



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113451464 A

(43) 申请公布日 2021.09.28

(21) 申请号 202110692043.0

(22) 申请日 2021.06.22

(71) 申请人 厦门大学

地址 361000 福建省厦门市思明南路422号

申请人 福建中晶科技有限公司

(72) 发明人 张保平 徐欢 梅洋 杨帅

应磊莹 侯想 罗荣煌 卢文瑞

陈锋 钟梦洁 刘熠新

(74) 专利代理机构 厦门原创专利事务所(普通

合伙) 35101

代理人 吴廷正

(51) Int. Cl.

H01L 33/10 (2010.01)

H01L 33/46 (2010.01)

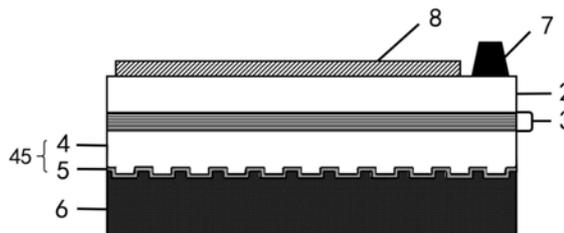
权利要求书1页 说明书5页 附图6页

(54) 发明名称

一种氮化镓基谐振腔发光二极管及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种氮化镓基谐振腔发光二极管及其制备方法,氮化镓基谐振腔发光二极管包括依序层叠设置的支撑基板、高对比度光栅、有源区、N型层,N型层远离有源区的端面上还设置有第一反射镜和N电极;其中,高对比度光栅由P型和透明导电层组成,P型层的一端面与有源区贴合,P型层的另一端面上经刻蚀形成非平整的光栅结构,透明导电层设置在P型层的光栅结构间隙和表面;本方案直接使用部分P型层及透明导电层作为高对比度光栅结构以替代传统的底部反射镜结构,不仅减小了器件串联电阻,降低吸收损耗,还提高了输出光质量,且制备工艺简单,所有制备工艺与标准半导体制备工艺兼容,满足大规模光电集成的需要。



1. 一种氮化镓基谐振腔发光二极管,其特征在于,其包括依序层叠设置的支撑基板、高对比度光栅、有源区、N型层,所述N型层远离有源区的端面上还设置有第一反射镜和N电极;

其中,所述高对比度光栅由P型层和透明导电层组成,所述P型层的一端面与有源区贴合,P型层的另一端面上经刻蚀形成非平整的光栅结构,所述透明导电层设置在P型层的光栅结构间隙和表面。

2. 如权利要求1所述的氮化镓基谐振腔发光二极管,其特征在于,所述P型层为图形化刻蚀形成的光栅结构,且所述高对比度光栅用于充当第二反射镜以提供光学限制;

其中,P型层的折射率大于透明导电层。

3. 如权利要求2所述的氮化镓基谐振腔发光二极管,其特征在于,所述P型层图形化刻蚀形成的光栅结构的横截面为条状、网状或柱状。

4. 如权利要求1所述的氮化镓基谐振腔发光二极管,其特征在于,所述透明导电层与P型层之间的接触为欧姆接触。

5. 如权利要求1所述的氮化镓基谐振腔发光二极管,其特征在于,所述支撑基板为硬质材料成型。

6. 如权利要求1至5之一所述的氮化镓基谐振腔发光二极管,其特征在于,所述第一反射镜为介质膜DBR或金属镜或HCG结构,所述第一反射镜的反射率小于高对比度光栅的反射率。

7. 如权利要求6所述的氮化镓基谐振腔发光二极管,其特征在于,所述支撑基板为金属或陶瓷材料成型,所述N电极为Cr、Au、Ni、Au、Ti或Au材料成型。

8. 一种氮化镓基谐振腔发光二极管的制备方法,其特征在于,其包括如下步骤:

S1,在原始衬底上生长pin结构的半导体外延层;

S2,在半导体外延层外表面刻蚀p-GaN形成HCG结构,制得坯体A;

S3,在坯体A上表面沉积透明导电层,制得坯体B;

S4,在坯体B上表面制备支撑基板,制得坯体C;

S5,将坯体C倒置,然后去除原始衬底,使半导体外延层远离支撑基板的端面外露;

S6,在半导体外延层远离支撑基板的端面上制备N电极;

S7,在半导体外延层远离支撑基板的端面上制备第一反射镜,完成器件制作。

9. 如权利要求8所述的氮化镓基谐振腔发光二极管的制备方法,其特征在于,步骤S1为采用MOCVD或者MBE方式生长pin结构的半导体外延层;

所述半导体外延层包括依序层叠在原始衬底上的N型层、有源区和P型层;

所述支撑基板为金属或陶瓷材料成型,其通过电镀、沉积或者金属键合的方式进行制备获得。

10. 一种垂直腔面发射激光器,其特征在于,其包括权利要求1至7之一所述的氮化镓基谐振腔发光二极管。

一种氮化镓基谐振腔发光二极管及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体发光技术领域,尤其涉及一种氮化镓基谐振腔发光二极管及其制备方法,其适合于多种波长的(可见光波段、紫外光波段)半导体谐振腔器件,包含垂直腔面发射激光器以及谐振腔发光二极管。

