,应用实施方式 3 的构成时,由于在凹部正下方不产生二维电子气层,因此半导体装置成为 MES (Metal-Semiconductor) 型的场效应晶体管。

[0095] 而且,在上述实施方式中,电子供给层由 AlGa<sub>N</sub> 构成,电子传输层及场板层由 Ga<sub>N</sub> 构成。然而,这些层的构成材料不限于上述材料。即,电子供给层只要是由带隙能量比电子传输层高的 III 族氮化物系化合物半导体构成的即可,场板层只要是由带隙能量比电子供给层低的,非 p 型的 III 族氮化物系化合物半导体构成的即可。此处,III 族氮化物系化合物半导体是化学式  $Al_xIn_yGa_{1-x-y}As_uP_vN_{1-u-v}$  (其中,  $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, x+y \leq 1, 0 \leq u < 1, 0 \leq v < 1, u+v < 1$ ) 所表示的物质。

[0096] 此外,本发明不受上述实施方式的限制。将上述各构成要素适当组合来构成的实施方式也包含于本发明中。此外,对于本领域的技术人员,可容易地推导出更进一步的效果或变型例。因此,本发明的更广泛的方式并不限于上述实施方式,可进行各种变更。

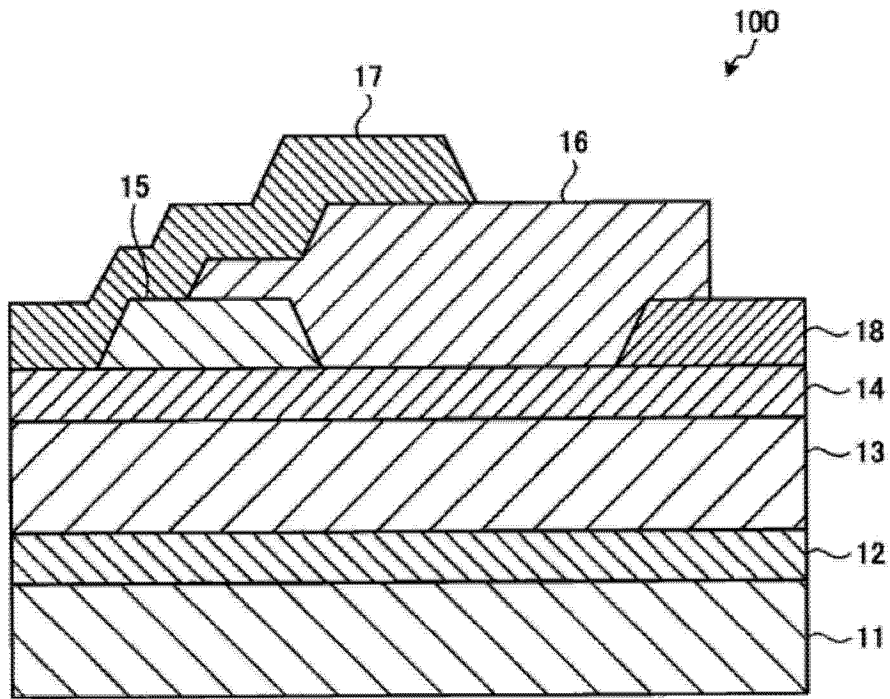


图 1

