



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102427086 B

(45) 授权公告日 2013. 09. 25

(21) 申请号 201110367361. 6

审查员 柴春英

(22) 申请日 2011. 11. 18

(73) 专利权人 中国科学院苏州纳米技术与纳米
仿生研究所

地址 215123 江苏省苏州市工业园区独墅湖
高教区若水路 398 号

(72) 发明人 蔡勇 于国浩 董志华 王越
张宝顺

(51) Int. Cl.

H01L 29/778(2006. 01)

H01L 29/423(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1950945 A, 2007. 04. 18,

CN 102074576 A, 2011. 05. 25,

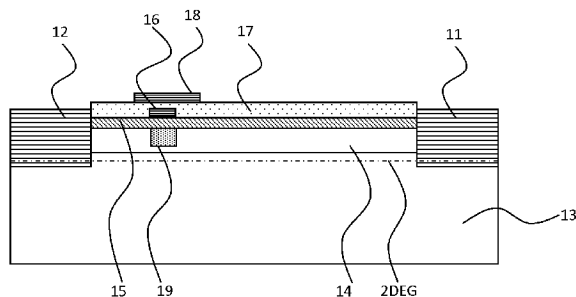
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

III族氮化物增强型 MISHEMT 器件

(57) 摘要

一种III族氮化物增强型 MISHEMT 器件, 包括源、漏电极, 主、副栅, 第一、二介质层以及异质结构, 源、漏电极通过形成于异质结构中的二维电子气电连接, 异质结构包括第一、二半导体, 第一半导体设于源、漏电极之间, 第二半导体形成于第一半导体表面, 并具有宽于第一半导体的带隙, 第一介质层设于第二半导体表面, 第二介质层设于第一介质层和主栅表面, 主栅设于第一介质层表面靠近源电极一侧, 并与第一介质层、第二半导体形成 MIS 结构, 且位于主栅下方的第二半导体局部区域内部还形成有等离子体处理区, 副栅形成于第二介质层表面, 且其至少一侧边缘向源电极或漏电极方向延伸, 同时其正投影与主栅两侧边缘均交叠。本发明能从根本上有效抑制“电流崩塌效应”。



1. 一种III族氮化物增强型 MISHEMT 器件,包括源电极、漏电极以及异质结构,所述源电极与漏电极通过形成于异质结构中的二维电子气电连接,所述异质结构包括第一半导体和第二半导体,所述第一半导体设置于源电极和漏电极之间,所述第二半导体形成于第一半导体表面,并具有宽于第一半导体的带隙,其特征在于,所述 MISHEMT 器件还包括主栅、绝缘介质层和副栅,其中:

所述绝缘介质层包括第一介质层和第二介质层,

所述第一介质层形成于第二半导体表面,

所述第二介质层形成于第一介质层和主栅表面,

所述主栅设置于第一介质层表面靠近源电极一侧,并与第一介质层和第二半导体形成金属-绝缘层-半导体结构,且位于主栅下方的第二半导体局部区域内部还形成有等离子体处理区;

所述副栅形成于第二介质层表面,且其至少一侧边缘向源电极或漏电极方向延伸,同时其正投影与主栅两侧边缘均交叠;

在所述增强型 MISHEMT 器件工作时,所述主栅和副栅分别由一控制信号控制,且在所述增强型 MISHEMT 器件处于导通状态时,所述副栅控制信号的电位高于主栅控制信号的电位。

2. 根据权利要求1所述的III族氮化物增强型 MISHEMT 器件,其特征在于,所述源电极和漏电极分别与电源的低电位和高电位连接。

3. 根据权利要求1所述的III族氮化物增强型 MISHEMT 器件,其特征在于,所述等离子体处理区是第二半导体内的局部区域经氟等离子体处理后所形成的带负电的固定电荷区。

4. 根据权利要求1所述的III族氮化物增强型 MISHEMT 器件,其特征在于,所述第一半导体和第二半导体均采用III族氮化物半导体。

5. 根据权利要求1所述的III族氮化物增强型 MISHEMT 器件,其特征在于,所述副栅的两侧边缘分别向源电极和漏电极方向延伸。

6. 根据权利要求1所述的III族氮化物增强型 MISHEMT 器件,其特征在于,所述副栅仅有一侧边缘向相应的源电极或漏电极方向延伸。

III族氮化物增强型 MISHEMT 器件

技术领域

[0001] 本发明涉及一种增强型高电子迁移率晶体管(Enhancement-mode Metal-Insulator-Semiconductor High Electron Mobility Transistor, E-Mode MISHEMT),尤其涉及一种III族氮化物增强型 MISHEMT 器件。

