



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103682021 B

(45)授权公告日 2016.12.07

(21)申请号 201210349636.8

(22)申请日 2012.09.18

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 103682021 A

(43)申请公布日 2014.03.26

(73)专利权人 广东量晶光电科技有限公司  
地址 528251 广东省佛山市南海区平洲永安北路1号金谷光电社区

(72)发明人 周圣军 王书方

(74)专利代理机构 北京瑞恒信达知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11382  
代理人 苗青盛 王凤华

(51)Int.Cl.  
H01L 33/38(2010.01)

(56)对比文件

CN 101447546 A,2009.06.03,  
CN 102130220 A,2011.07.20,  
CN 1655371 A,2005.08.17,  
CN 101197415 A,2008.06.11,  
US 2011309354 A1,2011.12.22,

审查员 张慧明

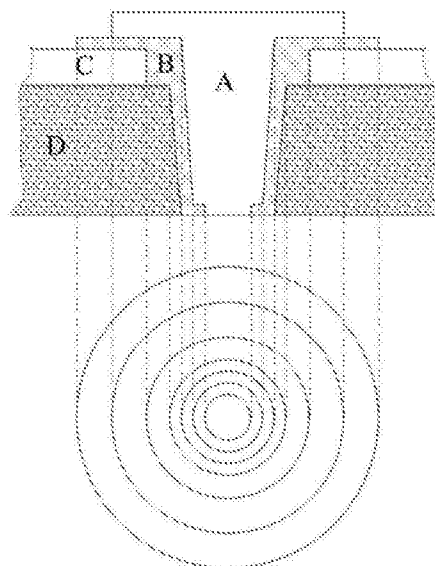
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

金属电极具有阵列型微结构的发光二极管及其制造方法

(57)摘要

本申请提供了一种金属电极具有阵列型微结构的发光二极管,包括外延片衬底和制备在外延片衬底上的多层结构,所述多层结构由下至上依次为缓冲层、第一型半导体层、多量子阱活性层、电子阻挡层、第二型半导体层和透明电流扩展层,第一型金属电极和第二型金属电极制备在透明电流扩展层之上,且第一型金属电极和透明电流扩展层与第二型半导体层之间由绝缘层隔开。本申请还提供了相应的发光二极管制作方法。本发明能够明显改善发光二极管芯片在制造过程中有源区面积大幅减小的情况,可以有效的提高发光二极管的光功率。



1. 一种金属电极具有阵列型微结构的发光二极管,包括外延片衬底和制备在外延片衬底上的多层结构,所述多层结构由下至上依次为缓冲层、第一型半导体层、多量子阱活性层、电子阻挡层、第二型半导体层和透明电流扩展层,第一型金属电极和第二型金属电极制备在透明电流扩展层之上,金属电极保护焊盘和导线两部分,且两部分自然连接,第一型金属电极和透明电流扩展层与第二型半导体层之间由绝缘层隔开,第二型金属电极的焊盘和透明电流扩展层之间由电流阻挡层隔开,所述第一型金属电极通过多个填充金属的微孔与所述第一型半导体层实现电连接,所述微孔中的金属与微孔所穿过的发光二极管各层之间具有侧壁绝缘层,所述发光二极管的最上层沉积有钝化保护层。

2. 根据权利要求1所述的发光二极管,其特征在于,所述微孔具有坡度,形成倒梯形结构。

3. 根据权利要求2所述的发光二极管,其特征在于,所述微孔的坡度的倾斜角为 $30^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 。

4. 根据权利要求1所述的发光二极管,其特征在于,所述第一型金属电极在所述微孔处具有电性连接微结构,电性连接微结构的整体尺寸在 $20\mu\text{m} \sim 50\mu\text{m}$ 之间。

5. 根据权利要求4所述的发光二极管,其特征在于,所述电性连接微结构以一定间距分布在所述第一型金属电极的导线上。

6. 根据权利要求5所述的发光二极管,其特征在于,所述电性连接微结构的间距与所述电性连接微结构的整体尺寸的比值在 $1 \sim 4$ 之间。

7. 根据权利要求6所述的发光二极管,其特征在于,所述微孔中的侧壁绝缘层的内孔尺寸至少小于所述微孔尺寸 $5\mu\text{m}$ 。

8. 根据权利要求1至7中任一项所述的发光二极管,其特征在于,所述微孔是圆形或者正多边形,或者带有波浪的圆形或正多边形,或者带有锯齿的圆形或正多边形。

9. 根据权利要求1至7中任一项所述的发光二极管,其特征在于,所述透明电流扩展层采用 $\text{ITO}$ 、 $\text{RuO}_x$ 、 $\text{IrO}_x$ 或者第三主族元素掺杂的 $\text{ZnO}$ 制作。

