



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102354540 B

(45) 授权公告日 2013.08.14

(21) 申请号 201110319001.9

US 5606213 A, 1997.02.25,

(22) 申请日 2011.10.19

KR 100861317 B1, 2008.10.01,

(73) 专利权人 西安电子科技大学
地址 710071 陕西省西安市太白南路 2 号

乔大勇等. 一种基于 PIN 结的硅基微型核
电池研究. 《物理学报》. 2011, 第 60 卷 (第 2
期), 020701-1-020701-9.

(72) 发明人 郭辉 张克基 张玉明 张玉娟
韩超 石彦强

彭振驯等. 一种复合型核电池的理论设
计. 《核技术》. 2010, 第 33 卷 (第 4 期), 308-311.

(74) 专利代理机构 陕西电子工业专利中心
61205

审查员 陈晓

代理人 王品华 朱红星

(51) Int. Cl.

G21H 1/06 (2006.01)

(56) 对比文件

- CN 101916608 A, 2010.12.15,
- CN 101527175 A, 2009.09.09,
- CN 101599308 A, 2009.12.09,
- US 5642014 A, 1997.06.24, 全文.

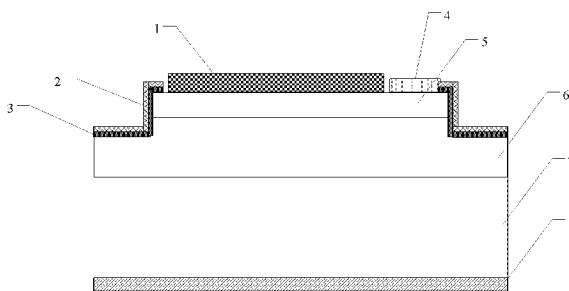
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

I 层钒掺杂的 PIN 型核电池及其制作方法

(57) 摘要

本发明公开了一种 I 层钒掺杂的 PIN 型核电池及其制作方法, 主要解决现有技术中制作碳化硅 PIN 结核电池中 I 层掺杂浓度高的问题。本发明的 PIN 型核电池自上而下包括放射性同位素源层 (1)、SiO₂ 致密绝缘层 (2)、SiO₂ 钝化层 (3)、p 型欧姆接触电极 (4)、掺杂浓度为 $1 \times 10^{19} \sim 5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 的 p 型 SiC 外延层 (5)、n 型 SiC 外延层 (6)、掺杂浓度为 $1 \times 10^{18} \sim 7 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 的 n 型 SiC 衬底 (7) 和 n 型欧姆接触电极 (8)。该 n 型 SiC 外延层 (6) 是通过注入能量为 2000KeV ~ 2500KeV, 剂量为 $5 \times 10^{13} \sim 1 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ 的钒离子形成掺杂浓度为 $1 \times 10^{13} \sim 5 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ 的 n 型 SiC 外延层。本发明具有电子空穴对收集率, 器件的开路电压和能量转换效率高的优点, 可作为微系统的片上电源、心脏起搏器的电源和手机备用电源。



CN 102354540 B

1. 一种 I 层钷掺杂的 PIN 型核电池, 自上而下依次包括放射性同位素源层(1)、SiO₂ 钝化层(2)、SiO₂ 致密绝缘层(3)、p 型欧姆接触电极(4)、p 型 SiC 外延层(5)、n 型 SiC 外延层(6)、n 型 SiC 衬底样片(7)和 n 型欧姆接触电极(8), 其特征在于: p 型 SiC 外延层(5)的掺杂浓度为 $1 \times 10^{19} \sim 5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$, n 型 SiC 衬底样片(7)的掺杂浓度为 $1 \times 10^{18} \sim 7 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$, n 型 SiC 外延层(6)的掺杂浓度为 $1 \times 10^{13} \sim 5 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$, 且通过注入能量为 2000KeV ~ 2500KeV, 剂量为 $5 \times 10^{13} \sim 1 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ 的钷离子形成。

2. 根据权利要求 1 所述的一种 I 层钷掺杂的 PIN 型核电池, 其特征在于所述的 n 型 SiC 外延层(6)的厚度为 3um ~ 5um。

3. 根据权利要求 1 所述的一种 I 层钷掺杂的 PIN 型核电池, 其特征在于所述的 p 型 SiC 外延层(5)的厚度为 0.2um ~ 0.5um。

4. 根据权利要求 1 所述的一种 I 层钷掺杂的 PIN 型核电池, 其特征在于所述的 SiO₂ 致密绝缘层(3)的厚度为 10nm ~ 20nm。

5. 根据权利要求 1 所述的一种 I 层钷掺杂的 PIN 型核电池, 其特征在于所述的 SiO₂ 钝化层(2)的厚度为 0.3um ~ 0.5um。

6. 一种 I 层钷掺杂的 PIN 型核电池的制作方法, 包括如下步骤:

(1)在掺杂浓度为 $1 \times 10^{18} \sim 7 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 的高掺杂 n 型 SiC 衬底样片上, 外延生长厚度为 3um ~ 5um, 掺氮浓度为 $1 \times 10^{15} \sim 5 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ 的初始 n 型 SiC 外延层;

(2)在初始 n 型 SiC 外延层上再进行注入能量为 2000KeV ~ 2500KeV, 注入剂量为 $5 \times 10^{13} \sim 1 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ 的钷离子注入, 然后在 1450°C ~ 1650°C 的高温下热退火 20 ~ 40 分钟, 进而得到掺杂浓度为 $1 \times 10^{13} \sim 5 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ 的 n 型 SiC 外延层;

(3)在掺杂浓度为 $1 \times 10^{13} \sim 5 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ 的 n 型 SiC 外延层上生长厚度为 0.2um ~ 0.5um, 掺铝浓度为 $1 \times 10^{19} \sim 5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 的高掺杂 p 型外延层;

(4)在高掺杂 p 型外延层上采用电感耦合等离子体刻蚀法刻蚀出 0.2um ~ 0.6um 的台面;

(5)对刻蚀后的样片进行 RCA 标准清洗, 干氧氧化 2 小时, 形成厚度为 10nm ~ 20nm 的 SiO₂ 致密氧化层;

(6)在 SiO₂ 致密氧化层上采用低压热壁化学气相淀积法淀积厚度为 0.3um ~ 0.5um 的 SiO₂ 钝化层;

(7)在 SiO₂ 钝化层上涂胶, 光刻制作阻挡层, 用浓度为 5% 的 HF 酸腐蚀 10 秒开窗;

(8)在开窗后的样片正面涂胶, 使用含 p 型电极形状的光刻版, 光刻产生电极金属区, 然后通过磁控溅射淀积 Ti/Al/Au 合金, 再进行剥离, 形成 p 型电极图形;

(9)在样片背面通过磁控溅射淀积 Ni/Cr/Au 合金, 形成 n 型接触电极;

(10)将整个样片在 1050°C 下氮气气氛中快速热退火 3 分钟, 同时形成 p 型和 n 型欧姆接触电极;

(11)在高掺杂 p 型外延层上选择性的镀上同位素源, 完成 I 层钷掺杂的 PIN 型核电池的制作。

7. 根据权利要求 6 所述的一种 I 层钷掺杂的 PIN 型核电池的制作方法, 其特征在于注入钷离子的最高浓度大于掺氮后的外延层的掺杂浓度。

8. 根据权利要求 6 所述的 I 层钷掺杂的 PIN 型核电池的制作方法, 其特征在于步骤(8)

所述的磁控溅射淀积 Ti/Al/Au 合金,其厚度分别为 50nm/100nm/100nm。

9. 根据权利要求 6 所述的 I 层钒掺杂的 PIN 型核电池的制作方法,其特征在于步骤(9)所涉及的磁控溅射淀积 Ni/Cr/Au 合金,其厚度分别为 200nm/50nm/100nm。

10. 根据权利要求 6 所述的 I 层钒掺杂的 PIN 型核电池的制作方法,其特征在于步骤(11)中所述的同位素源,是通过电镀或化学镀或分子镀镀在高掺杂 p 型外延层上。

I 层钷掺杂的 PIN 型核电池及其制作方法

技术领域

[0001] 本发明属于微电子领域,尤其涉及一种 I 层钷掺杂的 PIN 型核电池,可用于将同位素放射的核能直接转换为电能。

技术背景

[0002] 1953 年由 Rappaport 研究发现,利用同位素衰变所产生的贝他 (β -Particle) 粒子能在半导体内产生电子空穴对,此现象则被称为 β -Voltaic Effect。之后不久,Elgin-Kidde 在 1957 年首先将 β -Voltaic Effect 用在电源供应方面,成功实验制造出第一个同位素微电池 β -Voltaic Battery。从 1989 年以来,GaN,GaP,AlGaAs,多晶硅等材料相继被利用作为 β -Voltaic 电池的材料。随着宽禁带半导体材料 SiC 的制备和工艺技术的进步,2006 年开始,国内外上相继出现了基于 SiC 的同位素微电池的相关报道。

[0003] 中国专利 CN 101325093A 中公开了由张林,郭辉等人提出的基于 SiC 的肖特基结式核电池,如图 2 所示,该肖特基结式核电池自上而下依次包括键合层 1、肖特基金属层 13、 SiO_2 钝化层 4、n 型低掺杂 SiC 外延层 5、n 型高掺杂 SiC 衬底 6、欧姆接触电极 7。该肖特基结核电池肖特基接触层覆盖整个电池区域,入射粒子到达器件表面后,都会受到肖特基接触层的阻挡,只有部分粒子能进入器件内部,而进入耗尽区的粒子才会对电池的输出功率有贡献,因此,这种结构的核电池入射粒子能量损失大,能量转换效率较低