背景技术

[0002] 当 MISHEMT 器件采用III族氮化物半导体时,由于压电极化和自发极化效应,在异质结构上(Heterostructure),如 AlGaN/GaN,能够形成高浓度的二维电子气。另外, MISHEMT 器件采用III族氮化物半导体,能够获得很高的绝缘击穿电场强度以及良好的耐高温特性。具有异质结构的III族氮化物半导体的 MISHEMT,不仅可以作为高频器件使用,而且适用于高电压、大电流的功率开关器件。应用到大功率开关电路中时,为了电路的设计简单和安全方面考虑,一般要求开关器件具有常关特性及需要器件为增强型器件。

[0003] 现有的III族氮化物半导体增强型 HEMT 器件作为高频器件或者高压大功率开关器件使用时,漏电极输出电流往往跟不上栅极控制信号的变化,会出现导通瞬态延迟大的情况,此即为III族氮化物半导体增强型 HEMT 器件的“电流崩塌现象”,严重影响着器件的实用性。现有的比较公认的对“电流崩塌现象”的解释是“虚栅模型”。“虚栅模型”认为在器件关断态时,有电子注入到半导体表面,从而被表面态或缺陷捕获形成一带负电荷的虚栅,带负电荷的虚栅由于静电感应会降低栅漏、栅源连接区的沟道电子,当器件从关断态向导通态转变时,栅下的沟道虽然可以很快积累大量的电子,但是虚栅电荷却不能及时释放,虚栅下的沟道电子浓度较低,所以漏端输出电流较小,只有当虚栅电荷充分释放后,漏端电流才能恢复到直流状态的水平。目前,常用的抑制“电流崩塌”的方法有:对半导体进行表面处理,降低表面态或界面态密度;通过场板结构降低栅电极靠近漏电极一端的电场强度,降低电子被表面态和缺陷捕获的概率,抑制电流崩塌。但前述抑制电流崩塌的方法在大电流、大电压的情况下效果并不理想。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提出一种III族氮化物增强型 MISHEMT 器件,该器件具有叠层双栅结构,是通过等离子体对栅下区域的处理实现的增强型器件,其藉由副栅和主栅的相互配合对沟道中二维电子气进行调控,使增强型 MISHEMT 漏端输出电流可以跟得上栅电压的变化,从而在根本上抑制“电流崩塌效应”。

[0005] 为实现上述发明目的,本发明采用了如下技术方案:

[0006] 一种III族氮化物增强型 MISHEMT 器件,包括源电极、漏电极以及异质结构,所述源电极与漏电极通过形成于异质结构中的二维电子气电连接,所述异质结构包括第一半导体和第二半导体,所述第一半导体设置于源电极和漏电极之间,所述第二半导体形成于第一半导体表面,并具有宽于第一半导体的带隙,其特征在于,所述增强型 MISHEMT 器件还包括主栅、绝缘介质层和副栅,其中:

[0007] 所述绝缘介质层包含第一、第二介质层,第一介质层形成于第二半导体表面,第二介质层形成于第一介质层和主栅表面,并使主栅和副栅形成电隔离;

[0008] 所述主栅设置于第一介质层表面靠近源电极一侧,并与第一介质层、第二半导体形成金属-绝缘层-半导体结构(MIS),且位于主栅下方的第二半导体局部区域内部还形成有等离子体处理区;

[0009] 所述副栅形成于第二介质层表面,且其至少一侧边缘向源电极或漏电极方向延伸,同时其正投影与主栅两侧边缘均交叠。

[0010] 所述源电极和漏电极分别与电源的低电位和高电位连接。

[0011] 优选的,所述等离子体处理区是第二半导体内的局部区域经 F (氟) 等离子体处理后所形成的带负电的固定电荷区。

[0012] 更进一步的讲,所述等离子体处理区是通过反应离子刻蚀(RIE)或感应耦合等离子体刻蚀(ICP)等工艺对异质结进行 F 等离子体处理,从而在第二半导体内形成带负电的固定电荷区,并将其所对应的沟道内二维电子气耗尽。

