

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 9 月 24 日 (24.09.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/186699 A1

- (51) 国际专利分类号:
H01L 29/812 (2006.01) **H01L 21/34** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/103910
- (22) 国际申请日: 2019 年 9 月 2 日 (02.09.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201910207646.X 2019 年 3 月 19 日 (19.03.2019) CN
- (71) 申请人: 南方科技大学(SOUTHERN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区西丽学苑大道 1088 号, Guangdong 518000 (CN)。
- (72) 发明人: 于洪宇(YU, Hongyu); 中国广东省深圳市南山区西丽学苑大道 1088 号, Guangdong 518000 (CN)。 曾凡明(ZENG, Fanning); 中国广东省深圳市南山区西丽学苑大道 1088 号, Guangdong 518000 (CN)。
- (74) 代理人: 北京品源专利代理有限公司(BEYOND ATTORNEYS AT LAW); 中国北京市海淀区莲花池东路 39 号西金大厦 6 层, Beijing 100036 (CN)。

- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

(54) Title: FIELD-EFFECT TRANSISTOR AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 场效应晶体管及其制备方法

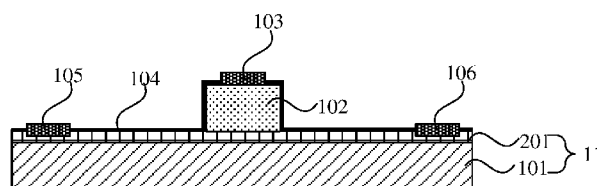


图 2

(57) Abstract: A field-effect transistor and a manufacturing method therefor. The field-effect transistor comprises: a gallium oxide substrate (11); a p-type material layer (102) and a passivation layer (104) on the gallium oxide substrate (11); a drain electrode (106) and a source electrode (105) on two sides of the p-type material layer (102); and a gate electrode (103) on the p-type material layer (102). Due to the difference in material work function between the gallium oxide substrate (11) and the p-type material layer (102), the p-type material layer (102) can deplete the electrons at the bottom thereof to form a normally-off device, thereby avoiding the problem in the related art of high technical difficulty and high costs during the manufacturing of a semiconductor device because it is difficult to implement p-type doping of a gallium oxide material. Moreover, the gallium oxide material has excellent semiconductor characteristics, the manufactured semiconductor device can be applied to a variety of special fields, such as high-voltage power electronics, and thus, the use range of the semiconductor device is expanded.

(57) 摘要：一种场效应晶体管及其制备方法，所述场效应晶体管包括：氧化镓衬底（11）；位于所述氧化镓衬底（11）上的p型材料层（102）和钝化层（104）；位于所述p型材料层（102）两侧的漏极电极（106）和源极电极（105）；位于所述p型材料层（102）上的栅极电极（103）。因氧化镓衬底（11）与p型材料层（102）材料功函数的差别，p型材料层（102）可将其底部的电子耗尽，以形成常关型器件从而避免了相关技术中氧化镓材料由于很难实现p型掺杂而用于制作半导体器件时伴随的高技术难度和高成本的情况，且氧化镓材料具有优异的半导体特性，制作的半导体器件可适用于多种特殊的领域，如高压电力电子等，扩展了半导体器件的使用范围。

场效应晶体管及其制备方法

本申请要求在 2019 年 03 月 19 日提交中国专利局、申请号为 201910207646.X 的中国专利申请的优先权，该申请的全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请实施例涉及半导体技术，例如涉及一种场效应晶体管及其制备方法。

背景技术

氧化镓是一种宽禁带半导体材料， $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 禁带宽度大约是 4.85eV，其临界击穿电场高达 8MV/cm，且 n 型掺杂可控，耐辐射，熔点高，非常适合于制作高压电力电子器件。其应用包括功率电子器件，射频电子器件，紫外探测器，气体传感器等，并在固态照明、通讯、消费电子产品，以及新能源汽车、智能电网等领域有广阔的应用前景。氧化镓具有比碳化硅等第三代半导体材料更优异的耐高压等特性，其 Baliga 优值 (Baliga's figure merit, BFOM) 比氮化镓高大约 4 倍，比碳化硅高 9 倍多，且同质衬底可以采用熔体方式加工，因此具有广阔的应用前景，切合国家节能减排、智能制造、通讯与信息安全的要求。

对氧化镓的研究，目前还处于起步阶段，尽管实验表明氧化镓器件的击穿电场测试值已经超过氮化镓和碳化硅的理论值，但是目前工艺条件下氧化镓器件电学特性相比于其他第三代半导体器件仍然有一定的差距。由于氧化镓受主能级较深，且存在空穴自束缚效应，因此很难实现有效的 p 型掺杂材料，进而导致相关技术中利用氧化镓材料制备半导体器件时所伴随的高技术难度和高成本的问题。这在很大程度上限制了利用氧化镓材料来制作场效应晶体管，即无法利用氧化镓材料制备高性能的场效应晶体管。