[0004] 文献“APPLIED PHYSICS LETTERS 88,033506(2006)《Demonstration of a 4H SiC betavoltaic cell》”介绍了由美国纽约 Cornell 大学的 M. V. S. Chandrashekar, C. I. Tomas, Hui Li, M. G. Spencer and Amit Lal 等人提出了碳化硅 p-i-n 结式核电池,如图 1 所示,该 p-i-n 结式核电池自上而下依次包括放射性同位素源 3、p 型欧姆接触层 12、p 型高掺杂 SiC 层 9、p 型 SiC 层 11、本征 I 层 10、n 高掺杂 SiC 衬底 6、欧姆接触电极 7。在这种结构中,衬底为 p 型高掺杂衬底,在上面生长外延层的工艺不成熟,易引入表面缺陷,器件漏电流增大,能量转换率较低,同时 p 型低掺杂 SiC 层是通过非故意掺杂外延生长形成的,掺杂浓度偏高,得到的耗尽区宽度偏小,产生的载流子不能被全部收集,器件开路电压变小,能量转换效率降低。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于避免上述已有技术的不足,提出一种 I 层钷掺杂的 PIN 型核电池及其制作方法,以减少 I 层的载流子浓度,增大耗尽区宽度,提高产生的电子空穴对的收集率,进而提高器件的开路电压和能量转换效率。

[0006] 为实现上述目的,本发明提供的 I 层钷掺杂的 PIN 型核电池,依次包括放射性同位素源层 1、 SiO_2 钝化层 2、 SiO_2 致密绝缘层 3、p 型欧姆接触电极 4、p 型 SiC 外延层 5、n 型 SiC 外延层 6、n 型 SiC 衬底样片 7 和 n 型欧姆接触电极 8,其特征在于:p 型 SiC 外延层 5 的掺杂浓度为 $1 \times 10^{19} \sim 5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$,n 型 SiC 衬底样片 7 的掺杂浓度为 $1 \times 10^{18} \sim 7 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$,n 型 SiC 外延层 6 是通过注入能量为 $2000 \text{KeV} \sim 2500 \text{KeV}$,剂量为 $5 \times 10^{13} \sim 1 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ 的

钒离子形成掺杂浓度为 $1 \times 10^{13} \sim 5 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ 。

[0007] 为实现上述目的,本发明提供的 I 层钒掺杂的 PIN 型核电池的制作方法,包括如下步骤:

[0008] (1) 在掺杂浓度为 $1 \times 10^{18} \sim 7 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 的高掺杂 n 型 SiC 衬底样片上,外延生长厚度为 $3 \mu\text{m} \sim 5 \mu\text{m}$,掺氮浓度为 $1 \times 10^{15} \sim 5 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ 的初始 n 型 SiC 外延层;

[0009] (2) 在初始 n 型 SiC 外延层上再进行注入能量为 $2000 \text{KeV} \sim 2500 \text{KeV}$,注入剂量为 $5 \times 10^{13} \sim 1 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ 的钒离子注入,然后在 $1450^\circ\text{C} \sim 1650^\circ\text{C}$ 的高温下热退火 $20 \sim 40$ 分钟,进而得到掺杂浓度为 $1 \times 10^{13} \sim 5 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ 的 n 型 SiC 外延层;

[0010] (3) 在掺杂浓度为 $1 \times 10^{13} \sim 5 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ 的 n 型 SiC 外延层上生长厚度为 $0.2 \mu\text{m} \sim 0.5 \mu\text{m}$,掺铝浓度为 $1 \times 10^{19} \sim 5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 的高掺杂 p 型外延层;

[0011] (4) 在高掺杂 p 型外延层上采用电感耦合等离子体刻蚀法刻蚀出 $0.2 \mu\text{m} \sim 0.6 \mu\text{m}$ 的台面;

[0012] (5) 对刻蚀后的样片进行 RCA 标准清洗,干氧化 2 小时,形成厚度为 $10 \text{nm} \sim 20 \text{nm}$ 的 SiO_2 致密氧化层;

[0013] (6) 在 SiO_2 致密氧化层上采用低压热壁化学气相淀积法淀积厚度为 $0.3 \mu\text{m} \sim 0.5 \mu\text{m}$ 的 SiO_2 钝化层;

[0014] (7) 在 SiO_2 钝化层上涂胶,光刻制作阻挡层,用浓度为 5% 的 HF 酸腐蚀 10 秒开窗;

[0015] (8) 在开窗后的样片正面涂胶,使用含 p 型电极形状的光刻版,光刻产生电极金属区,然后通过磁控溅射淀积 Ti/Al/Au 合金,再进行剥离,形成 p 型电极图形;

[0016] (9) 在样片背面通过磁控溅射淀积 Ni/Cr/Au 合金,形成 n 型接触电极;

[0017] (10) 将整个样片在 1050°C 下氮气气氛中快速热退火 3 分钟,同时形成 p 型和 n 型欧姆接触电极;

[0018] (11) 在高掺杂 p 型外延层上选择性的镀上同位素源,完成 I 层钒掺杂的 PIN 型核电池的制作。

[0019] 本发明与现有技术相比具有如下优点:

[0020] 本发明制作的 PIN 核电池,由于 I 层是采用掺氮外延生长,然后对外延层再进行钒离子注入对外延层能级上的自由载流子进行补偿,故 I 层的载流子掺杂浓度极低,增大耗尽区宽度,提高了产生电子空穴对的收集率,进而提高器件的开路电压和能量转换效率;同时由于 p 型外延层为 $0.2 \mu\text{m} \sim 0.5 \mu\text{m}$ 的薄层,有效降低了外延层对入射粒子的阻挡作用,能有效的提高能量转换效率;此外由于本发明采用 n 型碳化硅衬底,故价格便宜且外延层的生长工艺成熟,操作简单,易于实现。

附图说明

[0021] 图 1 是现有的 p-i-n 结构核电池截面示意图;

[0022] 图 2 是现有的肖特基结结构核电池截面示意图;

[0023] 图 3 是本发明核电池的剖面结构示意图;

[0024] 图 4 是本发明核电池制作工艺流程图示意图。

具体实施方式

[0025] 参照图 3, 本发明的核电池包括放射性同位素源层 1, SiO_2 钝化层 2, SiO_2 致密绝缘层 3, p 型欧姆接触电极 4, p 型 SiC 外延层 5, n 型 SiC 外延层 6, n 型 SiC 衬底样片 7 和 n 型欧姆接触电极 8, 其中 n 型 SiC 衬底样片 7 的掺杂浓度为 $1 \times 10^{18} \sim 7 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$, 它的背面是由厚度分别为 200nm/50nm/100nm 的 Ni/Cr/Au 合金组成的 n 型欧姆接触电极 8, 正面是厚度为 3um ~ 5um, 掺杂浓度为 $1 \times 10^{13} \sim 5 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ 的 n 型 SiC 外延层 6, 该 n 型 SiC 外延层 6 通过钒离子注入形成, n 型 SiC 外延层 6 的左右上方是厚度为 10nm ~ 20nm 的 SiO_2 致密绝缘层 3, SiO_2 致密绝缘层 3 上面是厚度为 0.3um ~ 0.5um 的 SiO_2 钝化层 2, n 型 SiC 外延层 6 的正上方为掺杂浓度为 $1 \times 10^{19} \sim 5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$, 厚度为 0.2um ~ 0.5um 的高掺杂 p 型 SiC 外延层 5, 高掺杂 p 型 SiC 外延层 5 上面左半边是由厚度分别为 50nm/100nm/100nm 的 Ti/Al/Au 合金组成的 p 型欧姆接触电极 4, 右半边是放射性同位素源层 1。

[0026] 参照图 4, 本发明的制作方法给出如下三种实施例。

[0027] 实施例 1

[0028] 第 1 步: 在 SiC 高掺杂 n 型衬底样片上外延 n 型外延层, 如图 4a。

[0029] 选用掺杂浓度为 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 高掺杂 n 型 SiC 衬底样片 7, 清洗后, 在高掺杂 n 型 SiC 衬底样片上外延生长厚度为 4um, 氮离子掺杂的初始 n 型外延层, 其掺杂浓度为 $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$, 外延温度为 1570°C, 压强 100mbar, 反应气体是硅烷和丙烷, 载气为纯氢气, 杂质源为液态氮气。

[0030] 第 2 步: 对掺杂浓度为 $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ 初始 n 型 SiC 外延层进行钒离子注入, 如图 4b。

[0031] (2.1) 对掺杂浓度为 $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ 的初始 n 型 SiC 外延层进行钒离子注入, 其钒离子注入条件为: 离子注入的能量为 2200KeV, 注入剂量为 $5 \times 10^{13} \text{cm}^{-2}$;

[0032] (2.2) 对离子注入后的 n 型 SiC 外延层进行高温热退火, 使注入离子重新分布, 降低晶格损伤, 进而得到掺杂浓度为 $1 \times 10^{13} \text{cm}^{-3}$ 的低掺杂 n 型 SiC 外延层 6, 其高温热退火的条件为: 退火温度为 1450°C, 退火时间为 30 分钟。

[0033] 第 3 步: 外延生长高掺杂 p 型外延层, 如图 4c。

[0034] 在所述的低掺杂 n 型 SiC 外延层上外延生长厚度为 0.5um, 铝离子掺杂的 p 型外延层 5, 其掺杂浓度为 $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$, 外延温度为 1570°C, 压力为 100mbar, 反应气体为硅烷和丙烷, 载气为纯氢气, 杂质源为三甲基铝。

[0035] 第 4 步: 光刻形成台面, 如图 4d。

[0036] (4.1) 将 p 型外延层 5 生长好的样片采用 RCA 清洗标准进行清洗;

[0037] (4.2) 样片清洗完后, 在掺杂浓度为 $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 的高掺杂 p 型外延层 5 上, 用磁控溅射铝膜作为刻蚀掩膜层, 使用光刻版进行光刻, 形成刻蚀所需要的图案;

