



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105070681 A

(43) 申请公布日 2015. 11. 18

(21) 申请号 201510522304. 9

(22) 申请日 2015. 08. 24

(71) 申请人 桂林电子科技大学

地址 541004 广西壮族自治区桂林市七星区
金鸡路 1 号

(72) 发明人 李海鸥 吉宪 李琦 高喜
首照宇 肖功利 黄伟 丁志华

(74) 专利代理机构 桂林市持衡专利商标事务所
有限公司 45107

代理人 陈跃琳

(51) Int. Cl.

H01L 21/762(2006. 01)

H01L 21/306(2006. 01)

H01L 21/265(2006. 01)

H01L 29/778(2006. 01)

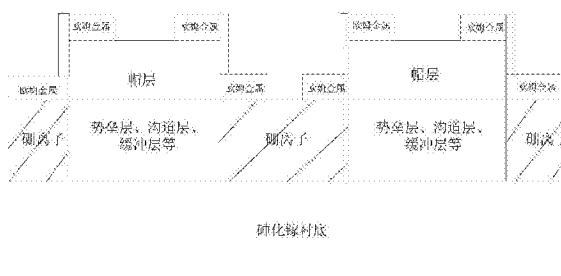
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54) 发明名称

一种砷化镓衬底 mHEMT 有源区电学隔离方法

(57) 摘要

本发明公开一种砷化镓衬底 mHEMT 有源区电学隔离方法, 针对变组分高电子迁移率晶体管的有源区电学隔离, 提出了湿法腐蚀和离子注入相结合的隔离方法, 即首先去除表面高掺杂层, 再进行离子注入隔离, 有效提高了离子注入的注入效果, 进而提高了有源区之间的隔离效果; 在同等条件下, 离子注入和台面腐蚀相结合的隔离方法, 具有电学隔离效果好、工艺兼容性强、对后续工艺影响较小、具有良好的重复性和便于实现等特点, 并有效地避免了单独采用台面腐蚀和离子注入的弊端, 对半导体制造工艺有很好的使用价值。



1. 一种砷化镓衬底 mHEMT 有源区电学隔离方法,其特征在于:包括如下步骤:

步骤 1,对样品进行有机清洗和无机清洗,以确保样品清洗洁净;样品为砷化镓衬底上生长的变组分多层结构的外延材料体系,且该外延材料体系的最上层为帽层;

步骤 2,匀胶光刻保护样品的有源区,并对光刻后的样品进行坚膜处理以便后面的隔离工艺;

步骤 3,对样品进行湿法腐蚀,除去样品的帽层,并形成有利于离子注入的沟槽;

步骤 4,将离子由去除帽层区域注入到样品中,形成有源区的电学隔离;

步骤 5,对样品进行欧姆金属生长的光刻,并利用电子束蒸发台在样品上蒸发器件欧姆金属。

2. 根据权利要求 1 所述的一种砷化镓衬底 mHEMT 有源区电学隔离方法,其特征在于:步骤 1 中,所述帽层包括 $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ 帽层和 $\text{In}_{0.65}\text{Ga}_{0.35}\text{As}$ 帽层,其中 $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ 帽层和 $\text{In}_{0.65}\text{Ga}_{0.35}\text{As}$ 帽层所掺杂质均为 Si。

3. 根据权利要求 1 所述的一种砷化镓衬底 mHEMT 有源区电学隔离方法,其特征在于:步骤 1 中,

对样品进行有机清洗的过程具体为:先将样品静置于丙酮溶液中浸泡,以便除去样品表面的有机污染物;再将样品静置于异丙醇溶液中,去除样品表面上的丙酮;后用去离子水冲洗,并氮气吹干;

对样品进行无机清洗的过程具体为:先用氨水与去离子水的混合溶液浸泡样品,再用去离子水冲洗,并氮气吹干。

4. 根据权利要求 1 所述的一种砷化镓衬底 mHEMT 有源区电学隔离方法,其特征在于:步骤 3 中,利用柠檬酸与双氧水混合溶液腐蚀去除样品表面的帽层。

5. 根据权利要求 1 所述的一种砷化镓衬底 mHEMT 有源区电学隔离方法,其特征在于:步骤 4 中,硼离子的注入需要利用离子注入仿真软件计算出实际离子注入所需的能量,并用来指导实际的离子注入的能量和剂量,以便降低器件的工艺成本。