发明内容

以下是对本文详细描述的主题的概述。本概述并非是为了限制权利要求的保护范围。

本申请提供一种场效应晶体管及其制备方法，以利用氧化镓材料实现高性能的场效应晶体管。

第一方面，本申请实施例提供了一种场效应晶体管，所述场效应晶体管包括：氧化镓衬底；位于所述氧化镓衬底上的 p 型材料层和钝化层；位于所述 p 型材料层两侧的漏极电极和源极电极；位于所述 p 型材料层上的栅极电极。

在一实施例中，所述漏极电极和源极电极与所述氧化镓衬底形成有欧姆接触结构；所述钝化层覆盖所述 p 型材料层及所述氧化镓衬底，所述钝化层上设置有多个开口，所述多个开口分别暴露出所述漏极电极、所述源极电极和所述栅极电极。

在一实施例中，所述氧化镓衬底还包括外延层；所述 p 型材料层和所述钝化层位于所述氧化镓衬底的外延层上；所述漏极电极和源极电极与所述氧化镓衬底形成有欧姆接触结构；

所述钝化层覆盖所述 p 型材料层及所述氧化镓衬底，所述钝化层上设置有多个开口，所述多个开口分别暴露出所述漏极电极、源极电极和栅极电极。

在一实施例中，所述 p 型材料层采用 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{N}$ 单层结构、p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{N}$ 多层交叠结构或 p 型碳化硅；其中，在所述 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{N}$ 中， $X+Y+Z=1$ 。

在一实施例中，所述 p 型材料层厚度范围为 20 纳米至 500 纳米。

在一实施例中，所述氧化镓衬底采用 $\alpha\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 衬底， $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 衬底， $\gamma\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 衬底， $\delta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 衬底或 $\varepsilon\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 衬底。

第二方面，本申请实施例还提供了一种场效应晶体管的制备方法，包括：在氧化镓衬底上形成 p 型材料层和栅极电极，所述栅极电极位于所述 p 型材料层上；在所述氧化镓衬底上和所述 p 型材料层上形成钝化层，所述钝化层暴露出所述栅极电极；在所述 p 型材料层两侧形成源极电极和漏极电极，所述钝化层暴露出源极电极和漏极电极。

在一实施例中，所述氧化镓衬底还包括外延层；在所述氧化镓衬底上形成 p 型材料层包括：在所述外延层上形成 p 型材料层。

在一实施例中，在氧化镓衬底上形成 p 型材料层和栅极电极，包括：在所述氧化镓衬底上生长一层 p 型材料膜；在所述 p 型材料膜上形成掩膜，所述掩膜的面积小于所述 p 型材料膜的面积；刻蚀掉所述 p 型材料膜未被所述掩膜覆盖的部分，形成所述 p 型材料层；去除所述掩膜，并在所述 p 型材料层上形成所述栅极电极。

在一实施例中，在所述 p 型材料层上两侧形成源极电极和漏极电极，所述钝化层暴露出源极电极和漏极电极包括：去除第一预设区域及第二预设区域内的钝化层，暴露出所述氧化镓衬底；在暴露出的所述氧化镓衬底上分别制作所述源极电极和所述漏极电极。

在阅读并理解了附图和详细描述后，可以明白其他方面。

附图说明

图 1 为本申请实施例提供的一种场效应晶体管的结构示意图；

图 2 为本申请实施例提供的又一种场效应晶体管的结构示意图；

图 3 为本申请实施例提供的一种场效应晶体管的制备方法流程图；

图 4-6 为本申请实施例提供的对应场效应晶体管的制备方法形成的膜层的结构示意图。

具体实施方式

下面结合附图和实施例对本申请作进一步的详细说明。可以理解的是，此处所描述的示例实施例仅仅用于解释本申请，而非对本申请的限定。另外还需要说明的是，为了便于描述，附图中仅示出了与本申请相关的部分而非全部结构。

参考图 1，图 1 为本申请实施例提供的一种场效应晶体管的结构示意图，场效应晶体管包括：氧化镓衬底 11；位于氧化镓衬底 11 上的 p 型材料层 102 和钝化层 104；位于 p 型材料层 102 两侧的源极电极 105 和漏极电极 106；位于 p 型材料层 102 上的栅极电极 103。