[0013] 所述第一半导体和第二半导体均采用 III 族氮化物半导体。

[0014] 所述副栅的两侧边缘分别向源电极和漏电极方向延伸,或者,也可以是所述副栅仅有一侧边缘向相应的源电极或漏电极方向延伸。

[0015] 在所述增强型 MISHEMT 器件工作时,所述主栅和副栅分别由一控制信号控制,且在所述增强型 MISHEMT 器件处理导通状态时,所述副栅控制信号的电位高于主栅控制信号的电位。

附图说明

[0016] 图 1 是本发明叠层双栅增强型 MISHEMT 的剖面结构示意图;

[0017] 图 2a 是普通增强型 MISHEMT 器件的局部结构示意图;

[0018] 图 2b 是本发明叠层双栅增强型 MISHEMT 器件的局部结构示意图;

[0019] 图 3 是本发明一较佳实施方式中增强型 MISHEMT 器件的结构示意图,其中副栅向漏和源电极方向各有延伸;

[0020] 图 4 是本发明另一较佳实施方式中增强型 MISHEMT 器件的结构示意图,其中副栅仅向漏电极方向有延伸。

具体实施方式

[0021] 参阅图 2a,普通增强型 MISHEMT 器件(以 AlGa_N/Ga_N 器件为例)电流崩塌现象的原因是:在器件关断状态下,在栅金属 4 两侧 AlGa_N 层 3 与第一介质层 10 界面处会积累负电荷,形成界面负电荷积累区 21,由于静电感应作用,这些负电荷又会减少甚至完全耗尽下方沟道区的二维电子气,形成沟道耗尽区 22。当栅极电压上升,器件从关断态向导通态转换时,栅极下方二维电子气受栅压控制而上升,栅极下方沟道导通,但是界面电荷积累区的负电荷由于处于较深能级不能及时释出,因此下方沟道内的二维电子气还是较少,所以器件不能完全导通,随着时间增加,界面电荷积累区的负电荷逐渐从深能级释放出来,其下方沟道内电子浓度上升,器件渐渐向完全导通转变,根据目前研究结果,负电荷从深能级释放出来的时间达到微秒~秒的量级。

[0022] 为克服前述普通增强型 MISHEMT 器件的缺陷,本发明提出了一种具有叠层双栅结构的 III 族氮化物半导体增强型 MISHEMT 器件,参阅图 1,该器件的异质结构由第一、第二半导体组成,位于源电极 8、漏电极 9 中间,在第二半导体 3 表面生长有第一介质层 10,在靠近源极 8 一侧的第一介质层 10 (如 Al_2O_3) 表面有一栅电极,称为主栅 4,主栅下方有一经过等离子体处理的固定负电荷区 6,主栅上方为第二介质层 7 (如 Si_3N_4),第二介质层上方有另一栅电极,称为副栅 5。如图 1 所示,副栅 5 位于主栅 4 的上方,在垂直投影面上与主栅 4 两侧边缘有交叠,并且向源、漏电极有一定延伸。前述第一半导体 2 (如 GaN 层)可设于一衬底 1 上(如蓝宝石、硅等)。

[0023] 参阅图 2b,在本发明叠层双栅增强型 MISHEMT 器件关断状态下,主栅偏置在阈值电压以下,副栅 5' 上加一足够高的正偏压,虽然主栅 4' 金属两侧第二半导体层与第一介质层界面处同样会积累负电荷,可是由于副栅上足够高的正向偏置的作用,界面负电荷不能完全屏蔽副栅电场,存在足够的电场去感生沟道区内的二维电子气,而保持电荷积累区下方沟道 23 导通;当主栅电压上升,器件从关断态向导通态转变时,副栅电压保持不变,界面电荷积累区下方的沟道仍然导通,因此器件不会产生电流崩塌造成的延迟。

[0024] 而如果器件工作于开关方式,则本发明叠层双栅增强型 MISHEMT 器件的驱动方式可以采取:对主栅与副栅分别加上同步的脉冲信号,副栅电压高于主栅电压,在器件从关断态向导通状转变时,副栅的高电压可以克服界面负电荷的屏蔽而在其下方强制感生出足够的二维电子气,避免了电流崩塌。值得注意的是,在关断态时,副栅的偏置可以独立于主栅,因此选择合适的关断态下副栅的偏置,器件可以获得较佳的击穿电压。

[0025] 以上对本发明技术方案进行了概述,为了使公众能够更清楚了解本发明的技术手段,并可依照说明书的内容予以实施,以下以基于 AlGaIn/GaN 异质结的器件为例对本发明的技术方案作进一步的说明。