6. 根据权利要求 1 所述的一种砷化镓衬底 mHEMT 有源区电学隔离方法,其特征在于:步骤 5 中,采用电子束蒸发台自下而上依次蒸发出 Ni、AuGe、Ni 和 Au,以形成源漏欧姆接触金属电极。

7. 根据权利要求 1 所述的一种砷化镓衬底 mHEMT 有源区电学隔离方法,其特征在于:步骤 2 和 5 中,光刻的过程具体为:先将光刻胶均匀地涂覆到样品的表面,再利用深紫外光刻机对样品进行曝光,后利用显影液对曝光后的样品进行显影,再用去离子水定影,并氮气吹干。

8. 根据权利要求 1 或 7 所述的一种砷化镓衬底 mHEMT 有源区电学隔离方法,其特征在于:步骤 2 和步骤 5 中,在每次光刻之前都需要对样品进行样品表面涂粘附剂的预处理过程,以增强光刻胶与样品表面的粘附性,从而提高样品光刻的成功率。

9. 根据权利要求 1 所述的一种砷化镓衬底 mHEMT 有源区电学隔离方法,其特征在于:在步骤 5 之后,还进一步包括,步骤 6,利用探针台和和半导体测试分析仪对样品上的相邻器件的电学隔离效果进行测试,并验证该有源区隔离效果的过程。

一种砷化镓衬底 mHEMT 有源区电学隔离方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体制造技术领域,具体涉及一种砷化镓衬底 mHEMT(变组分高电子迁移率晶体管)有源区电学隔离方法。

背景技术

[0002] 在半导体制造工艺过程中,化合物半导体器件有源区电学隔离的主要技术途径包括:台面腐蚀隔离和注入隔离。

[0003] 台面腐蚀方法实现电学隔离有诸多不益,例如深亚微米栅条在跨越几百纳米的腐蚀台阶时容易出现断条而影响成品率;其次,腐蚀出的有源区台面容易造成在栅条通过台面侧壁时与导电沟道接触,导致栅泄漏电流增大、栅击穿电压下降;第三,裸露在台面侧壁的异质结断面在工艺制备过程中容易被腐蚀、沾污、在钝化膜覆盖时还会有一定量的耗尽这也是在半导体制备工艺过程中常常出现的问题。

[0004] 相对于台面腐蚀,离子注入是较好的选择,因为它保持了器件的平面结构。这有利于器件制造和芯片工艺加工。而且离子注入避免了台面侧面栅的泄漏,因此消除了栅泄漏问题。而大量的理论分析和实验结果都表明,仅仅采用离子注入方法实现砷化镓衬底的 InGaAs/InAlAs mHEMT 的理想隔离是有困难的,这是由于晶格匹配的 InGaAs 带隙仅为 0.74eV,其本征电阻率很小,而且随着 In 组分的提高,InGaAs 沟道将进一步变窄,本征电阻更小;另一方面,激活的离子在材料中形成浅施主能级也会导致隔离性能变差;第三,注入离子浓度剖面基本上遵循高斯分布规律,其浓度的峰值不在表面,必然会影响极薄高掺杂的 InGaAs 帽层的注入绝缘电阻。

发明内容

[0005] 本发明针对单独采用台面腐蚀隔离和注入隔离法进行半导体器件有源区电学隔离所存在的弊端,提供一种砷化镓衬底 mHEMT 有源区电学隔离方法,其采用湿法腐蚀与离子注入相结合,实现良好的有源区隔离效果。

[0006] 为解决上述问题,本发明是通过以下技术方案实现的:

[0007] 一种砷化镓衬底 mHEMT 有源区电学隔离方法,包括如下步骤:

[0008] 步骤 1,对样品进行有机清洗和无机清洗,以确保样品清洗洁净;样品为砷化镓衬底上生长的变组分多层结构的外延材料体系,且该外延材料体系的最上层为帽层;

[0009] 步骤 2,匀胶光刻保护样品的有源区,并对光刻后的样品进行坚膜处理以便后面的隔离工艺;

[0010] 步骤 3,对样品进行湿法腐蚀,除去样品的帽层,并形成有利于离子注入的沟槽;

[0011] 步骤 4,将离子由去除帽层区域注入到样品中,形成有源区的电学隔离;

[0012] 步骤 5,对样品进行欧姆金属生长的光刻,并利用电子束蒸发台在样品上蒸发器件欧姆金属。

[0013] 上述步骤 1 中,所述帽层包括 $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ 帽层和 $\text{In}_{0.65}\text{Ga}_{0.35}\text{As}$ 帽层,其中