10. 根据权利要求1至7中任一项所述的发光二极管,其特征在于,所述透明电流扩展层的厚度为 $t = \frac{m\lambda}{2n}$ ,其中 $\lambda$ 为入射光波长, $n$ 为所述透明电流扩展层材料的折射率, $m$ 为整数。

11. 根据权利要求1至7中任一项所述的发光二极管,其特征在于,所述电流阻挡层材料是 $\text{SiO}_2$ 薄膜、 $\text{SiN}_x$ 薄膜或者 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 介质膜。

12. 根据权利要求1至7中任一项所述的发光二极管,其特征在于,所述钝化保护层的介质材料是 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 或者 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 。

13. 根据权利要求1至7中任一项所述的发光二极管,其特征在于,所述侧壁绝缘层的介质材料是 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、旋涂玻璃、聚酰亚胺或者苯环丁烯。

14. 根据权利要求1至7中任一项所述的发光二极管,其特征在于,所述发光二极管发光层表面粗化。

15. 一种金属电极具有阵列型微结构的发光二极管的制备方法,包括下列步骤:

1) 在外延片衬底上依次制备缓冲层、第一型半导体层、多量子阱活性层、电子阻挡层和第二型半导体层;

2) 在外延片表面刻蚀出多个微孔以暴露出第一型半导体层;

3)在外延片表面沉积绝缘材料,使所述多个微孔内附着绝缘材料形成侧壁绝缘层;并在第二型金属电极焊盘的正下方位置制备电流阻挡层;

4)制备透明电流扩展层;

5)制作第一金属电极和第二型金属电极,并在所述多个微孔中充满金属,使所述第一型金属电极通过所述多个微孔中的金属与所述第一型半导体层实现电连接;

6)制作钝化保护层,并使金属焊盘裸露在外以备电性连接。

16.根据权利要求15所述的发光二极管的制备方法,其特征在于,所述步骤2)中,采用 $30^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 的倾斜角刻蚀出微孔,使微孔呈倒梯形结构。

17.根据权利要求15所述的发光二极管的制备方法,其特征在于,所述步骤4)中,采用lift-off或湿法腐蚀工艺制备所述侧壁绝缘层。

18.根据权利要求15所述的发光二极管的制备方法,其特征在于,所述步骤6)中,采用等离子增强化学气相沉积法、溅射法、原子层沉积法沉积绝缘材料。

## 金属电极具有阵列型微结构的发光二极管及其制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及LED技术领域,具体地说,本发明涉及一种具有阵列型微结构的发光二极管及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 发光二极管(Light Emitting Diodes,LEDs)由于具有电光转换效率高、节能、环保、寿命长、体积小等优点,使得基于LED的半导体照明被认为是二十一世纪最有可能进入普通照明领域的一种新型固体冷光源和最具发展前景的高新技术领域之一。

[0003] 半导体照明广泛应用的关键是要提高其电光转换效率。其中,提高氮化物LED芯片的内量子效率和出光效率是提高LED的整体电光转换效率的有效途径之一。LED芯片的内量子效率主要取决于外延材料的质量和外延结构,而出光效率主要与芯片结构有关。因此,需要从材料、外延结构、芯片表面、侧面以及背面形态等方面去提高LED芯片的内量子效率与出光效率。

[0004] 对于在蓝宝石衬底上外延生长的水平结构功率型发光二极管芯片,其p-n电极位于同一侧,由于电流的流动会遵守最短路线的路径,因此在大电流操作条件下容易导致电流堵塞。进一步会形成热积效应,降低功率型发光二极管芯片的内量子效率,导致有源区发光不均匀。因此需要对功率型发光二极管芯片的电极图形进行优化设计,使注入电流在发光二极管芯片有源区均匀分布,避免电流堵塞现象。