[0038] (4.3) 在刻蚀的图案上用电感耦合等离子体方法刻蚀形成台面, 台面刻蚀深度为 0.6um。

[0039] 第 5 步: 在进行了台面刻蚀后的样片表面上形成 SiO_2 致密绝缘层, 如图 4e。

[0040] 在 $1100 \pm 50^\circ\text{C}$ 温度下, 对在进行了台面刻蚀后的样片表面进行两小时的干氧化, 形成 10nm 的 SiO_2 致密绝缘层 3。

[0041] 第 6 步: 在 SiO_2 致密绝缘层上再生长 SiO_2 钝化层, 如图 4f。

[0042] 在温度为 600°C, 压强为 80Pa 条件下, 通过低压热壁化学气相淀积法在 SiO_2 致密绝缘层 3 上淀积一层厚度为 0.5um 的 SiO_2 钝化层 2, 其反应气体为硅烷和氧气, 载气为氮气。

- [0043] 第 7 步 :在 SiO_2 钝化层 2 上涂胶,光刻制作阻挡层,用 HF 酸腐蚀开窗,如图 4g。
- [0044] (7.1) 在 SiO_2 钝化层上旋涂光刻胶 ;
- [0045] (7.2) 在光刻胶上利用光刻版光刻制作阻挡层 ;
- [0046] (7.3) 用浓度为 5% 的缓冲 HF 酸腐蚀 10 秒,在 SiO_2 钝化层中开窗,开窗的区域作为核电池的有效区域。
- [0047] 第 9 步 :在开窗完的样片正面涂胶,使用带 p 型电极的光刻板,光刻出电极图形,通过磁控溅射淀积厚度分别为 50nm/100nm/100nm 的 Ti/Al/Au 合金,通过超声波剥离形成 p 型电极接触图形,同时通过磁控溅射在样片衬底背面淀积 Ni/Cr/Au 合金,其厚度分别为 200nm/50nm/100nm,形成 n 型接触电极,如图 4h。
- [0048] 第 10 步 :在 $1100 \pm 50^\circ\text{C}$ 温度下的氮气气氛中,对整个样片进行快速热退火 3 分钟,同时形成 p 型和 n 型欧姆接触电极。
- [0049] 第 11 步 :在高掺杂 p 型外延层上选择性的电镀上同位素源,如图 4i。
- [0050] 实施例 2
- [0051] 步骤一 :在 SiC 高掺杂 n 型衬底样片上外延 n 型外延层,如图 4a。
- [0052] 选用掺杂浓度为 $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 高掺杂 n 型 SiC 衬底样片 7,清洗后,在高掺杂 n 型 SiC 衬底样片上外延生长厚度为 3 μm ,氮离子掺杂的初始 n 型外延层,其掺杂浓度为 $5 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$,外延温度为 1570°C ,压强 100mbar,反应气体是硅烷和丙烷,载气为纯氢气,杂质源为液态氮气。
- [0053] 步骤二 :对掺杂浓度为 $5 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ 初始 n 型 SiC 外延层进行钒离子注入,如图 4b。
- [0054] (2.1) 对掺杂浓度为 $5 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ 的初始 n 型 SiC 外延层进行钒离子注入,其钒离子注入条件为 :离子注入的能量为 2000KeV,注入剂量为 $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$;
- [0055] (2.2) 对离子注入后的 n 型 SiC 外延层进行高温热退火,使注入离子重新分布,降低晶格损伤,进而得到掺杂浓度为 $5 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ 的低掺杂 n 型 SiC 外延层 6,其高温热退火的条件为 :退火温度为 1550°C ,退火时间为 40 分钟。
- [0056] 步骤三 :外延生长高掺杂 p 型外延层,如图 4c。
- [0057] 在所述的低掺杂外延层上外延生长厚度为 0.4 μm ,铝离子掺杂的 p 型外延层 5,其掺杂浓度为 $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$,外延温度为 1570°C ,压力为 100mbar,反应气体为硅烷和丙烷,载气为纯氢气,杂质源为三甲基铝。
- [0058] 步骤四 :光刻形成台面,如图 4d。
- [0059] (4.1) 将 p 型外延层 5 生长好的样片采用 RCA 清洗标准进行清洗 ;
- [0060] (4.2) 样片清洗完后,在掺杂浓度为 $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 的高掺杂 p 型外延层 5 上,用磁控溅射铝膜作为刻蚀掩膜层,使用光刻版进行光刻,形成刻蚀所需要的图案 ;
- [0061] (4.3) 在刻蚀的图案上用电感耦合等离子体方法刻蚀形成台面,台面刻蚀深度为 0.6 μm 。
- [0062] 步骤五 :在进行了台面刻蚀后的样片表面上形成 SiO_2 致密绝缘层,如图 4e。
- [0063] 在 $1100 \pm 50^\circ\text{C}$ 温度下,对在进行了台面刻蚀后的样片表面进行两小时的干氧化,形成 20nm 的 SiO_2 致密绝缘层 3。
- [0064] 步骤六 :在 SiO_2 致密绝缘层上再生长 SiO_2 钝化层,如图 4f。
- [0065] 在温度为 600°C ,压强为 80Pa 条件下,通过低压热壁化学气相淀积法在 SiO_2 致密