$\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ 帽层和 $\text{n}_{0.65}\text{Ga}_{0.35}\text{As}$ 帽层所掺杂质均为 Si。

[0014] 上述步骤 1 中,对样品进行有机清洗的过程具体为:先将样品静置于丙酮溶液中浸泡,以便除去样品表面的有机污染物;再将样品静置于异丙醇溶液中,去除样品表面上的丙酮;后用去离子水冲洗,并氮气吹干;对样品进行无机清洗的过程具体为:先用氨水与去离子水的混合溶液浸泡样品,再用去离子水冲洗,并氮气吹干。

[0015] 上述步骤 3 中,利用柠檬酸与双氧水混合溶液腐蚀去除样品表面的帽层。

[0016] 上述步骤 4 中,硼离子的注入需要利用离子注入仿真软件计算出实际离子注入所需的能量,并用来指导实际的离子注入的能量和剂量,以便降低器件的工艺成本。

[0017] 上述步骤 5 中,采用电子束蒸发台自下而上依次蒸发出 Ni、AuGe、Ni 和 Au,以形成源漏欧姆接触金属电极。

[0018] 上述步骤 2 和 5 中,光刻的过程具体为:先将光刻胶均匀地涂覆到样品的表面,再利用深紫外光刻机对样品进行曝光,后利用显影液对曝光后的样品进行显影,再用去离子水定影,并氮气吹干。

[0019] 上述步骤 2 和步骤 5 中,在每次光刻之前都需要对样品进行样品表面涂粘附剂的预处理过程,以增强光刻胶与样品表面的粘附性,从而提高样品光刻的成功率。

[0020] 上述步骤 5 之后,还进一步包括,步骤 6,利用探针台和和半导体测试分析仪对样品上的相邻器件的电学隔离效果进行测试,并验证该有源区隔离效果的过程。

[0021] 与现有技术相比,本发明具有如下特点:

[0022] 1、针对变组分高电子迁移率晶体管的有源区电学隔离,提出了湿法腐蚀和离子注入相结合的隔离方法,即首先利用湿法腐蚀去除样品表面高掺杂层,再通过离子注入形成隔离的方法。首先去除表面高掺杂层,再进行离子注入隔离,有效提高了离子注入的注入效果,进而提高了有源区之间的隔离效果;

[0023] 2、在同等条件下,离子注入和台面腐蚀相结合的隔离方法,具有电学隔离效果好、工艺兼容性强、对后续工艺影响较小、具有良好的重复性和便于实现等特点,并有效地避免了单独采用台面腐蚀和离子注入的弊端,对半导体制造工艺有很好的使用价值。

附图说明

[0024] 图 1- 图 5 为一种砷化镓衬底 mHEMT 有源区电学隔离方法的制备流程示意图。

[0025] 图 6 为采用本发明制备的样品相邻器件有源区电学隔离的 I-V 曲线图。

具体实施方式

[0026] 一种砷化镓衬底 mHEMT 有源区电学隔离方法,如图 1- 图 5 所示,包括如下步骤:

[0027] 步骤一:器件外延样品的清洗。

[0028] 对样品进行清洗,其中样品为砷化镓衬底上生长的变组分多层结构的外延材料体系,且该外延材料体系包括帽层、势垒层、沟道层和缓冲层等,其中帽层位于最上层。帽层为掺杂浓度较高,有利于和金属形成欧姆接触的高掺杂层。在本发明中,所述帽层为 5nm 的 $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ 层和 20nm 的 $\text{In}_{0.65}\text{Ga}_{0.35}\text{As}$ 层,所掺杂质为 Si (硅),浓度均为 $10\text{E}+19\text{cm}^{-3}$ 。砷化镓衬底上生长的变组分多层结构外延材料体系样品可以通过 MBE (分子束外延) 生长获得。首先,进行有机的清洗:将样品静置于丙酮溶液中浸泡 5 分钟,以便除去样品表面的有

机污染物；将样品静置于异丙醇溶液中 5 分钟，去除样品表面上的丙酮；用去离子水冲洗 6 次，氮气吹干。其次，进行无机清洗：利用 25% 的氨水：去离子水 = 1:10，将样品浸泡 2 分钟，去离子水冲洗 6 次，氮气吹干。最终确保样品清洗洁净。