[0026] 参阅图 3,作为本发明的一较佳实施方案,该增强型 MISHEMT 具有:第一半导体 13 (GaN)、和形成在第一半导体 13 上的第二半导体 14 (AlGaIn)。第一半导体 13 在制作过程中未进行故意掺杂。在第二半导体 14 中可以掺入 n 型杂质,也可以不进行故意掺杂。第二半导体 14 的带隙比第一半导体 13 的带隙更宽。第二半导体 14 的厚度约为 15 至 30nm。第一半导体 13 和第二半导体 14 构成异质结构,在界面处形成二维电子气 (2DEG)。

[0027] 该增强型 MISHEMT 具有间隔分离配置的漏电极 11 和源电极 12。漏电极 11 和源电极 12 贯穿第二半导体 14 延伸到第一半导体 13,与沟道中二维电子气相连接。漏电极 11 和源电极 12 是多层金属(如:Ti/Al/Ti/Au 或者 Ti/Al/Ni/Au 等)通过快速高温退火形成欧姆接触。

[0028] 该增强型 MISHEMT 还具有等离子体处理区,它是在第二半导体内部,主栅下方通过等离子体处理形成的固定负电荷区 19,可以将其所对应的沟道中的二维电子气耗尽。

[0029] 该增强型 MISHEMT 还具有主、副双栅结构,主栅 16 制造在源电极和漏电极之间,靠近源极的一端,主栅 16 通过第一介质层 15 (如 Al_2O_3) 与第二半导体形成金属-绝缘层-半导体 (MIS) 结构。副栅 18 设置在第二介质层 17 (如 Si_3N_4) 之上,在垂直方向上与主栅有交叠,并且向源、漏电极方向各有延伸(或者仅向漏电极或源电极方向延伸,图 4 所示为副栅向漏电极方向延伸的结构)。

[0030] 上述实施例仅为说明本发明的技术构思及特点,其目的在于让熟悉此项技术的人

士能够了解本发明的内容并据以实施,并不能以此限制本发明的保护范围。凡根据本发明精神实质所作的等效变化或修饰,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