背景技术

[0002] 半导体谐振腔发光二极管(Resonant Cavity Light Emitting Diode,RCLED)具有广泛的应用领域,包括半导体照明、背光显示、生物医疗、光通信等。其结构为用于光学反馈的顶部反射镜和底部反射镜,以及夹在其中的用于提供出射光子的有源区。高反射率的宽带腔镜是构建高质量因子谐振腔器件的必要条件。底部反射镜通常采用分布式布拉格反射镜(Distributed Bragg Reflector,DBR)或金属镜。DBR是由折射率周期性变化的多层交替介质材料构成,它们的反射率和带宽取决于组成材料的折射率对比度和每层厚度,通常有氮化物DBR或者介质膜DBR两种。氮化物DBR的组成材料之间具有较小的折射率差异,因此通常需要堆叠相当多的DBR对才能获得足够高的反射率,这就导致外延生长的困难;而介质膜DBR具有较差的电学和热学特性,会极大影响器件电学性能,限制器件最大输出功率。而金属镜虽然具有更好的电学和热学特性,但本身难以达到很高的反射率,还具有更高的吸收。

[0003] 与以上类型反射镜相比,高对比度光栅(High Contrast Grating,HCG)反射镜具有膜层少、衍射效率高、带宽大、偏振好、制作容差大等优点,同时所需的材料来源广、工艺简单,用量小于DBR所使用材料的10%。它是一种具有亚波长尺寸的光栅,通常是在低折射率材料(氧化物或空气)上生长高折射率材料,并把高折射率材料层刻蚀形成光栅,改变光栅参数即可获得从可见光到红外波段的高反射率。但目前将HCG结构用于底部反射镜的文献记载罕有报道,因此,本发明提出的技术创造性地将HCG用作底部反射镜,克服了其他腔镜局限性,同时提供了额外性能优势。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明的目的在于提出一种光学性能好、制备可靠简单的氮化镓基谐振腔发光二极管及其制备方法。

[0005] 为了实现上述的技术目的,本发明所采用的技术方案为:

[0006] 一种氮化镓基谐振腔发光二极管,其包括依序层叠设置的支撑基板、高对比度光栅、有源区、N型层,所述N型层远离有源区的端面上还设置有第一反射镜和N电极;

[0007] 其中,所述高对比度光栅由P型层和透明导电层组成,所述P型层的一端面与有源区贴合,P型层的另一端面上经刻蚀形成非平整的光栅结构,所述透明导电层设置在P型层的光栅结构间隙和表面,即P型层与有源区贴合的部分作为正常的P型层结构,而P型层的另一端面与透明导电层之间形成了HCG结构。

[0008] 作为一种可能的实施方式,进一步,所述P型层为图形化刻蚀形成的光栅结构,且

所述高对比度光栅用于充当第二反射镜以提供光学限制；

[0009] 其中，P型层的折射率大于透明导电层。

[0010] 作为一种较优的实施选择，优选的，所述P型层图形化刻蚀形成的光栅结构的横截面为条状、网状或柱状。

[0011] 作为一种可能的实施方式，进一步，所述透明导电层与P型层之间的接触为欧姆接触。

[0012] 作为一种可能的实施方式，进一步，所述支撑基板为硬质材料成型。

[0013] 作为一种较优的实施选择，优选的，所述第一反射镜为介质膜DBR或金属镜或HCG结构，所述第一反射镜的反射率小于高对比度光栅的反射率。

[0014] 作为一种较优的实施选择，优选的，所述支撑基板为金属或陶瓷材料成型，所述N电极为Cr、Au、Ni、Au、Ti或Au材料成型。

[0015] 基于上述的结构方案，本发明还提供一种氮化镓基谐振腔发光二极管的制备方法，其包括如下步骤：

[0016] S1，在原始衬底上生长pin结构的半导体外延层；

[0017] S2，在半导体外延层外表面刻蚀p-GaN形成HCG结构，制得坯体A；

[0018] S3，在坯体A上表面沉积透明导电层，制得坯体B；

[0019] S4，在坯体B上表面制备支撑基板，制得坯体C；

[0020] S5，将坯体C倒置，然后去除原始衬底，使半导体外延层远离支撑基板的端面外露；

[0021] S6，在半导体外延层远离支撑基板的端面上制备N电极；

[0022] S7，在半导体外延层远离支撑基板的端面上制备第一反射镜，完成器件制作。

[0023] 作为一种较优的实施选择，优选的，步骤S1为采用MOCVD或者MBE方式生长pin结构的半导体外延层；

[0024] 所述半导体外延层包括依序层叠在原始衬底上的N型层、有源区和P型层；

[0025] 所述支撑基板为金属或陶瓷材料成型，其通过电镀、沉积或者金属键合的方式进行制备获得。

[0026] 基于上述的结构方案，本发明还提供一种垂直腔面发射激光器，其包括上述所述的氮化镓基谐振腔发光二极管。

[0027] 采用上述的技术方案，本发明与现有技术相比，其具有的有益效果为：本方案直接使用部分P型层及透明导电层作为高对比度光栅结构以替代传统的底部反射镜结构，免去了传统方案中需要额外生长其他介质膜作为HCG的低折射率介质和高折射率介质的步骤及结构，同时，本方案实现了减小了器件串联电阻，降低吸收损耗的效果，同时还提高了输出光质量。