- 绝缘层 3 上淀积一层厚度为 0.4 μm 的 SiO_2 钝化层 2, 其反应气体为硅烷和氧气, 载气为氮气。
- [0066] 步骤七: 在 SiO_2 钝化层 2 上涂胶, 光刻制作阻挡层, 用 HF 酸腐蚀开窗, 如图 4g。
- [0067] (7.1) 在 SiO_2 钝化层上旋涂光刻胶;
- [0068] (7.2) 在光刻胶上利用光刻版光刻制作阻挡层;
- [0069] (7.3) 用浓度为 5% 的缓冲 HF 酸腐蚀 10 秒, 在 SiO_2 钝化层中开窗, 开窗的区域作为核电池的有效区域。
- [0070] 步骤八: 在开窗完的样片正面涂胶, 使用带 p 型电极的光刻板, 光刻出电极图形, 通过磁控溅射淀积厚度分别为 50nm/100nm/100nmTi/Al/Au 合金, 通过超声波剥离形成 p 型电极接触图形, 同时通过磁控溅射在样片衬底背面淀积 Ni/Cr/Au 合金, 其厚度分别为 200nm/50nm/100nm, 形成 n 型接触电极, 如图 4h。
- [0071] 步骤九: 在 $1100 \pm 50^\circ\text{C}$ 温度下的氮气气氛中, 对整个样片进行快速热退火 3 分钟, 同时形成 p 型和 n 型欧姆接触电极。
- [0072] 步骤十: 在高掺杂 p 型外延层上选择性的分子镀上同位素源, 如图 4i。
- [0073] 实施例 3
- [0074] 步骤 A: 在 SiC 高掺杂 n 型衬底样片上外延 n 型外延层, 如图 4a。
- [0075] 选用掺杂浓度为 $7 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 高掺杂 n 型 SiC 衬底样片 7, 清洗后, 在高掺杂 n 型 SiC 衬底样片上外延生长厚度为 5 μm , 氮离子掺杂的初始 n 型外延层, 其掺杂浓度为 $2 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$, 外延温度为 1570°C , 压强 100mbar, 反应气体是硅烷和丙烷, 载气为纯氢气, 杂质源为液态氮气。
- [0076] 步骤 B: 对掺杂浓度为 $2 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ 初始 n 型 SiC 外延层进行钒离子注入, 如图 4b。
- [0077] (B1) 对掺杂浓度为 $2 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ 的初始 n 型 SiC 外延层进行钒离子注入, 其钒离子注入条件为: 离子注入的能量为 2500KeV, 注入剂量为 $1 \times 10^{14} \text{cm}^{-2}$;
- [0078] (B2) 对离子注入后的 n 型 SiC 外延层进行高温热退火, 使注入离子重新分布, 降低晶格损伤, 进而得到掺杂浓度为 $5 \times 10^{13} \text{cm}^{-3}$ 的低掺杂 n 型 SiC 外延层 6, 其高温热退火的条件为: 退火温度为 1650°C , 退火时间为 20 分钟。
- [0079] 步骤 C: 外延生长高掺杂 p 型外延层, 如图 4c。
- [0080] 在所述的低掺杂外延层上外延生长厚度为 0.2 μm , 铝离子掺杂的 p 型外延层 5, 其掺杂浓度为 $2 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$, 外延温度为 1570°C , 压力为 100mbar, 反应气体为硅烷和丙烷, 载气为纯氢气, 杂质源为三甲基铝。
- [0081] 步骤 D: 光刻形成台面, 如图 4d。
- [0082] (D1) 将 p 型外延层 5 生长好的样片采用 RCA 清洗标准进行清洗;
- [0083] (D2) 样片清洗完后, 在掺杂浓度为 $2 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 的高掺杂 p 型外延层 5 上, 用磁控溅射铝膜作为刻蚀掩膜层, 使用光刻版进行光刻, 形成刻蚀所需要的图案;
- [0084] (D3) 在刻蚀的图案上用电感耦合等离子体方法刻蚀形成台面, 台面刻蚀深度为 0.5 μm 。
- [0085] 步骤 E: 在进行了台面刻蚀后的样片表面上形成 SiO_2 致密绝缘层, 如图 4e。
- [0086] 在 $1100 \pm 50^\circ\text{C}$ 温度下, 对在进行了台面刻蚀后的样片表面进行两小时的干氧化, 形成 15nm 的 SiO_2 致密绝缘层 3。
- [0087] 步骤 F: 在 SiO_2 致密绝缘层上再生长 SiO_2 钝化层, 如图 4f。