[0029] 步骤二：有源区电学隔离光刻。参见图 1。

[0030] 在匀胶光刻保护台面前，先对样品进行 HMDS（六甲基二硅氮烷）表面预处理，以便增强光刻胶与样品表面的粘附性。匀光刻胶 AZ5214，转速为 4000 转/秒、时间为 30 秒。前烘，温度为 95℃、时间为 90 秒。利用 MA6 深紫外光刻机曝光 6.5 秒。使用 JZX3038 显影液显影 45 秒，去离子水定影，氮气吹干。利用热板 110℃，3 分钟用于坚膜。

[0031] 步骤三：湿法腐蚀去除样品表面的高掺杂层。参见图 2。

[0032] 利用柠檬酸与双氧水混合溶液腐蚀去除器件外延层材料表面的高掺杂层即 $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ 帽层和 $\text{In}_{0.65}\text{Ga}_{0.35}\text{As}$ 帽层。即：利用 $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7:\text{H}_2\text{O}_2 = 1:1$ 腐蚀液腐蚀 $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ 帽层和 $\text{In}_{0.65}\text{Ga}_{0.35}\text{As}$ 帽层，腐蚀时间为 1 分钟 45 秒。

[0033] 步骤四：对样品进行离子注入。参见图 3。

[0034] 首先利用离子注入仿真软件 SRIM 进行模拟计算，计算出实际离子注入所需的能量，并用来指导实际的离子注入的能量和剂量。经过反复计算模拟，针对本发明的材料系统，最终我们采用离子注入机，选择硼离子，注入能量为 20Kev，注入剂量为 $2.0\text{E}+14\text{cm}^{-2}$ ，以对沟道部分形成高阻隔离。

[0035] 步骤六：器件欧姆金属化。参见图 4 和 5。

[0036] 首先，对形成的有源隔离区进行欧姆接触的光刻。对样品进行 HMDS 表面预处理，以便增强光刻胶与样品表面的粘附性。匀光刻胶 AZ5214，转速为 4000 转/秒、时间为 30 秒。使用无尘棉签去除样品边缘部分的光刻胶。前烘，温度为 95℃、时间为 90 秒。利用 MA6 深紫外光刻机曝光 1.9 秒。对样品进行反转烘，温度为 110℃、时间为 90 秒。对样品进行泛曝光 42 秒。使用 JXZ3038 显影液显影 50 秒。去离子水定影。氮气吹干。采用电子束蒸发台依次蒸发 Ni (5nm)/AuGe (100nm)/Ni (20nm)/Au (100nm)，以形成源漏金属及栅电极，即源、漏金属由 5nm 的 Ni、100nm 的 AuGe、20nm 的 Ni 和 100nm 的 Au 自下而上叠加而成，不需要退火，形成欧姆接触，利用 TLM 测试的源漏接触电阻为 $0.1\ \Omega \cdot \text{mm}$ ，比接触电阻率为 $1.3\text{E}-6\ \Omega \cdot \text{cm}^2$ 。

[0037] 步骤五：有源区电学隔离的隔离效果测试。

[0038] 利用探针台 Cascade150 和半导体测试分析仪 Agilent B1505A，进行相邻器件之间的电学隔离效果。相邻器件之间的间距为 $17\ \mu\text{m}$ ，在相邻器件的欧姆接触接触电极 (pad) 上加上电压，测试它们之间电流大小，即为有源区下的隔离效果。图 6 为样品上的相邻器件隔离效果的测试 I-V 曲线。