在一实施例中，氧化镓晶体结构中，由于氧空位的存在，本征的氧化镓晶体即会表现出 n 型半导体的特性，然而由于氧化镓晶体很难实现 p 型掺杂，因此很难利用氧化镓材料实现同质结构的半导体器件。通过在氧化镓衬底 11 上设置一层 p 型材料层 102，由于氧化镓衬底 11 中存在的多数载流子为电子，而 p 型材料层 102 中的多数载流子为空穴，p 型材料层 102 与氧化镓衬底 11 接触后，与 p 型材料层 102 接触的氧化镓衬底 11 导带被拉升起来，导致电子局部耗尽，进而形成常关型器件。由于 p 型材料层 102 可通过生长等方式形成，也即直接在氧化镓衬底 11 上生长 p 型材料层 102，相比利用氧化镓材料形成 p 型半导体材料，p 型材料层 102 结构的形成具有更低的技术难度和成本，进而大大降低了利用氧化镓材料形成 P 型材料以进一步形成场效应晶体管的难度和成本，在 p 型材料层 102 上设置栅极电极 103，在 p 型材料层 102 的两侧设置源极电极 105 和漏极电极 106，即可构成增强型的结型场效应晶体管，通过栅极电极 103 上电位的高低，即可控制源极电极 105 与漏极电极 106 之间导通或关断，进而形成高性能的场效应晶体管。可以理解的是，由于氧化镓衬底属于表面电流型的材料，通过设置钝化层 104 覆盖氧化镓衬底 11 和 p 型材料层 102，以起到绝缘以及保护场效应晶体管的作用。

本实施例的技术方案，通过采用包括氧化镓衬底、p 型材料层、钝化层、源极电极、漏极电极以及栅极电极的场效应晶体管，因氧化镓衬底与 p 型材料层材料功函数的差别，p 型材料层可将其底部的电子耗尽，以形成常关型器件，从而避免了相关技术中的氧化镓材料由于很难实现 p 型掺杂而用于制作半导体器件时伴随的高技术难度和高成本的情况，由于氧化镓材料具有优异的半导体特性，制作的场效应晶体管可适用于多种特殊的领域，如高压电力电子等，扩展了场效应晶体管的使用范围。

在一实施例中，漏极电极 105 和源极电极 106 分别与氧化镓衬底 11 形成有欧姆接触结构；钝化层 104 覆盖 p 型材料层 102 以及氧化镓衬底 11，钝化层 104 上设置有多个开口，多个开口分别暴露出漏极电极 105、源极电极 106 和栅极电极 103。

通过将漏极电极 105 以及源极电极 106 分别与氧化镓衬底 11 之间形成欧姆接触结构，在欧姆接触结构上不产生明显的附加阻抗，而且不会使场效应晶体管内部的平衡载流子浓度发生显著的改变，进一步提高了半导体器件的性能。

在一实施例中，参考图 2，图 2 为本申请实施例提供的又一种场效应晶体管的结构示意图，氧化镓衬底 11 还包括外延层 201；p 型材料层 102 和钝化层 104 位于氧化镓衬底 11 的外延层 201 上；漏极电极 105 和源极电极 106 分别与氧化镓衬底 11 形成有欧姆接触结构；钝化层 104 覆盖 p 型材料层 102 以及氧化镓衬底 11，钝化层 104 上设置有多个开口，多个开口分别暴露出漏极电极 105、源极电极 106 和栅极电极 103。

在一实施例中，氧化镓衬底 11 包括衬底 101 和外延层 201，p 型材料层 102 耗尽 p 型材料层 102 与外延层 201 形成的异质结沟道内的电子，从而形成常关型器件，通过在外延层 201 上设置源极电极 105 和漏极电极 106，即可构成结型场效应晶体管，通过控制栅极电极 103 的电位，从而控制源极电极 105 与漏极电极 106 之间导通或关断。异质结沟道形成于外延层

201 内, 可进一步改善场效应晶体管的性能。

本实施例的技术方案, 通过采用包括外延层的场效应晶体管, 异质结沟道可在外延层内形成, 可改善场效应晶体管的性能。

在一实施例中, 栅极电极 103、源极电极 105 和漏极电极 106 均可包含场板结构, 以提高场效应晶体管的击穿电压, 增强场效应晶体管工作的稳定性。

示例性的, p 型材料层 102 可采用 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{N}$ 单层结构、p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{N}$ 多层交叠结构或 p 型碳化硅; 其中, 在 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{N}$ 中, $x+y+z=1$ 。

氧化镓衬底采用 $\alpha\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 衬底, $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 衬底, $\gamma\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 衬底, $\delta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 衬底或 $\varepsilon\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 衬底。例如, 可以为 $\alpha\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 衬底。其中, 当氧化镓衬底 11 包含外延层时, 衬底 101 可采用 $\alpha\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 衬底, $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 衬底, $\gamma\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 衬底, $\delta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 衬底或 $\varepsilon\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 衬底, 相关技术中的商用氧化镓衬底 11 包括调制掺杂的 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_2\text{O}_3$ 外延层 201, 其中, 若 x 的组分过高会导致材料的晶体类型发生变化, 例如若 Al_2O_3 含量过高, 会产生蓝宝石的六方晶体结构, Al_2O_3 含量较低时为单斜晶系结构, 因此 x 的组分可以为 1%-80%。

p 型材料层 102 厚度范围为 20 纳米至 500 纳米。例如可以为 100 纳米。若 p 型材料层 102 过薄, 则无法提供有效的空穴, 而若 p 型材料层 102 过厚, 则会引入更多的材料缺陷, 增加体电阻和体电容, 进而影响场效应晶体管的性能。