[0088] 在温度为 600°C, 压强为 80Pa 条件下, 通过低压热壁化学气相淀积法在 SiO₂ 致密绝缘层 3 上淀积一层厚度为 0.3μm 的 SiO₂ 钝化层 2, 其反应气体为硅烷和氧气, 载气为氮气。

[0089] 步骤 G: 在 SiO₂ 钝化层 2 上涂胶, 光刻制作阻挡层, 用 HF 酸腐蚀开窗, 如图 4g。

[0090] (G1) 在 SiO₂ 钝化层上旋涂光刻胶;

[0091] (G2) 在光刻胶上利用光刻版光刻制作阻挡层;

[0092] (G3) 用浓度为 5% 的缓冲 HF 酸腐蚀 10 秒, 在 SiO₂ 钝化层中开窗, 开窗的区域作为核电池的有效区域。

[0093] 步骤 H: 在开窗完的样片正面涂胶, 使用带 p 型电极的光刻板, 光刻出电极图形, 通过磁控溅射淀积厚度分别为 50nm/100nm/100nmTi/Al/Au 合金, 通过超声波剥离形成 p 型电极接触图形, 同时通过磁控溅射在样片衬底背面淀积 Ni/Cr/Au 合金, 其厚度分别为 200nm/50nm/100nm, 形成 n 型接触电极, 如图 4h。