[0028] 另外，本方案通过部分P型层与透明导电层形成高对比度光栅结构作为底反射镜的形式与传统的反射镜方案相比，本方案采用HCG结构比金属镜具有更高的反射率，比DBR反射镜具有更优异的热性能。将HCG用作底部反射镜，不仅保持了其低损耗、高反射率、偏振控制、以及较强的相位匹配和聚焦能力的优点，并且简化了结构和工艺。更进一步的，本HCG结构同样适用于垂直腔面发射激光器，其特性有利于进一步降低器件激射阈值。

[0029] 另外，本方案通过引入高对比度光栅结构，实现了对谐振腔发光器件的偏振控制；不仅如此，本方案方法可以实现高效氮化镓基谐振腔发光二极管的制备，其结构制备工艺

简单,所有制备工艺与标准半导体制备工艺兼容,满足大规模光电集成的需要,有着广泛的应用前景。

附图说明

[0030] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

- [0031] 图1为本发明具体实施例的氮化镓基谐振腔发光二极管的结构示意图;
- [0032] 图2为本发明的高对比度光栅用于充当第二反射镜的俯视结构示意图之一;
- [0033] 图3为本发明的高对比度光栅用于充当第二反射镜的俯视结构示意图之二;
- [0034] 图4为本发明的高对比度光栅用于充当第二反射镜的俯视结构示意图之三;
- [0035] 图5为本发明具体实施例的制备方法流程图;
- [0036] 图6为外延生长后的样品结构示意图;
- [0037] 图7为在半导体外延层外表面图形化刻蚀P型层以形成HCG结构的结构示意图;
- [0038] 图8为在样品表面沉积透明导电层的结构示意图;
- [0039] 图9为制备金属支撑基板之后的样品结构示意图;
- [0040] 图10将样品倒置并去除原始衬底之后的样品结构示意图;
- [0041] 图11为制备N型电极后的样品结构示意图;
- [0042] 图12为制备第一反射镜之后的样品结构示意图。

具体实施方式

[0043] 下面结合附图和实施例,对本发明作进一步的详细描述。特别指出的是,以下实施例仅用于说明本发明,但不对本发明的范围进行限定。同样的,以下实施例仅为本发明的部分实施例而非全部实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例,都属于本发明保护的范围。

[0044] 如图1所示,本实施例一种氮化镓基谐振腔发光二极管,其包括依序层叠设置的支撑基板6、高对比度光栅45、有源区3、N型层2,所述N型层2远离有源区的端面上还设置有第一反射镜8和N电极7;

[0045] 其中,所述高对比度光栅45由P型层4和透明导电层5组成,所述P型层4的一端面与有源区3贴合,P型层4的另一端面上经刻蚀形成非平整的光栅结构,所述透明导电层5设置在P型层4的光栅结构间隙和表面,即P型层4与有源区3贴合的部分作为正常的P型层结构,而P型层4的另一端面与透明导电层5之间形成了HCG结构(即,高对比度光栅结构),所述透明导电层5与P型层4之间的接触为欧姆接触。

[0046] 本实施例中,所述P型层4为图形化刻蚀形成的光栅结构,且所述高对比度光栅用45于充当第二反射镜以提供光学限制;

[0047] 其中,P型层4为高对比度光栅45中的高折射率材料,透明导电层5为低折射率材料(即,P型层4的折射率大于透明导电层5),本实施例中,P型层4的另一端面经过图形化刻蚀以形成光栅结构,而具体光栅结构可以采用条状(如图2所示)、网状(如图3所示)、柱状(如

图4所示)等结构,且光栅可以是周期性的或非周期性的,其刻蚀图形宽度在100-500nm之间,周期在200-1000nm之间,刻蚀深度在1-200nm之间,在本方案中,光栅可以是但不限于亚波长光栅。

[0048] 而需要说明的是,本方案中所述P型层4的另一端面图形化刻蚀的形状优选为条状(如图2所示)或网状(如图3所示)或柱状(如图4所示)。但并不限于此,在一些实施例中,P型层4也可以被刻蚀成其它的几何形状。

[0049] 作为一种选材方案,本实施例中,透明导电层5可以为氧化铟锡(ITO)、氧化锌等透明导电材料中的一种,但其折射率需小于P型层4的折射率,并且相差越大越好。

[0050] 本具体实施例中,N电极7的材料可以为Cr、Au、Ni、Au、Ti、Au或者其它电导率良好的金属电极材料或不同金属材料叠层构成。

[0051] 本具体实施例中,第一反射镜8为介质膜DBR,第一反射镜8的反射率小于高对比度光栅45(HCG)的反射率,以提高出光功率。

[0052] 在其他实施例中,第一反射镜8也可以采用HCG结构,高折射率材料可以为 TiO_2 、 Ti_3O_5 、 Ta_2O_5 、 ZrO_2 、 HfO_2 等材料中的一种,低折射率材料可以为 SiO_2 、 Al_2O_3 、MgO或空气等材料中的一种。