本实施例的技术方案, 通过设置场效应晶体管的具体材料以及各膜层的厚度, 以方便制备性能更为优良的场效应晶体管。

参考图 3, 图 3 为本申请实施例提供的一种场效应晶体管的制备方法流程图, 场效应晶体管的制备方法包括步骤 501 至步骤 503。

在步骤 501 中, 在氧化镓衬底上形成 p 型材料层和栅极电极, 栅极电极位于 p 型材料层上。

在一实施例中, 氧化镓衬底还包括外延层; 在氧化镓衬底上形成 p 型材料层包括: 在氧化镓外延层上形成 p 型材料层。

在一实施例中, 图 4-6 为本申请实施例提供的对应场效应晶体管的制备方法形成的膜层的结构示意图, 参考图 4, 首先在氧化镓衬底 11 上生长一层 p 型材料膜 301, 生长的方式可为金属有机物化学气相沉积法 (Metal Organic Chemical Vapor Deposition, MOCVD)、分子束外延法 (Molecular Beam Epitaxy, MBE)、氢化物气相外延法 (Hydride Vapor Phase Epitaxy, HVPE) 或原子层外延法 (Atom Layer Deposition, ALD)。示例性的, 由于 MBE 生长温度较低, 适合氧化镓等六方晶系亚稳态衬底生长, 在外延层 201 上通过分子束外延法生长 p 型铝镓氮 (如 p 型的氮化镓) 制备 p 型材料层 301 的过程中, 以镁元素作为 p 型材料层的掺杂元素, 氮源采用氮气射频氮等离子体源, 固态镓作为镓源, 固态镁作为镁源, V/III 比为 1/1, 生长室压力为 1.1×10^{-4} mbar。若采用金属有机物化学气相沉积 (Metal Organic Chemical Vapor Deposition, MOCVD), 生长使用的反应源和载气主要有: 三甲基镓 (TMGa), 三甲基铝 (TMAI), 三甲基镓 (TMIn), NH_3 , 二茂镁 (Cp_2Mg), H_2 , N_2 等; 材料生长温度在 900°C

-1100℃之间，二茂镁提供 p 型掺杂剂，即提供镁元素。可以理解的是，上述的 p 型材料层 301 是以 p 型的铝镓氮为例，若 p 型材料层 301 采用 p 型的碳化硅，可以采用热壁式 CVD 或低压化学气相沉积法（Low Pressure Chemical Vapor Deposition, LPCVD）的方式生长 p 型的碳化硅，反应气体为纯硅烷和纯丙烷，载气为氢气，p 型掺杂剂为三甲基铝。

参考图 5 和图 6，p 型材料膜 301 生长完成后，在 p 型材料膜 301 上形成掩膜 401，掩膜 401 的面积小于 p 型材料膜 301 的面积，从而利用掩膜 401 刻蚀掉掩膜 401 外的 p 型材料膜 301，以形成 p 型材料层 102。

在一实施例中，可首先在 p 型材料膜 301 表面采用等离子体增强化学气相沉积法（Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition, PECVD）的方法生长 200nm 厚的氧化硅作为硬掩膜，在 p 型材料膜 301 表面涂布光刻胶，并采用光刻方式将光刻板上栅极图形转移到 p 型材料膜 301 表面光刻胶上。通过干法刻蚀的方法将光刻胶上的图像再转移到氧化硅硬掩膜上。再利用干法刻蚀的方法，去除掉 p 型材料膜 301 未被掩膜 401 覆盖的部分，从而形成 p 型材料层 102。P 型材料层制作完成后，清洗掉掩膜 401。其中，光刻胶可以采用常用的 S1818，瑞红 304，AZ5314 等光刻胶；硬掩膜可以采用氧化硅，氮化硅，金属镍等材料；硬掩膜的生长可以采用等离子增强气相化学沉积，电子束蒸发，磁控溅射等方式形成；干法刻蚀可以采用感应耦合离子刻蚀机，反应离子刻蚀机等方式实现。

在步骤 502 中，在氧化镓衬底和 p 型材料层上形成钝化层，钝化层暴露出栅极电极。

在一实施例中，可通过气相沉积的方法，在 p 型材料层以及氧化镓衬底表面沉积一层氮化硅钝化层，氮化硅的厚度范围为 100nm 至 200nm；钝化层的材料也可选择为氧化硅、氧化铝或氮化铝。