[0005] 在水平结构功率型发光二极管芯片制造过程中,第一型欧姆接触电极的形成需要通过微加工工艺对发光二极管外延层进行刻蚀,暴露出第一型掺杂的GaN层。

[0006] 图1示出了现有技术中一种典型的GaN基功率型发光二极管的结构,图1中下方的是GaN基功率型发光二极管表面的俯视图,上方的是GaN基功率型发光二极管沿A-A面的剖面示意图,该GaN基功率型发光二极管的结构由下至上依次为外延层衬底100、低温缓冲层101、第一型半导体层102、多量子阱活性层103、电子阻挡层104、第二型半导体层105、透明电流扩展层106。

[0007] 第二型欧姆接触电极制作在透明电流扩展层106之上,具体地,根据预先设计的电极结构在电流阻挡层107之上制作透明电流扩展层106,然后再在透明电流扩展层106上制作第二型金属导线108,从而形成第二型欧姆接触电极。而对于第一型欧姆接触电极,在其制作过程中,则需要通过微加工工艺对发光二极管外延层进行刻蚀,暴露出第一型半导体层102的部分区域,然后根据预先设计的电极结构在第一型半导体层102暴露出的区域制作第一型金属导线109,从而形成第一型欧姆接触电极。

[0008] 容易看出,现有技术中在制作第一型欧姆接触电极时,由于需要通过微加工工艺刻蚀来暴露出第一型半导体层102的部分区域,因此不可避免地会造成发光二极管芯片有源区面积的大幅减小,导致发光二极管芯片有源区面积的利用率下降,进而致使功率型发光二极管芯片的光功率的下降。

[0009] 综上所述,当前迫切需要一种能够避免发光二极管芯片有源区面积大幅减小且能

够提高光功率的发光二极管及其制造方法。

### 发明内容

[0010] 为克服现有的缺陷,本发明提出一种能够避免发光二极管芯片有源区面积大幅减小且能够提高光功率的发光二极管及其制造方法。

[0011] 根据本发明的一个方面,提出了一种金属电极具有阵列型微结构的发光二极管,包括外延片衬底和制备在外延片衬底上的多层结构,所述多层结构由下至上依次为缓冲层、第一型半导体层、多量子阱活性层、电子阻挡层、第二型半导体层和透明电流扩展层,第一型金属电极和第二型金属电极制备在透明电流扩展层之上,且第一型金属电极和透明电流扩展层与第二型半导体层之间由绝缘层隔开,第二型金属电极的焊盘正下方和透明电流扩展层之间由电流阻挡层隔开,所述第一型金属电极通过多个填充金属的微孔与所述第一型半导体层实现电连接,所述微孔中的金属与微孔所穿过的发光二极管各层之间具有侧壁绝缘层,所述发光二极管的最上层沉积有钝化保护层。

[0012] 其中,所述微孔具有一定的坡度,形成倒梯形结构。

[0013] 其中,所述微孔的坡度的倾斜角为 $30^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 。

[0014] 其中,所述微孔处具有电性连接微结构,电性连接微结构的整体尺寸在 $20\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ 之间。

[0015] 其中,所述电性连接微结构以一定间距分布在所述第一型电极的导线上。

[0016] 其中,所述电性连接微结构的间距与所述电性连接微结构的整体尺寸的比值在1~4之间。

[0017] 其中,所述微孔中的侧壁绝缘层的内孔尺寸至少小于所述微孔尺寸 $5\mu\text{m}$ 。

[0018] 其中,所述微孔是圆形或者正多边形,或者带有波浪的圆形或正多边形,或者带有锯齿的圆形或正多边形。

[0019] 其中,所述透明电流扩展层可以采用氧化铟锡(Indium Tin Oxides简写ITO)、 $\text{RuO}_x$ 、 $\text{IrO}_x$ 、Ga/Al等第三主族元素掺杂的 $\text{ZnO}$ 等材料制作。

[0020] 其中,所述透明电流扩展层的厚度为 $t = \frac{m\lambda}{2n}$ ,其中 $\lambda$ 为入射光波长, $n$ 为所述透明电流扩展层材料的折射率, $m$ 为整数。

[0021] 其中,所述电流阻挡层材料是 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiN}_x$ 薄膜,或者是 $\text{A}_2\text{O}_3$ 薄膜。

[0022] 其中,所述钝化保护层材料是 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiN}_x$ 薄膜,或者是 $\text{A}_2\text{O}_3$ 薄膜。