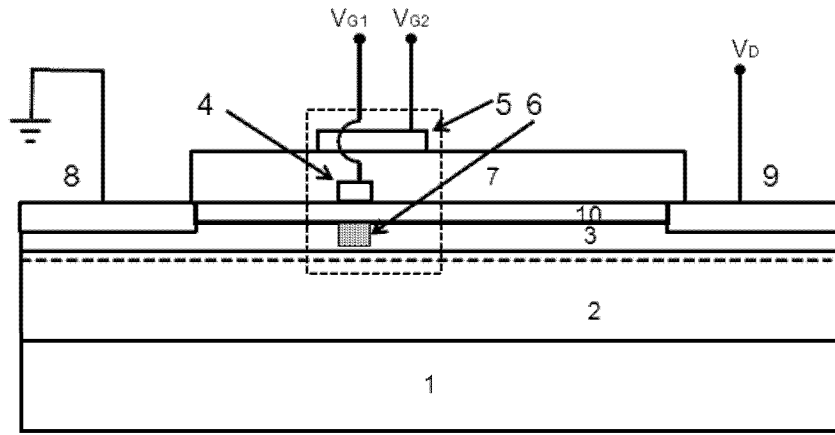


图 1

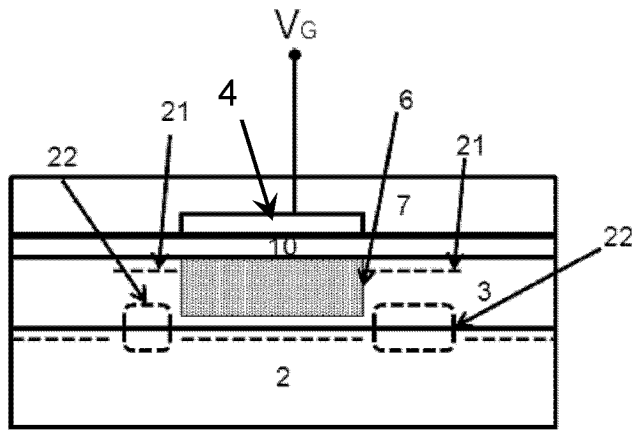


图 2a

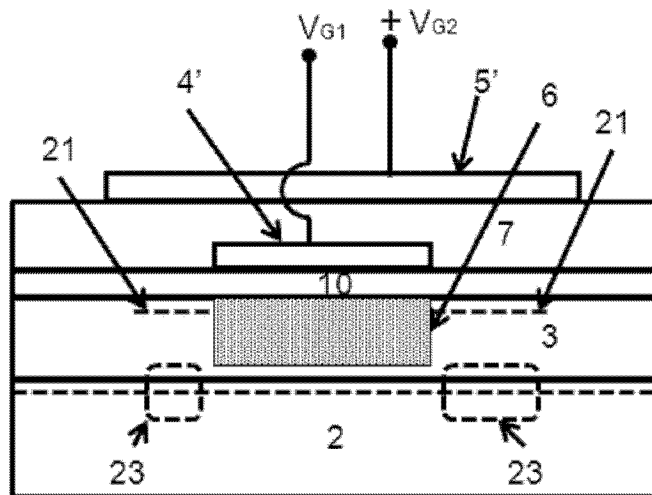


图 2b

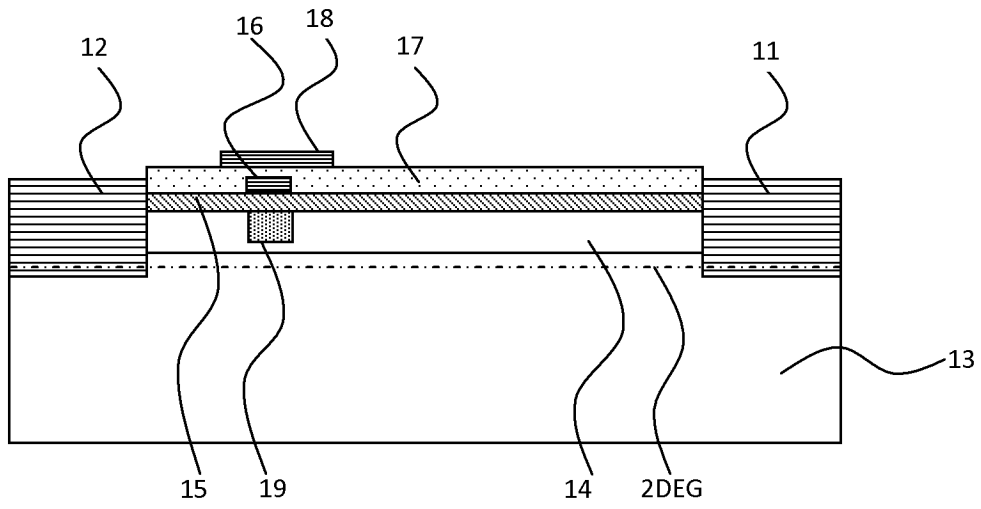


图 3

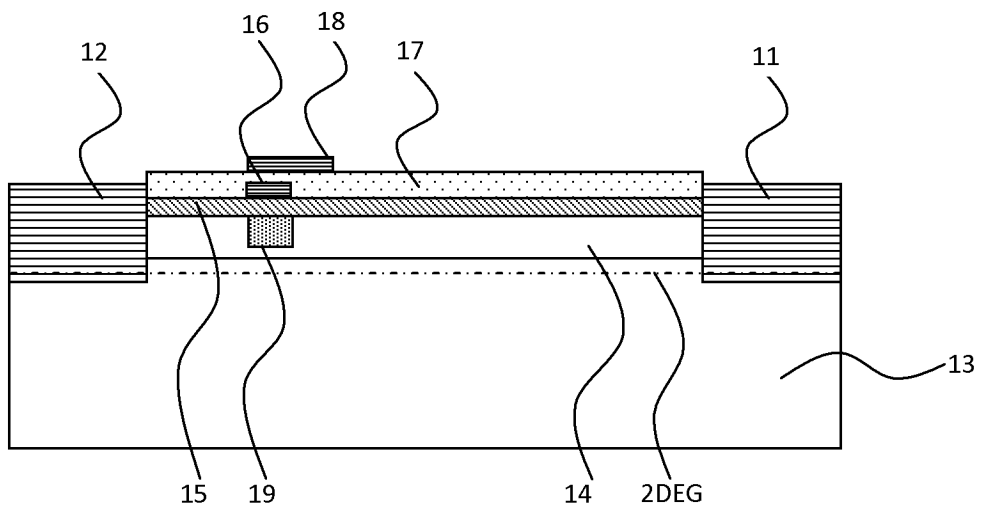


图 4