[0053] 作为一种可能的实施方式,进一步,所述支撑基板6为硬质材料成型,具体地,所述支撑基板6为金属或陶瓷材料或其它种类的硬质材料成型,其通过电镀、沉积或者金属键合的方式进行制备获得。

[0054] 在其它实施例中,第一反射镜8也可为金属反射镜。

[0055] 由于本实施例中的P型层4、有源区3和N型层2均可以采用现有的P型层、有源区和N型层结构,此已是非常成熟的现有技术,因此便不再赘述。

[0056] 基于上述的结构方案,参考结合图5所示,本实施例还提供一种氮化镓基谐振腔发光二极管的制备方法,其包括如下步骤:

[0057] S1,在原始衬底1上生长pin结构的半导体外延层,具体的,如图6所示,使用MOCVD或者MBE方法在原始衬底1上生长pin结构半导体外延层,其中,在原始衬底1上依次生长N型层2、有源区3、以及P型层4,形成半导体外延片,原始衬底1的材料一般使用GaN、蓝宝石、Si、SiC等衬底;

[0058] S2,在半导体外延层外表面刻蚀p-GaN形成HCG结构,制得坯体A,具体的,如图7所示,可以使用纳米压印以及干法刻蚀等工艺在P型层上表面制备光栅结构;

[0059] S3,在坯体A上表面沉积透明导电层5,制得坯体B,具体的,如图8所示,可以使用磁控溅射的方式在P型层光栅间隙以及表面沉积氧化铟锡(ITO)层形成透明导电层5,也可使用氧化锌等其他透明导电材料;

[0060] S4,在坯体B上表面制备支撑基板6,制得坯体C,具体的,如图9所示,可以使用电镀或者金属键合的方法在透明导电层5的上表面制备金属支撑基板6,其厚度可以为几十至几百微米,金属支撑基板6的材料可以为铜、铝或者其他导热导电性良好的金属材料;

[0061] S5,将坯体C倒置,然后去除原始衬底1,使半导体外延层远离支撑基板的端面外露,具体的,如图10所示,可以将步骤S4形成的坯体C倒置并使用激光剥离、抛光或者刻蚀的方法去除外延生长时原始衬底1,去除原始衬底1后,金属支撑基板6起到对半导体外延层的支撑作用;

[0062] S6,在半导体外延层远离支撑基板6的端面上制备N电极,具体的,如图11所示,可以使用溅射或者蒸镀等方式在N型层2上表面制备N电极7,其材料可以为Cr、Ni、Pt、Ti、Au或者其它电导率良好的金属电极材料或不同金属材料叠层构成;

[0063] S7,在半导体外延层远离支撑基板6的端面上制备第一反射镜8,完成器件制作,具体的,如图12所示,可以使用沉积、蒸镀等方式制备第一反射镜8,可采用金属反射镜、介质膜DBR或者HCG结构。本具体实施列中采用介质膜DBR,反射率小于底部反射镜。

[0064] 本方案直接采用部分P型层及透明导电层作为高对比度光栅结构以替代传统的底部反射镜,避免了额外生长其他介质膜作为HCG的低折射率介质和高折射率介质,有效的降低了器件工艺难度,简化了工艺流程。同时,与其他反射镜相比,HCG结构比金属镜具有更高的反射率,比DBR反射镜具有更优异的热性能,有效减少了器件的串联电阻和自产热,改善了器件的热稳定性。另外,高对比度光栅结对偏振方向垂直于光栅的光具有高的反射率,而对于偏振方向平行于光栅的光反射率较低,因而在器件中只有偏振方向垂直于光栅的光才能获得足够高的增益。这种偏振控制方法是目前最有效的偏振控制方法。将HCG用作底部反射镜,不仅保持了其低损耗、高反射率、偏振控制以及较强的相位匹配和聚焦能力的优点,并且简化了结构和工艺。更进一步的,本HCG结构同样适用于垂直腔面发射激光器,其特性有利于进一步降低器件激射阈值。

[0065] 本发明使用纳米压印、刻蚀、电镀、沉积等工艺制备,可实现氮化镓基高效谐振腔发光二极管的制备,所有制备工艺与标准半导体制备工艺兼容,满足大规模光电器件制备与集成的需要,有着广泛的应用前景。

[0066] 以上描述仅为本申请的较佳实施例以及对所运用技术原理的说明。本领域技术人员应当理解,本申请中所涉及的发明范围,并不限于上述技术特征的特定组合而成的技术方案,同时也应涵盖在不脱离发明构思的情况下,由上述技术特征或其等同特征进行任意组合而形成的其它技术方案。例如上述特征与本申请中公开的(但不限于)具有类似功能的技术特征进行互相替换而形成的技术方案。