[0023] 其中,所述侧壁绝缘层的介质材料是 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、旋涂玻璃、聚酰亚胺或者苯环丁烯。

[0024] 其中,所述发光二极管发光层表面粗化。

[0025] 根据本发明的另一方面,提出了一种金属电极具有阵列型微结构的发光二极管的制备方法,包括下列步骤:

[0026] 1)在外延片衬底上依次制备缓冲层、第一型半导体层、多量子阱活性层、电子阻挡层、第二型半导体层;

[0027] 2)在外延片表面刻蚀出多个微孔以暴露出第一型半导体层;

[0028] 3)在外延片表面沉积绝缘材料,使所述多个微孔内附着绝缘材料形成侧壁绝缘

层;并在第二型导线正下方位置制备电流阻挡层;

[0029] 4)制备透明电流扩展层;

[0030] 5)制作第一型金属电极和第二型金属电极,并在所述多个微孔中充满金属,使所述第一型金属电极通过所述多个微孔中的金属与所述第一型半导体层实现电连接;

[0031] 6)制作钝化保护层,并使金属焊盘裸露在外以备电性连接。其中,所述步骤2)中,采用 $30^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 的倾斜角刻蚀出微孔,使微孔呈倒梯形结构。

[0032] 其中,所述步骤3)中,可以采用lift-off或湿法腐蚀工艺制备所述侧壁绝缘层。

[0033] 其中,所述步骤6)中,采用等离子增强化学气相沉积法(PECVD)、溅射法(sputter)、原子层沉积法(ALD)沉积绝缘材料。

[0034] 与现有技术相比,本发明具有下列技术效果:

[0035] 1、本发明能够有效的改善发光二极管芯片有源区面积大幅减小的问题。

[0036] 2、本发明能够提高发光二极管的光功率。

[0037] 3、本发明工艺条件简单、制作成本低、制程容易控制。

## 附图说明

[0038] 图1示出了现有技术中一种典型的GaN基功率型发光二极管的结构,其中下方的是GaN基功率型发光二极管表面的俯视图,上方的是GaN基功率型发光二极管沿A-A面的剖面示意图;

[0039] 图2(a)示出了本发明一个实施例中的GaN基功率型发光二极管的结构,其中下方的是发光二极管表面的俯视图;上方的是该发光二极管沿A-A面的剖面示意图;其第一导线为非连续性电性连接,其微结构是圆形;

[0040] 图2(b)是图2(a)所示的GaN基功率型发光二极管的第一型电极导线的微结构局部放大图;

[0041] 图3(a)是本发明另一个实施例中的GaN基功率型发光二极管的表面的俯视图;

[0042] 图3(b)是图3(a)所示的GaN基功率型发光二极管的第一型导线的微结构局部放大图;

[0043] 图4(a)是本发明又一个实施例中的GaN基功率型发光二极管的表面的俯视图;

[0044] 图4(b)是图4(a)所示的GaN基功率型发光二极管的第一型导线的微结构局部放大图;

[0045] 图5是本发明一个实施例中的电性连接微结构的剖面图;图中A表示第二型金属节点,B代表侧壁绝缘层;C代表透明电流扩展层;D是微孔所穿过的外延片各层;

[0046] 图6(a)是本发明可采用的另一种电极图案的示意图(图中未示出电性连接微结构);

[0047] 图6(b)是本发明可采用的又一种电极图案的示意图(图中未示出电性连接微结构)。

## 具体实施方式

[0048] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细描述。

[0049] 实施例一

[0050] 根据本发明的一个实施例,提供了一种金属电极具有阵列型微结构的发光二极管,该方法包括下列步骤:

[0051] (1)首先采用金属化学气相沉积(MOCVD)的方法在蓝宝石衬底上依次沉积缓冲层、第一型半导体层n-GaN、量子阱、InGaN电子阻挡层、第二型半导体层p-GaN外延层,形成完整的发光二极管PN结结构;

[0052] (2)采用合金炉对生长完毕的外延片进行退火处理,激发p-GaN的Mg掺杂受主;