[0094] 步骤 I: 在 1100±50°C 温度下的氮气气氛中, 对整个样片进行快速热退火 3 分钟, 同时形成 p 型和 n 型欧姆接触电极。

[0095] 步骤 J: 在高掺杂 p 型外延层上选择性的化学镀上同位素源, 如图 4i。

[0096] 上述实施例不构成对本发明的任何限制, 特别是钒离子注入的能量和剂量, 需根据实际需要的载流子浓度来确定。

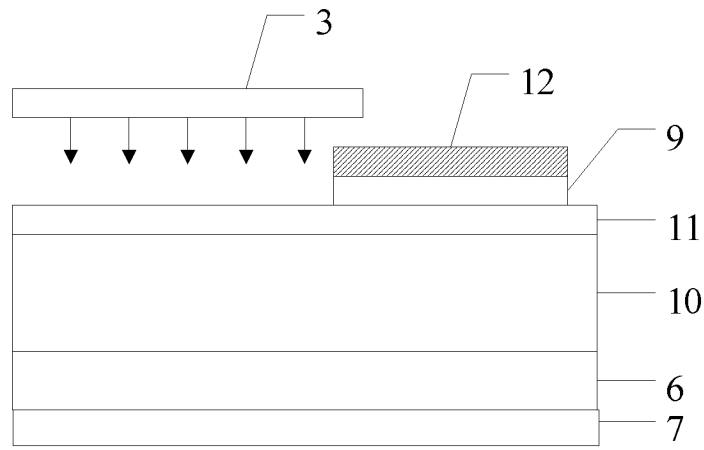


图 1

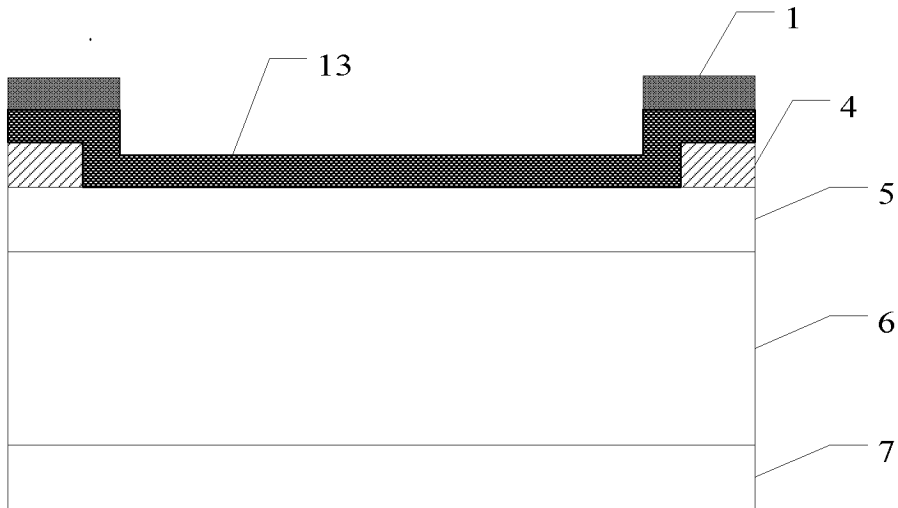


图 2

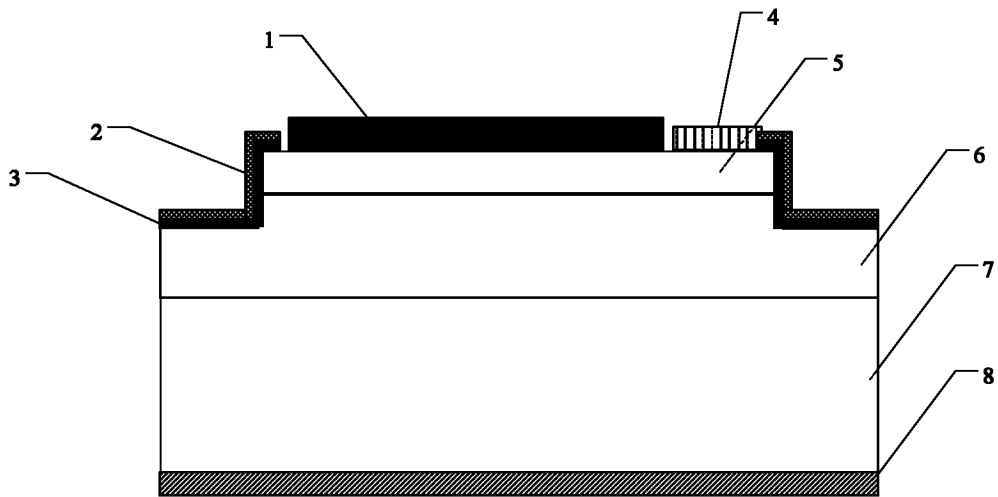


图 3

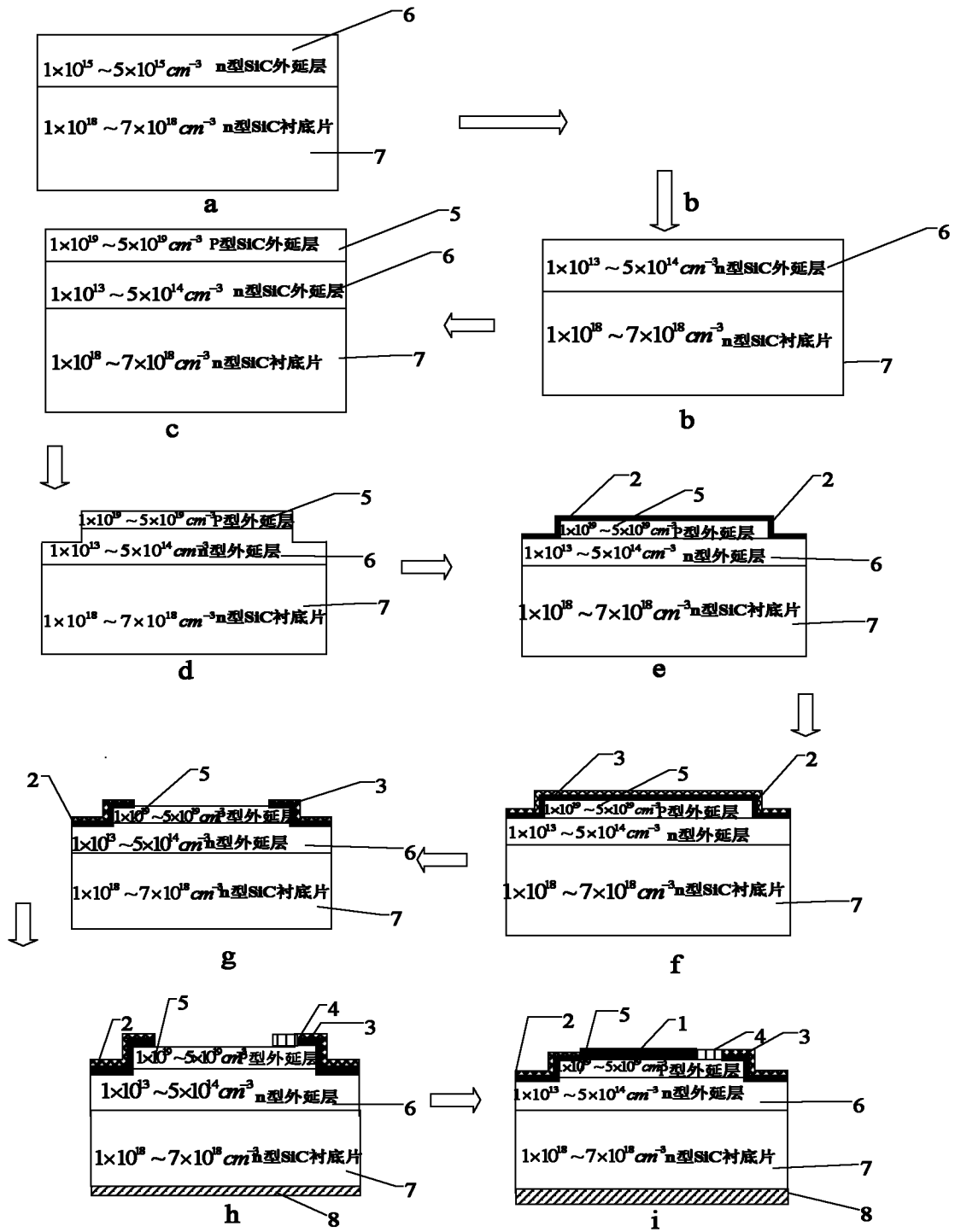


图 4