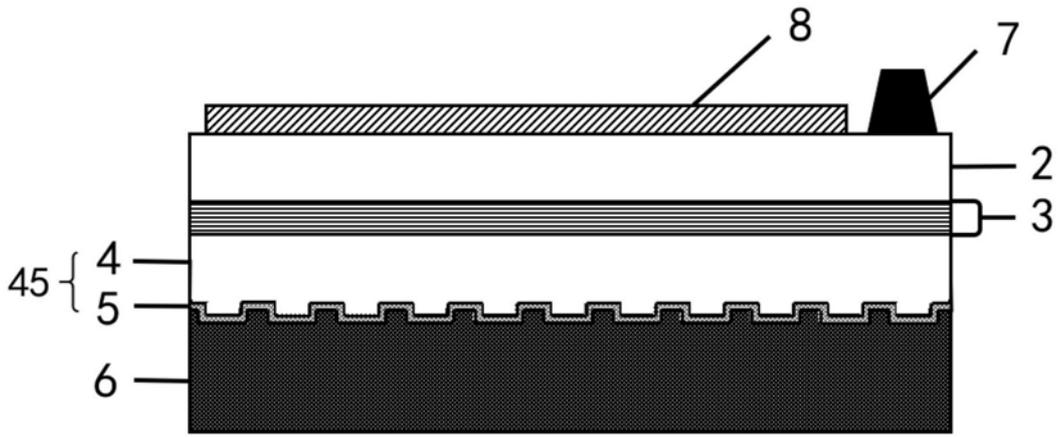


图1

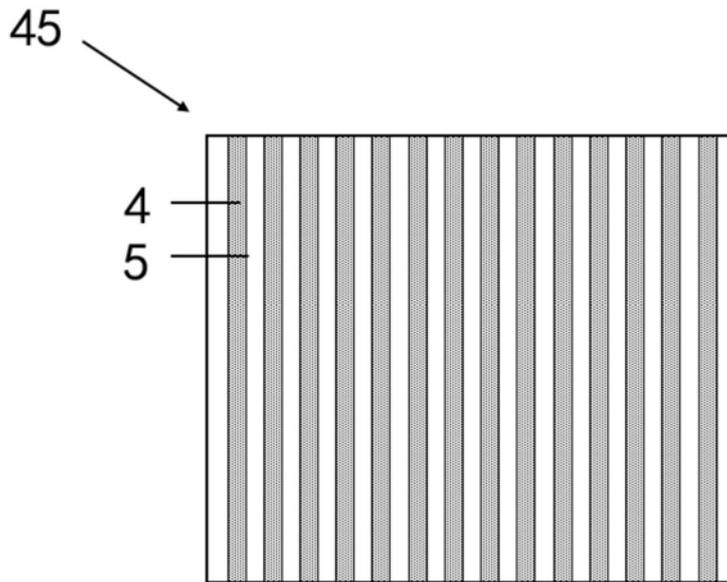


图2

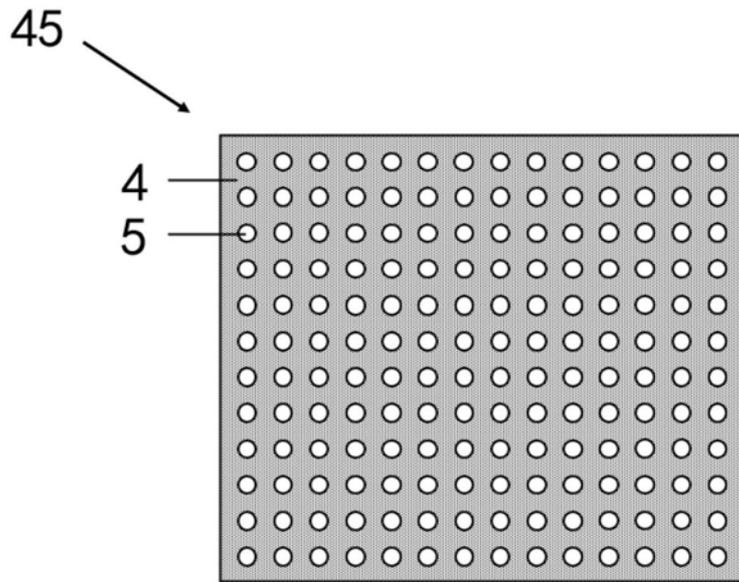


图3