[0053] (3)采用化学试剂清洗的方法处理外延片表面后进行台阶刻蚀,暴露出第一型半导体层n-GaN,此工序即为MESA刻蚀工艺;不同于现有技术,本步骤并非对外延片表面的整片区域进行刻蚀,而是在外延片表面刻蚀出一系列的微孔,从所刻蚀的微孔中暴露出第一型半导体层n-GaN,这些微孔组成微孔阵列,用于在第一型半导体层n-GaN与第一型金属导线之间形成非连续性电性连接;在MESA刻蚀时,所刻蚀出的微孔具有一定的坡度,形成倒梯形结构,其倾斜角 $30^{\circ}$ - $70^{\circ}$ ,这样利于绝缘层附着以及增加侧壁出光面积,从而在微孔内形成侧壁绝缘层;

[0054] (4)采用等离子增强化学气相沉积(PECVD)的方法在晶圆表面沉积一层 $\text{SiO}_2$ ,通过光刻版的设计,使得此绝缘层一部分作为第二型金属导线与第二型半导体层之间的电流阻挡层(绝缘层),另一部分形成微孔中的侧壁绝缘层,用于将微孔中的第一型金属导线与微孔所穿过的外延片各层隔开;

[0055] (5)使用薄膜蒸发设备在外延片表面蒸镀一层ITO透明导电薄膜,其厚度根据入射光波长和ITO折射率而变化,可通过如下公式确定:

$$[0056] \quad t = \frac{m\lambda}{2n}$$

[0057] 式中, $\lambda$ 是入射光波长, $n$ 是ITO薄膜的折射率, $m$ 是整数, $t$ 是ITO薄膜的厚度。

[0058] (6)ITO薄膜光刻,制备与MESA形状一致、尺寸小 $5\mu\text{m}$ 的电流扩展层;

[0059] (7)在 $450^{\circ}\text{C}$ 高温和 $\text{N}_2$ 氛围下对ITO进行退火,退火时间为30分钟。

[0060] (8)金属电极制备,利用负性光刻胶在晶圆表面制备金属电极图案,并在电子束蒸发设备上完成电极蒸镀;其中,在蒸镀第一型电极时,除了在绝缘层上表面制作出所需图案外,还需在微孔中填充金属,使得第一型半导体层n-GaN通过微孔中的金属与制作在绝缘层上表面的金属电极实现电性连接;

[0061] (9)在 $400^{\circ}\text{C}$ 高温和 $\text{N}_2$ 氛围下对金属电极进行合金化,退火时间为30分钟;

[0062] (10)使用PECVD设备沉积钝化保护层并通过光刻、腐蚀工艺除去金属焊盘(PAD)表面的钝化层。

[0063] 图2示出了采用上述方法所制备的金属电极具有阵列型微结构的发光二极管。如图2所示,该发光二极管由下至上依次包括:外延层衬底100、低温缓冲层101、第一型半导体层102、多量子阱活性层103、电子阻挡层104、第二型半导体层105、透明电流扩展层106和电流阻挡层107。其中透明电流扩展层106之上具有第二型金属导线108,第二型金属焊盘与透明电流扩展层106之间用电流阻挡层107隔开,绝缘层110制备在透明电流扩展层106上,第一型金属导线109制作在绝缘层110上,这样第一型金属导线109与透明电流扩展层106之间被绝缘层110隔开。第一型金属导线109和第二型金属导线108所构成图形的俯视图如图2(a)所示。第一型半导体层102通过一系列微孔中的金属(可称为金属电性连接节点,下文中

不在赘述)与位于外延片表面的第一型金属导线109实现电性连接。另外,本实施例的发光二极管还具有与第一型金属导线109、第二型金属导线108相对应的第一型金属焊盘、第二型金属焊盘,发光二极管的最上层还沉积有钝化保护层,这些均未在图2中示出。本实施例中,第一型半导体层n-GaN与第一型金属导线之间通过微孔中的微结构实现非连续性电性连接,该微结构如图2(b)所示,该微结构的形状是圆形。其中c1为:绝缘层孔径最小处的直径(可参考图5理解),c2为:金属导线的电性连接节点直径,c3为:MESA刻蚀的开孔直径,c4为:透明电流扩展层开孔直径,c5为:绝缘层外侧圆的直径。本实施例的微结构的大小和间距可以根据情况灵活选择。微结构的整体尺寸在20um-50um之间,微结构的间距与微结构尺寸的比值在1-4之间。另外,绝缘层孔径最小处得尺寸既可以大于也可以小于金属电性连接节点尺寸。绝缘层内孔一般小于MESA刻蚀尺寸5um以上。