在步骤 503 中，在 p 型材料层两侧形成源极电极和漏极电极，钝化层暴露出源极电极和漏极电极。

在一实施例中，首先去除在第一预设区域及第二预设区域内的钝化层，以暴露出氧化镓衬底，去除钝化层的方法可为光刻技术结合湿法腐蚀或干法刻蚀的方法，然后在暴露出的氧化镓衬底上利用光刻和金属蒸镀的方法，制作源极电极和漏极电极。源极电极和漏极电极的材料可为 Ni, Ti, Al, Au, TiN, W, Pt, Pd, Mo 和 ITO 中的一种，或多种组成的叠层结构。蒸镀方式包括磁控溅射，电子束蒸发，化学电镀等方案。金属的去除可以采用两种方式：第一种方式是先在晶圆上涂布光刻胶，在需要制作源极和漏极的位置通过光刻曝光的方式将光刻胶去掉，继续蒸镀金属，然后去掉光刻胶，这样只有源极和漏极的位置存在电极，其他位置的金属随着光刻胶一起被去除。第二种方式是先蒸镀金属，然后在晶圆上涂布光刻胶，在需要制作源极和漏极的位置通过光刻曝光的方式将光刻胶留下，在通过干法刻蚀或腐蚀的方法将没有光刻胶覆盖的位置的金属去掉，留下光刻胶覆盖位置的金属作为源极和漏极金属。接着利用高温快速退火设备对源极和漏极金属进行热退火，以使源极和漏极金属分别与氧化镓衬底形成欧姆接触结构。其中，退火温度一般为 500 度至 900 度，退火环境可采用氮气或其它气体环境。最后制备成如图 2 中所示的场效应晶体管的结构。

可以理解的是，在制作源极电极和漏极电极之前，可通过干法刻蚀的方法，去除掉一部分氧化镓外延层 201，在槽结构内制作源极电极和漏极电极，来改善场效应晶体管的电学特性，增强场效应晶体管的性能。

需要说明的是，栅极电极可制作完钝化层之后再制作，其制作方法是先将需要制作栅极电极位置的钝化层去除，并通过光刻和金属蒸镀的方法，制作出栅极电极，栅极电极与 p 型材料层之间形成肖特基接触结构。栅极电极的材料可选 Ni, Ti, Al, Au, TiN, W, Pt, Pd, Mo 和 ITO 中的一种，或多种组成的叠层结构。

本实施例的技术方案，通过提供一种场效应晶体管的制备方法，所制备的场效应晶体管因氧化镓衬底与 p 型材料层材料功函数的差别，p 型材料层可将其底部的电子耗尽，以形成常关型器件，从而避免了相关技术中的氧化镓材料由于很难实现 p 型掺杂而很难用于制作半导体器件的情况，由于氧化镓材料具有优异的半导体特性，制作的场效应晶体管可适用于多种特殊的领域，如高压电力电子等，扩展了场效应晶体管的使用范围。

1、一种场效应晶体管，包括：

氧化镓衬底；

位于所述氧化镓衬底上的 p 型材料层和钝化层；

位于所述 p 型材料层第一侧的漏极电极和位于所述 p 型材料层第二侧的源极电极；

位于所述 p 型材料层上的栅极电极。

2、根据权利要求 1 所述的场效应晶体管，其中，所述漏极电极和所述源极电极分别与所述氧化镓衬底形成有欧姆接触结构；

所述钝化层覆盖所述 p 型材料层及所述氧化镓衬底，所述钝化层上设置有多个开口，所述多个开口分别暴露出所述漏极电极、所述源极电极和所述栅极电极。

3、根据权利要求 1 所述的场效应晶体管，所述氧化镓衬底还包括外延层；所述 p 型材料层和所述钝化层位于所述氧化镓衬底的外延层上；

所述漏极电极和所述源极电极分别与所述氧化镓衬底形成有欧姆接触结构；所述钝化层覆盖所述 p 型材料层及所述氧化镓衬底，所述钝化层上设置有多个开口，所述多个开口分别暴露出所述漏极电极、源极电极和栅极电极。

4、根据权利要求 1-3 任一项所述的场效应晶体管，其中，所述 p 型材料层采用 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{N}$ 单层结构、p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{N}$ 多层交叠结构或 p 型碳化硅；

其中，在所述 p 型 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_z\text{N}$ 中， $X+Y+Z=1$ 。

5、根据权利要求 1-3 任一项所述的场效应晶体管，其中，所述 p 型材料层厚度范围为 20 纳米至 500 纳米。

6、根据权利要求 1 或 2 所述的场效应晶体管，其中，所述氧化镓衬底采用 $\alpha\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 衬底， $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 衬底， $\gamma\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 衬底， $\delta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 衬底或 $\epsilon\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 衬底。