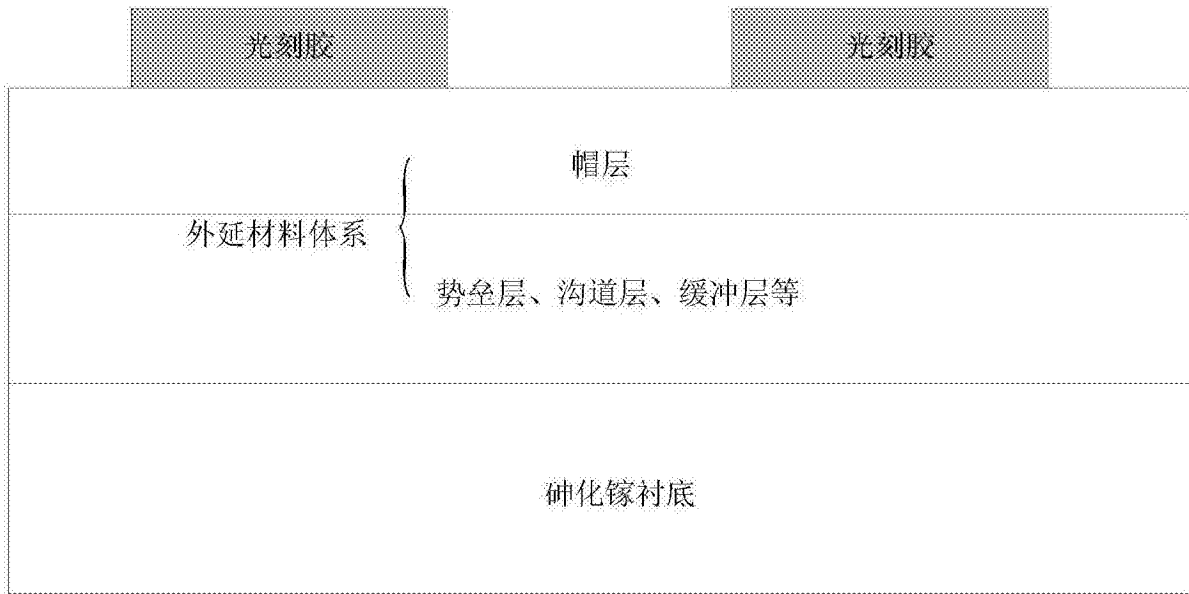


图 1

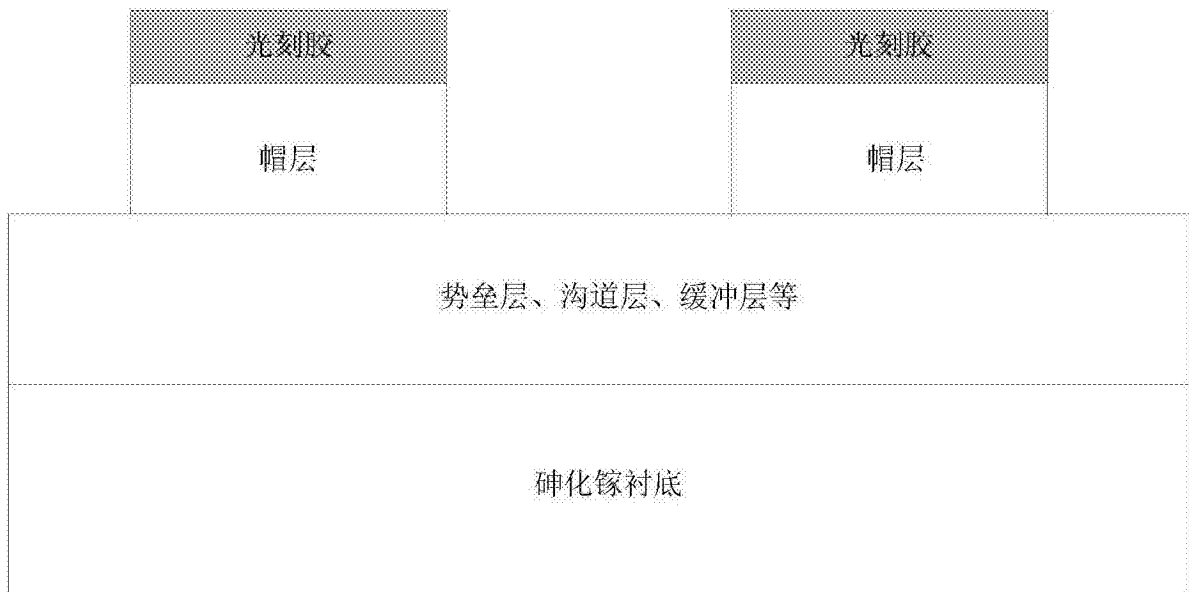


图 2