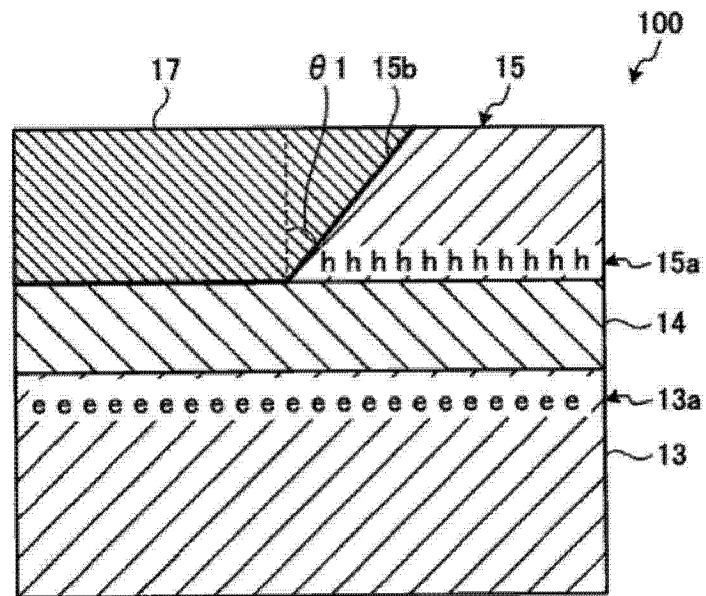


图 2

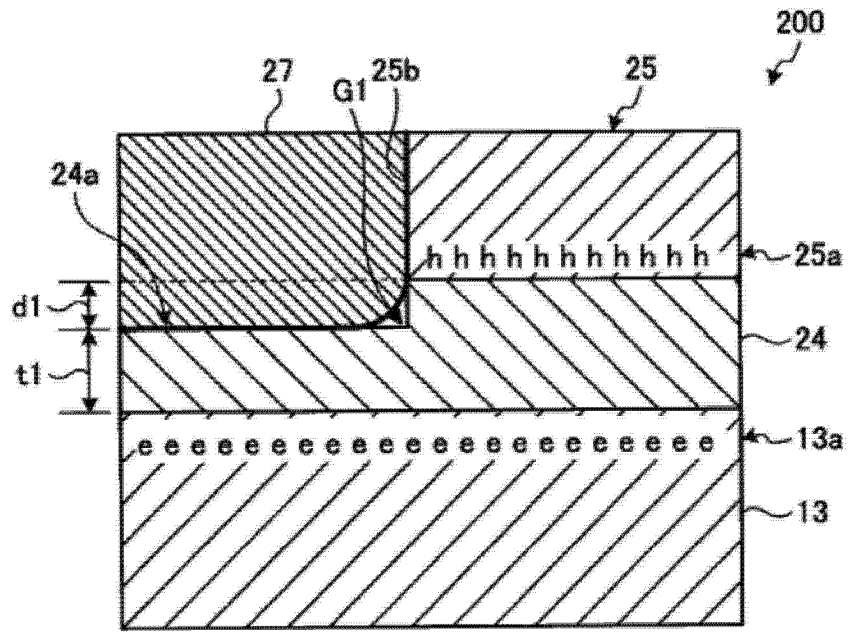


图 3

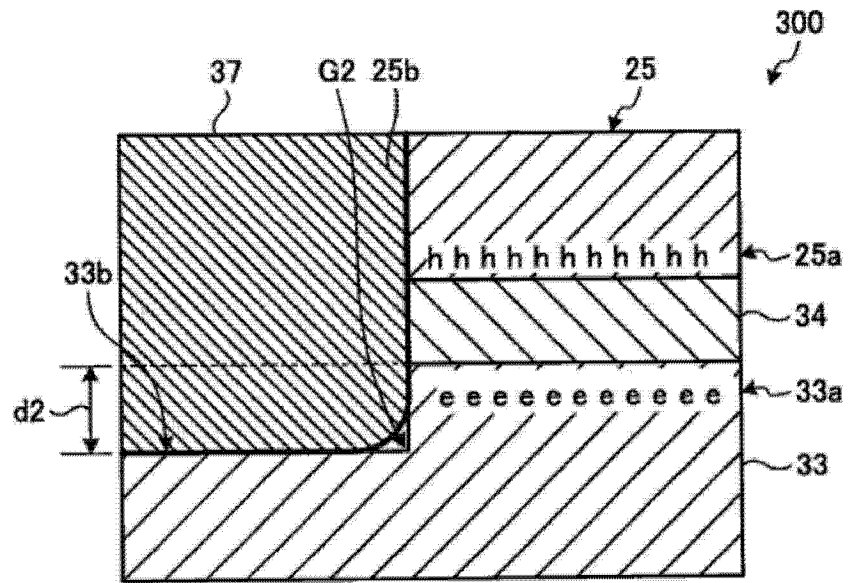


图 4

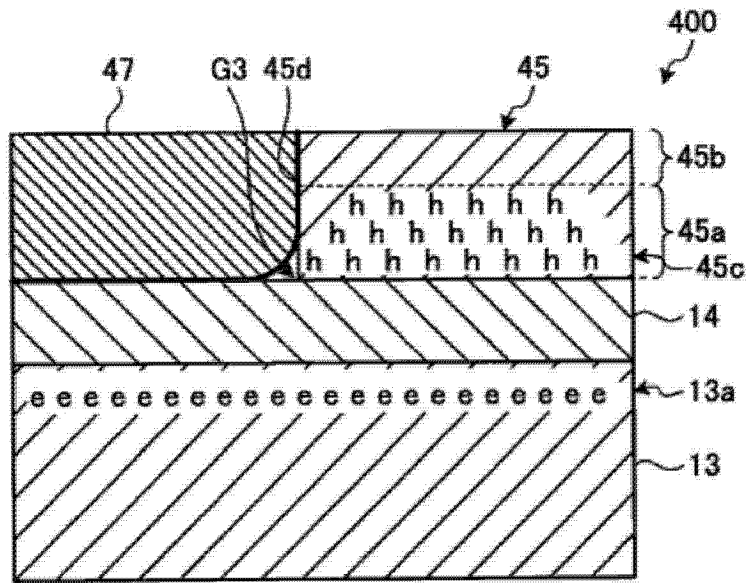


图 5

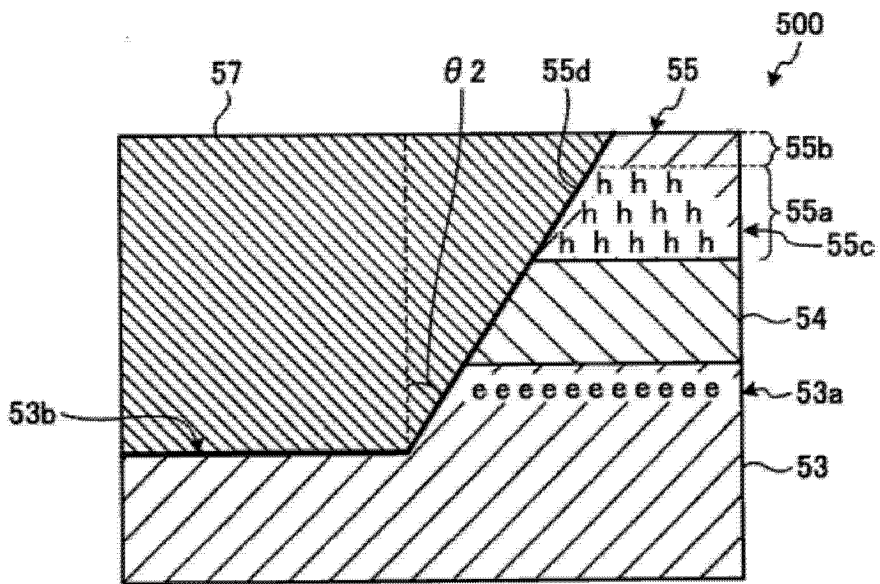


图 6

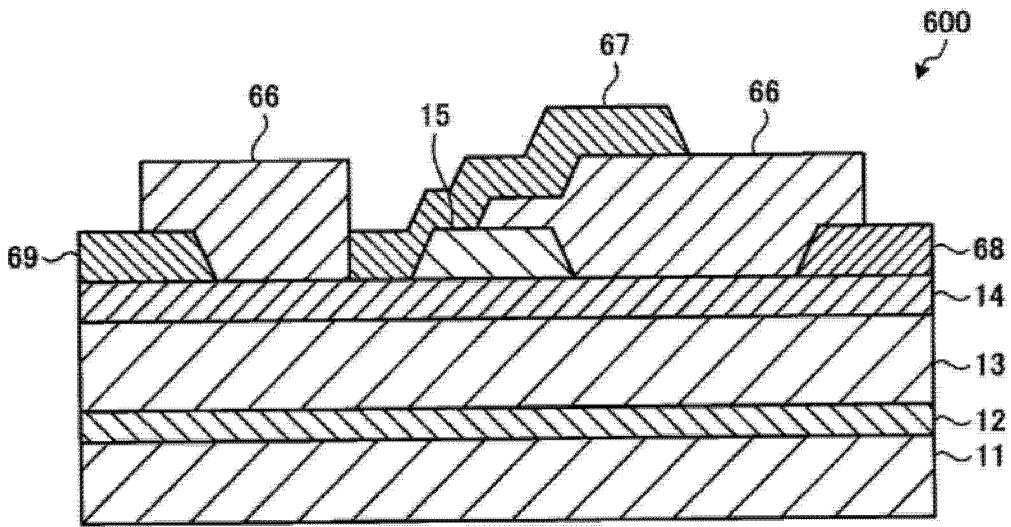


图 7

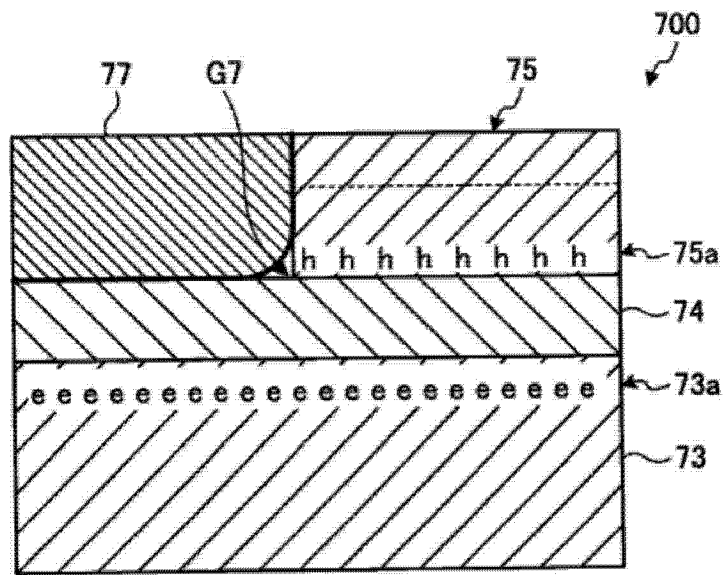


图 8