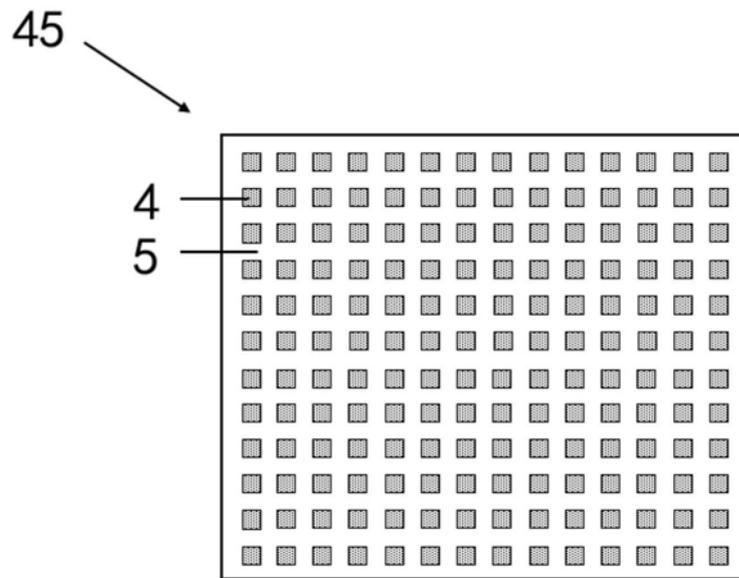


图4

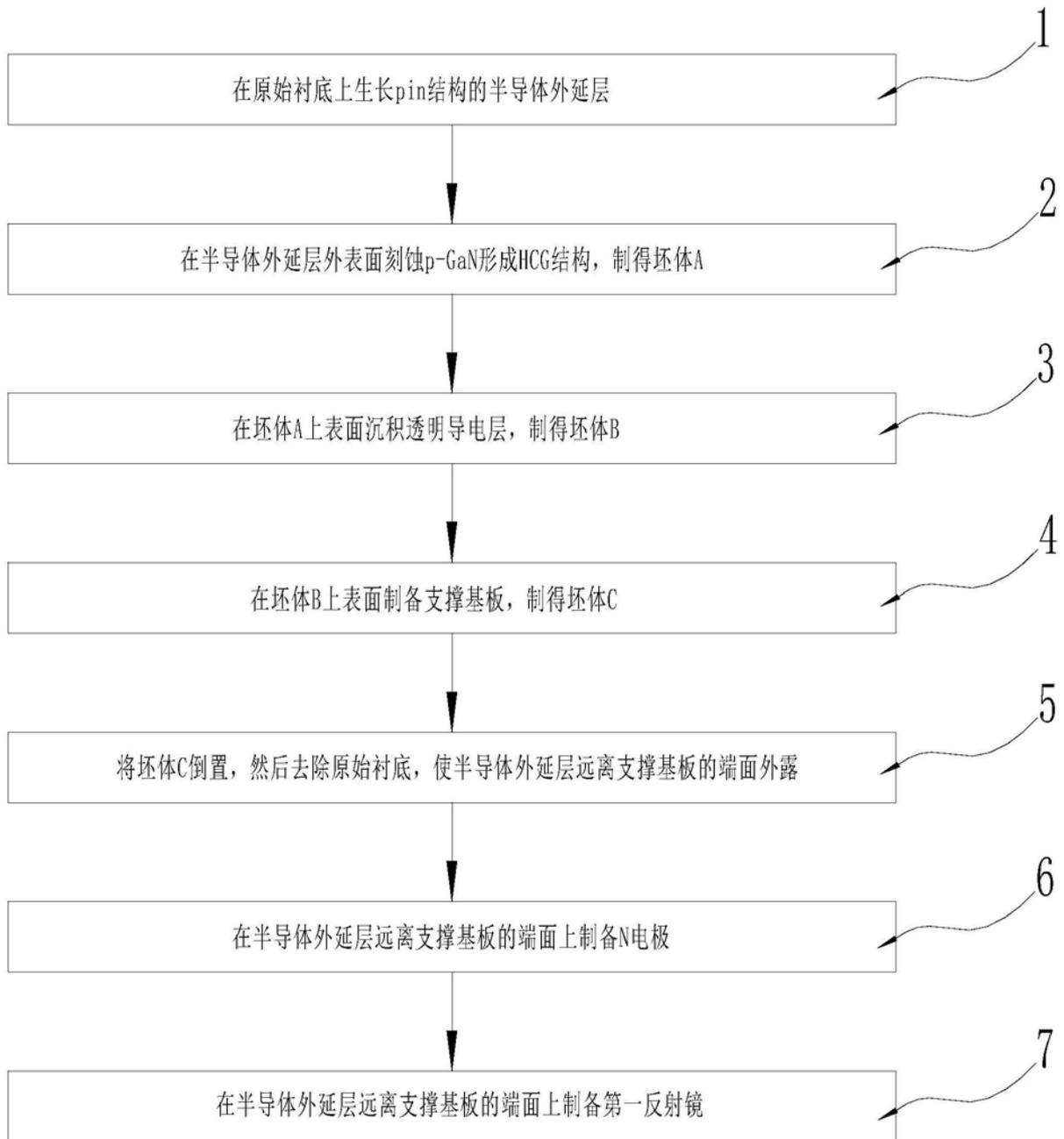


图5

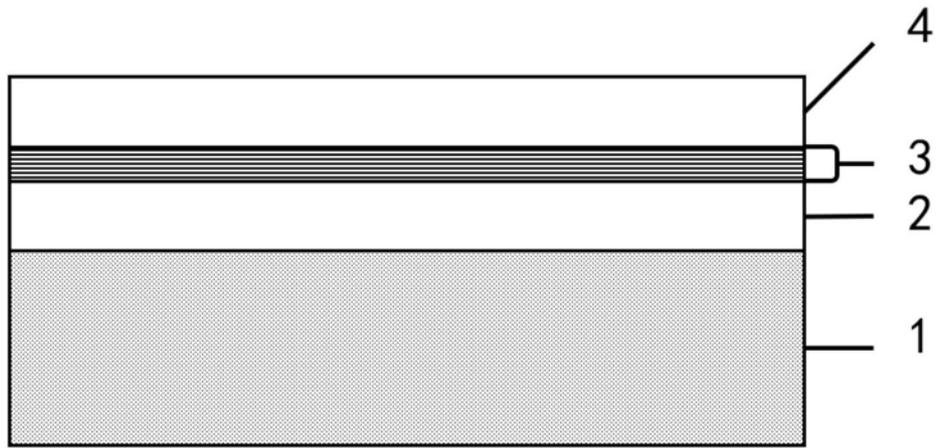


图6