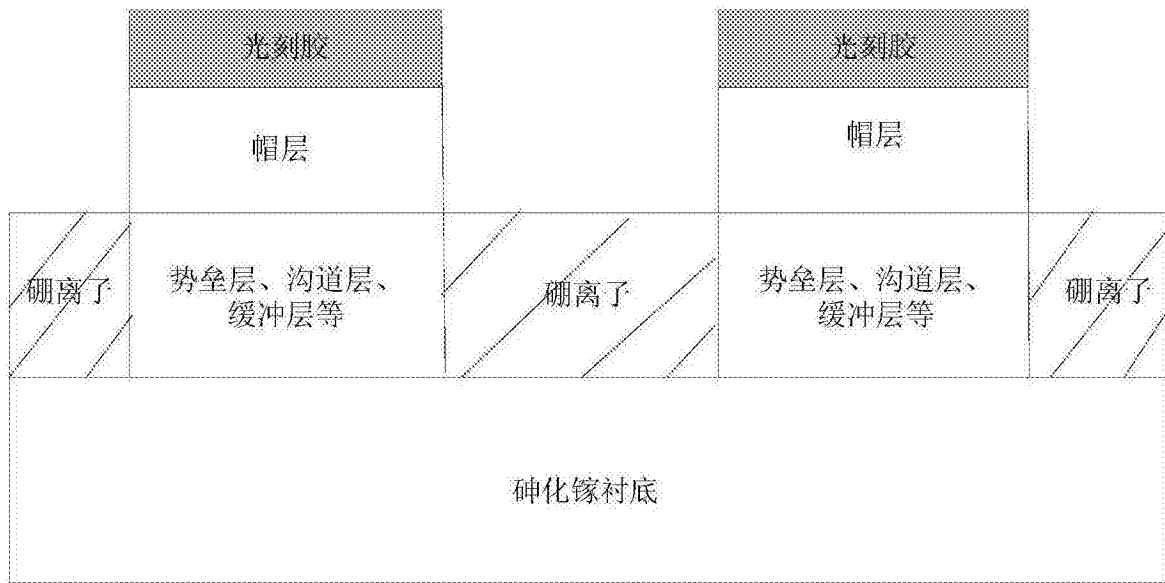


图 3

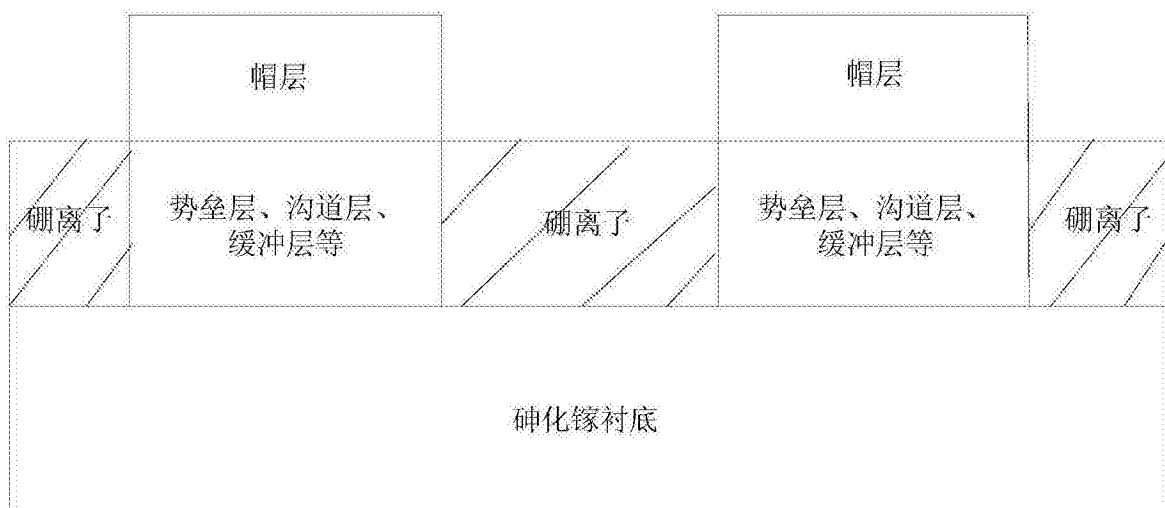


图 4