7、一种场效应晶体管的制备方法，包括：

在氧化镓衬底上形成 p 型材料层和栅极电极，所述栅极电极位于所述 p 型材料层上；

在所述氧化镓衬底和所述 p 型材料层上形成钝化层，所述钝化层暴露出所述栅极电极；

在所述 p 型材料层第一侧形成源极电极，在所述 p 型材料层第二侧形成漏极电极，所述钝化层暴露出所述源极电极和所述漏极电极。

8、根据权利要求 7 所述的场效应晶体管的制备方法，所述氧化镓衬底还包括外延层；

在所述氧化镓衬底上形成 p 型材料层包括：

在所述外延层上形成 p 型材料层。

9、根据权利要求 7 或 8 所述的场效应晶体管的制备方法，其中，在氧化镓衬底上形成 p 型材料层和栅极电极，包括：

在所述氧化镓衬底上生长一层 p 型材料膜；

在所述 p 型材料膜上形成掩膜，所述掩膜的面积小于所述 p 型材料膜的面积；

刻蚀掉所述 p 型材料膜未被所述掩膜覆盖的部分，形成所述 p 型材料层；

去除所述掩膜，并在所述 p 型材料层上形成所述栅极电极。

10、根据权利要求 7 或 8 所述的场效应晶体管的制备方法，其中，在所述 p 型材料层上第一侧形成源极电极，在所述 p 型材料层第二侧形成漏极电极，所述钝化层暴露出所述源极电极和所述漏极电极包括：