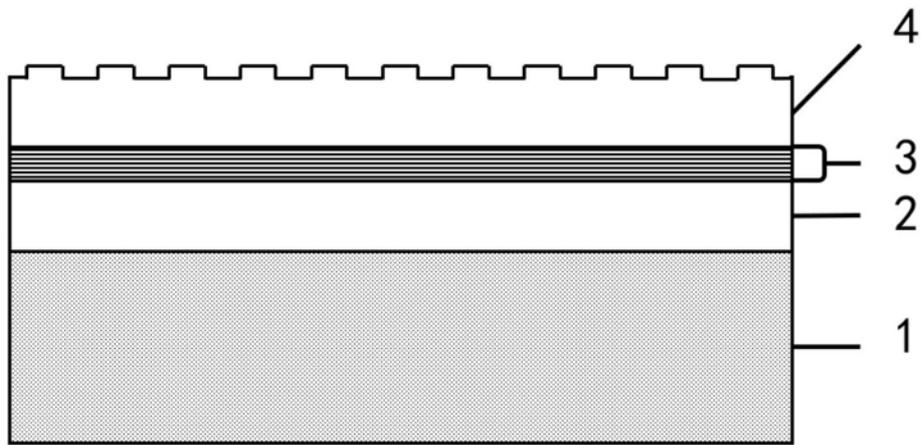


图7

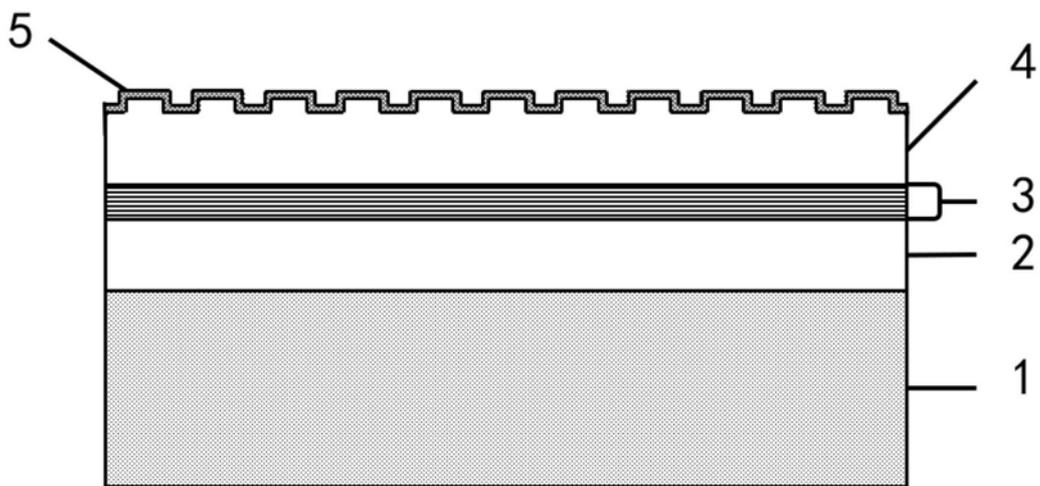


图8

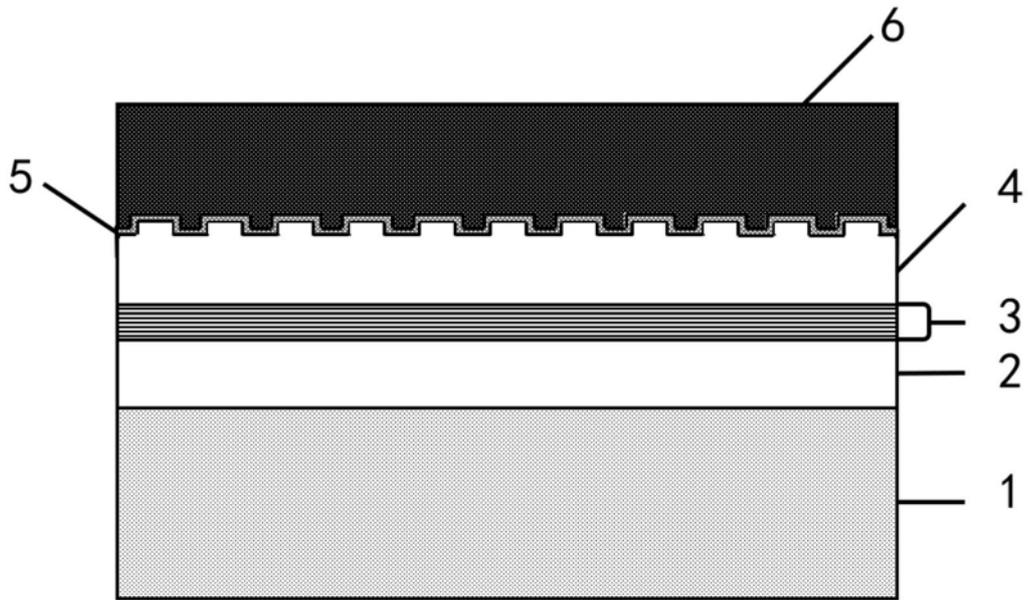


图9