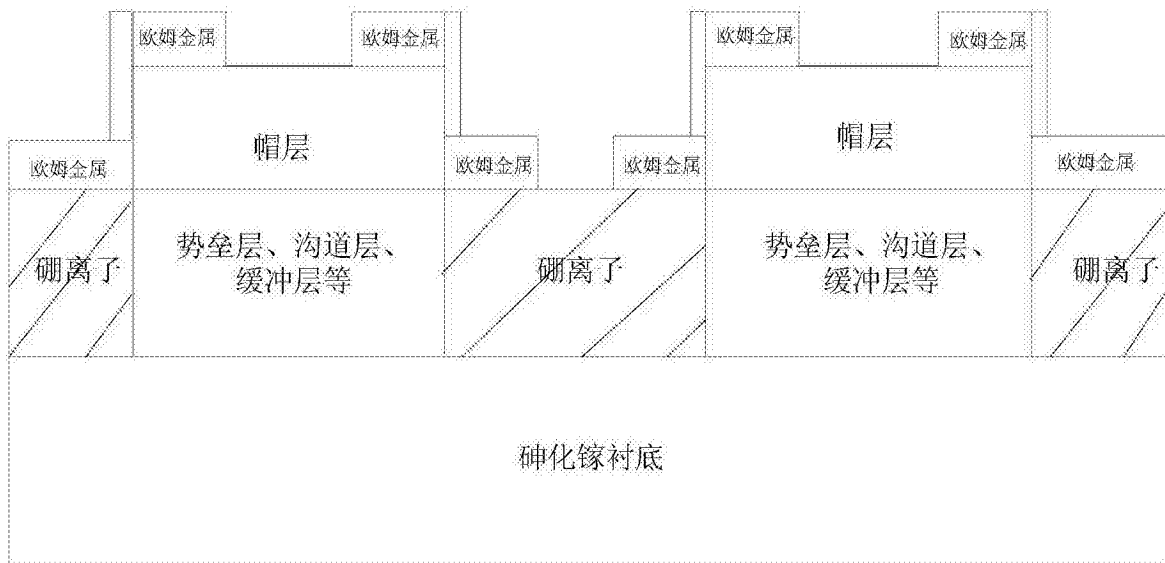


图 5

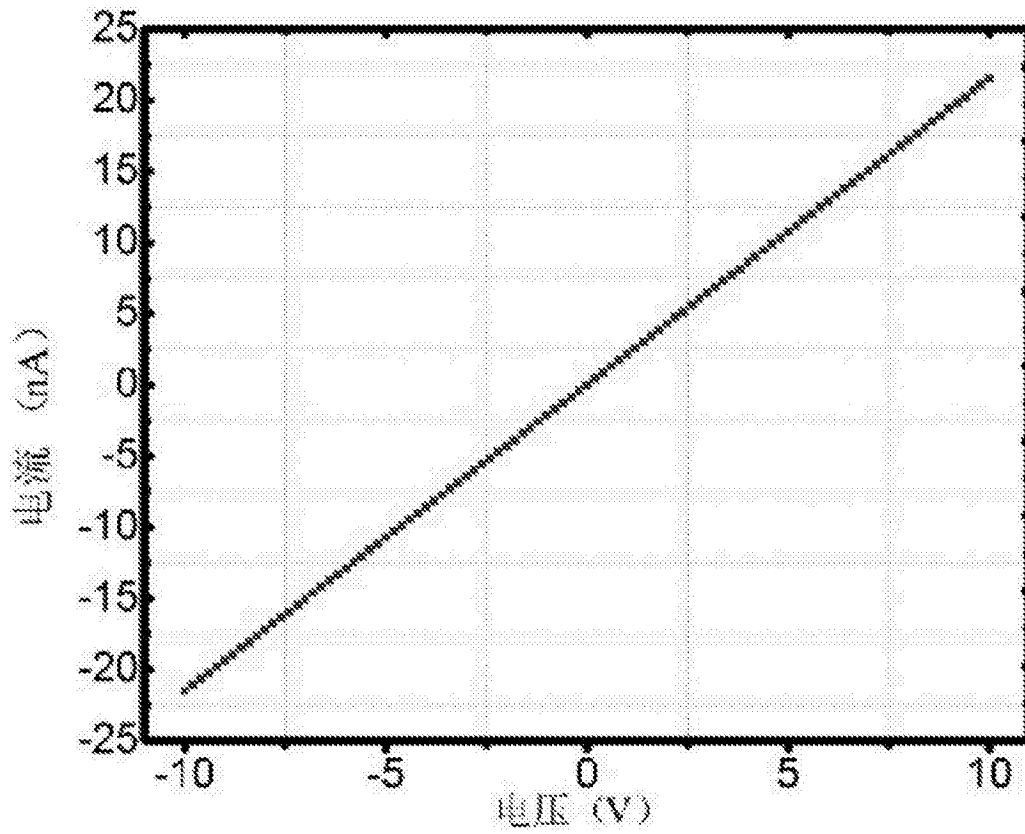


图 6