去除第一预设区域及第二预设区域内的钝化层，暴露出所述氧化镓衬底；

在所述第一预设区域对应的暴露出的所述氧化镓衬底上制作所述源极电极，在所述第二预设区域对应的暴露出的所述氮化镓衬底上制作所述漏极电极。

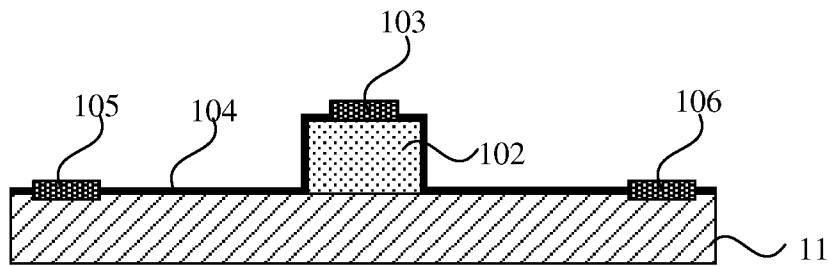


图 1

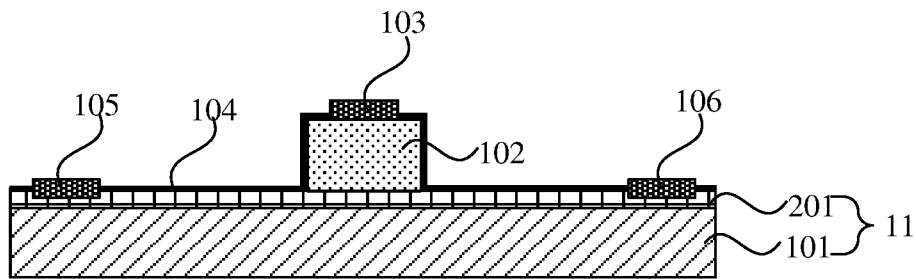


图 2

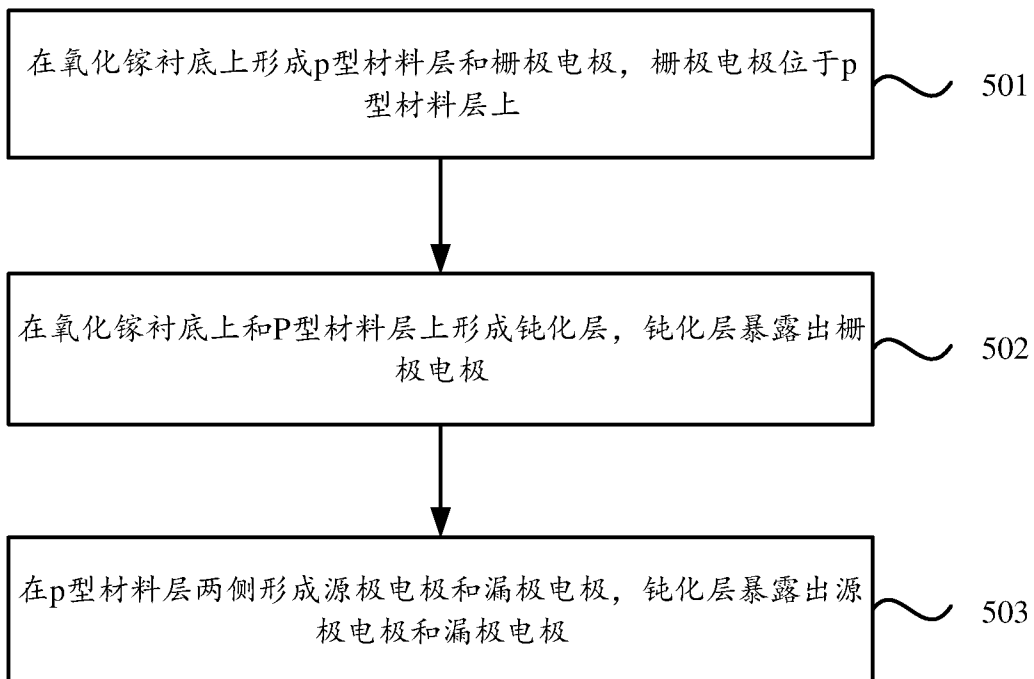


图 3

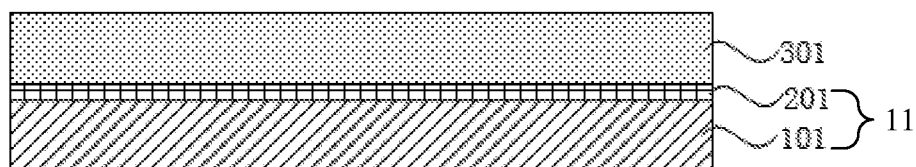


图 4

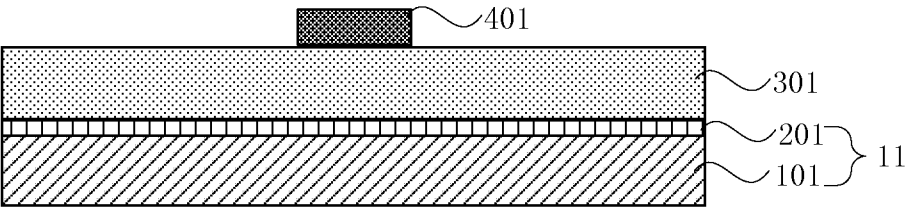


图 5

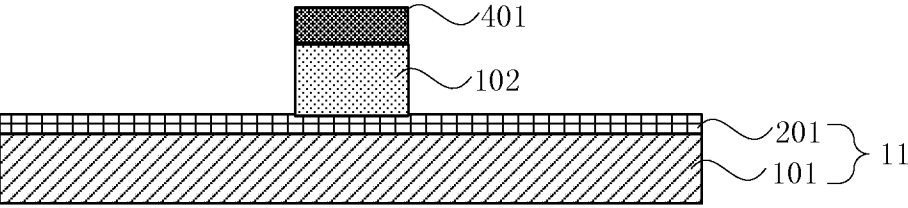


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/103910

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 29/812(2006.01)i; H01L 21/34(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC, IEEE: 南方科技大学, 于洪宇, 曾凡明, 氧化镓, Ga₂O₃, p型, pn结, 耗尽, 钝化, 外延, 常关, 常闭, 场效应晶体管, 栅极, gallium, oxide, junction, field, effect, transistor, gate, protect, deplete**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109873038 A (SOUTH UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA) 11 June 2019 (2019-06-11) description, paragraphs [0040]-[0071], and figures 1-6	1-10
PX	CN 110112206 A (SUN YAT-SEN UNIVERSITY) 09 August 2019 (2019-08-09) description, paragraphs [0018]-[0024], and figure 1	1-10
Y	CN 103782392 A (TAMURA CORPORATION et al.) 07 May 2014 (2014-05-07) description, paragraphs [0030]-[0067], and figure 1	1-10
Y	CN 101097966 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 02 January 2008 (2008-01-02) description, page 4, paragraph 3 to page 5, paragraph 8, and figure 6	1-10
A	US 2018315820 A1 (GOVERNMENT OF THE UNITED STATES OF AMERICA, AS REPRESENTED BY THE SECRETARY OF THE NAVY) 01 November 2018 (2018-11-01) entire document	1-10
A	CN 108447788 A (CHINA ELECTRONICS TECHNOLOGY GROUP CORPORATION NO. 13 RESEARCH INSTITUTE) 24 August 2018 (2018-08-24) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

09 December 2019

Date of mailing of the international search report

20 December 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/103910

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109873038	A	11 June 2019	None			
CN	110112206	A	09 August 2019	None			
CN	103782392	A	07 May 2014	JP	WO2013035842	A1	23 March 2015
				EP	3151285	A1	05 April 2017
				US	2016300953	A1	13 October 2016
				EP	2765612	A1	13 August 2014
				CN	110047922	A	23 July 2019
				US	2014217469	A1	07 August 2014
				EP	2765612	A4	22 July 2015
				CN	110010670	A	12 July 2019
				WO	2013035842	A1	14 March 2013
				JP	5807282	B2	10 November 2015
				US	9437689	B2	06 September 2016
				US	10249767	B2	02 April 2019
CN	101097966	A	02 January 2008	KR	101217555	B1	02 January 2013
				JP	2008010861	A	17 January 2008
				US	2008001184	A1	03 January 2008
				CN	101097966	B	19 May 2010
				KR	20080000960	A	03 January 2008
				US	7491987	B2	17 February 2009
US	2018315820	A1	01 November 2018	None			
CN	108447788	A	24 August 2018	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/103910