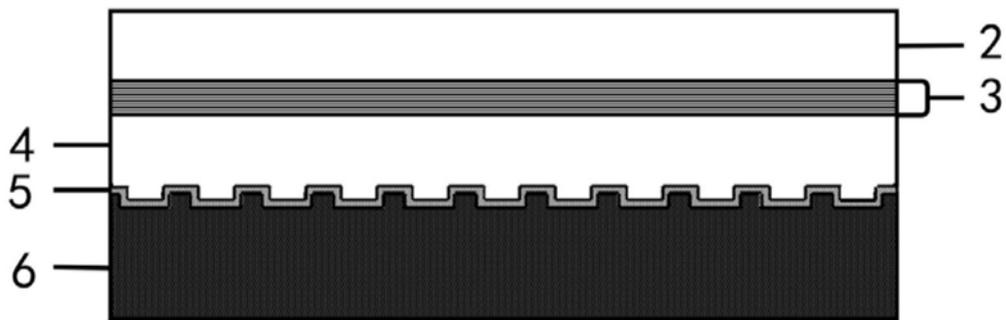


图10

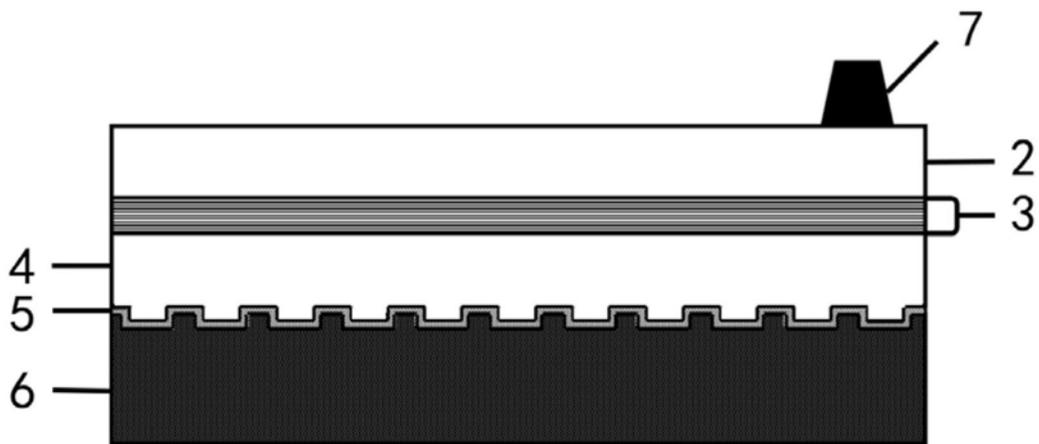


图11

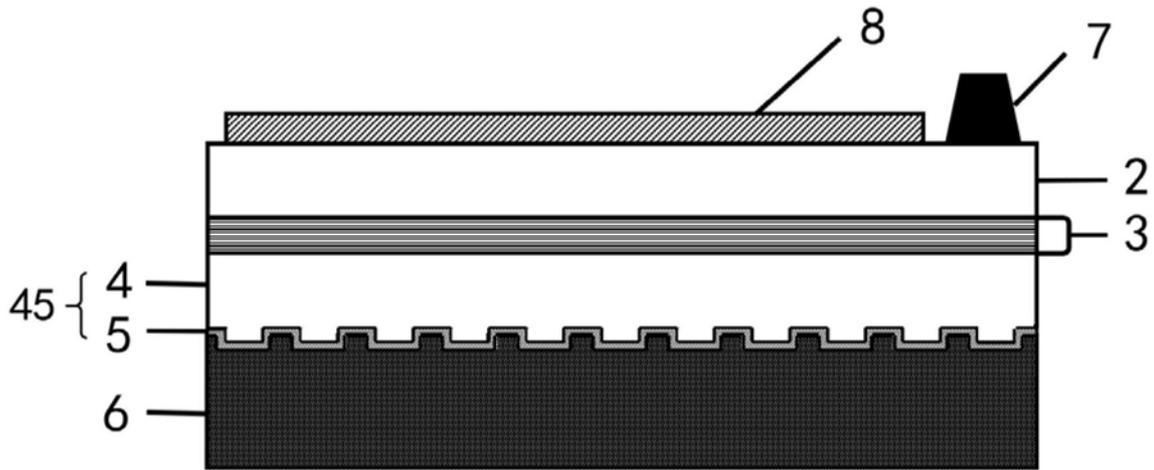


图12