A. 主题的分类 H01L 29/812(2006.01)i; H01L 21/34(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类																							
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) H01L 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNPAT, CNKI, WPI, EPDOC, IEEE: 南方科技大学, 于洪宇, 曾凡明, 氧化镓, Ga ₂ O ₃ , p型, pn结, 耗尽, 钝化, 外延, 常关, 常闭, 场效应晶体管, 栅极, gallium, oxide, junction, field, effect, transistor, gate, protect, deplete																							
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 109873038 A (南方科技大学) 2019年 6月 11日 (2019 - 06 - 11) 说明书第[0040]-[0071]段、图1-6</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 110112206 A (中山大学) 2019年 8月 9日 (2019 - 08 - 09) 说明书第[0018]-[0024]段、图1</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 103782392 A (株式会社田村制作所 等) 2014年 5月 7日 (2014 - 05 - 07) 说明书第[0030]-[0067]段、图1</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 101097966 A (三星电子株式会社) 2008年 1月 2日 (2008 - 01 - 02) 说明书第4页第3段-第5页第8段、图6</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2018315820 A1 (GOVERNMENT OF THE UNITED STATES OF AMERICA, AS REPRESENTED BY THE SECRETARY OF THE NAVY) 2018年 11月 1日 (2018 - 11 - 01) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 108447788 A (中国电子科技集团公司第十三研究所) 2018年 8月 24日 (2018 - 08 - 24) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 109873038 A (南方科技大学) 2019年 6月 11日 (2019 - 06 - 11) 说明书第[0040]-[0071]段、图1-6	1-10	PX	CN 110112206 A (中山大学) 2019年 8月 9日 (2019 - 08 - 09) 说明书第[0018]-[0024]段、图1	1-10	Y	CN 103782392 A (株式会社田村制作所 等) 2014年 5月 7日 (2014 - 05 - 07) 说明书第[0030]-[0067]段、图1	1-10	Y	CN 101097966 A (三星电子株式会社) 2008年 1月 2日 (2008 - 01 - 02) 说明书第4页第3段-第5页第8段、图6	1-10	A	US 2018315820 A1 (GOVERNMENT OF THE UNITED STATES OF AMERICA, AS REPRESENTED BY THE SECRETARY OF THE NAVY) 2018年 11月 1日 (2018 - 11 - 01) 全文	1-10	A	CN 108447788 A (中国电子科技集团公司第十三研究所) 2018年 8月 24日 (2018 - 08 - 24) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
PX	CN 109873038 A (南方科技大学) 2019年 6月 11日 (2019 - 06 - 11) 说明书第[0040]-[0071]段、图1-6	1-10																					
PX	CN 110112206 A (中山大学) 2019年 8月 9日 (2019 - 08 - 09) 说明书第[0018]-[0024]段、图1	1-10																					
Y	CN 103782392 A (株式会社田村制作所 等) 2014年 5月 7日 (2014 - 05 - 07) 说明书第[0030]-[0067]段、图1	1-10																					
Y	CN 101097966 A (三星电子株式会社) 2008年 1月 2日 (2008 - 01 - 02) 说明书第4页第3段-第5页第8段、图6	1-10																					
A	US 2018315820 A1 (GOVERNMENT OF THE UNITED STATES OF AMERICA, AS REPRESENTED BY THE SECRETARY OF THE NAVY) 2018年 11月 1日 (2018 - 11 - 01) 全文	1-10																					
A	CN 108447788 A (中国电子科技集团公司第十三研究所) 2018年 8月 24日 (2018 - 08 - 24) 全文	1-10																					
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																							
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																							
国际检索实际完成的日期 2019年 12月 9日		国际检索报告邮寄日期 2019年 12月 20日																					
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 李静 电话号码 86-(10)-53961223																					

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/103910

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	109873038	A	2019年 6月 11日	无			
CN	110112206	A	2019年 8月 9日	无			
CN	103782392	A	2014年 5月 7日	JP	W02013035842	A1	2015年 3月 23日
				EP	3151285	A1	2017年 4月 5日
				US	2016300953	A1	2016年 10月 13日
				EP	2765612	A1	2014年 8月 13日
				CN	110047922	A	2019年 7月 23日
				US	2014217469	A1	2014年 8月 7日
				EP	2765612	A4	2015年 7月 22日
				CN	110010670	A	2019年 7月 12日
				WO	2013035842	A1	2013年 3月 14日
				JP	5807282	B2	2015年 11月 10日
				US	9437689	B2	2016年 9月 6日
				US	10249767	B2	2019年 4月 2日
CN	101097966	A	2008年 1月 2日	KR	101217555	B1	2013年 1月 2日
				JP	2008010861	A	2008年 1月 17日
				US	2008001184	A1	2008年 1月 3日
				CN	101097966	B	2010年 5月 19日
				KR	20080000960	A	2008年 1月 3日
				US	7491987	B2	2009年 2月 17日
US	2018315820	A1	2018年 11月 1日	无			
CN	108447788	A	2018年 8月 24日	无			