[0064] 实施例二

[0065] 根据本发明的一个实施例,提供了另一种金属电极具有阵列型微结构的发光二极管,该方法包括下列步骤:

[0066] (1)首先采用金属化学气相沉积(MOCVD)的方法在蓝宝石衬底上依次沉积缓冲层、n-GaN、量子阱、p-InGaN电子阻挡层、p-GaN外延层,形成完整的发光二极管PN结结构;

[0067] (2)采用合金炉对生长完毕的外延片进行退火处理,激发p-GaN的Mg掺杂受主;

[0068] (3)采用化学试剂清洗的方法处理外延片表面后进行台阶刻蚀,暴露出n-GaN;不同于现有技术,本步骤并非对外延片表面的整片区域进行刻蚀,而是在外延片表面刻蚀出一系列的微孔,从所刻蚀的微孔中暴露出第一型半导体层n-GaN,这些微孔组成微孔阵列,用于在第一型半导体层n-GaN与第一型金属导线之间形成非连续性电性连接;在MESA刻蚀时,所刻蚀出的微孔具有一定的坡度,形成倒梯形结构,其倾斜角 $30^{\circ}$ - $70^{\circ}$ ,这样利于绝缘层附着,从而在微孔内形成侧壁绝缘层;

[0069] (4)采用lift-off工艺制备电流阻挡层(在成品中,该电流阻挡层位于第二型金属焊盘正下方,用于将第二型金属焊盘与透明电流扩展层隔开)和将第一型金属导线微结构与微孔所穿过的外延片各层隔开的侧壁绝缘层;其步骤如下:

[0070] 首先,使用正性光刻胶在晶圆表面制备出所需绝缘层图案;

[0071] 其次,用旋涂的方法在具有光刻胶图案的晶圆表面旋涂旋涂玻璃(SOG)进行绝缘层的成膜;

[0072] 再次,在 $120^{\circ}\text{C}$ 的热板上烘烤晶圆10min,使旋涂玻璃绝缘层初步固化;然后,将晶圆浸泡在正性光刻胶清洗溶液中,超声振荡20min,去除旋涂玻璃下面的光刻胶;

[0073] 最后,将清洗干净的晶圆在 $500^{\circ}\text{C}$ 高温炉管中固化30min;

[0074] (5)使用薄膜蒸发设备在外延片表面蒸镀一层ITO透明导电薄膜,其厚度根据入射光波长和ITO折射率而变化,可通过如下公式确定:

[0075] 
$$t = \frac{m\lambda}{2n}$$

[0076] 式中, $\lambda$ 是入射光波长,n是ITO薄膜的折射率,m是整数,t是ITO薄膜的厚度。

[0077] (6)ITO薄膜光刻,制备与MESA形状一致、尺寸小5-10um的电流扩展层;

[0078] (7)在 $450^{\circ}\text{C}$ 高温和 $\text{N}_2$ 氛围下对ITO进行退火,退火时间为30分钟。

[0079] (8)金属电极制备,利用负性光刻胶在晶圆表面制备金属电极图案,并在电子束蒸



发设备上完成电极蒸镀；

[0080] (9)在400℃高温和N<sub>2</sub>氛围下对金属电极进行合金化,退火时间为30分钟；

[0081] (10)使用PECVD设备沉积钝化层并通过光刻、腐蚀工艺除去PAD表面的钝化层。

[0082] 本实施例的发光二极管的整体结构与实施例一一致,不再赘述。本实施例的不同之处在于第一型半导体层n-GaN与第一型金属导线之间实现非连续性电性连接的微孔中的微结构所采用的形状。如图3(b)所示,本实施例的微结构的形状是带波浪凹凸结构的圆形,这种带波浪凹凸结构的圆形具有进一步增加侧壁出光面积的效果。其中c1'为:绝缘层孔径最小处的直径(可参考图5理解),r0为:金属导线的电性连接节点上波浪形半圆的半径,r1为:MESA孔径上波浪形半圆的半径,r2为:透明电流扩展层孔径上波浪形半圆的半径,r3为:绝缘层外侧边缘上波浪形半圆的半径,a1为:金属导线的电性连接节点与MESA孔径间的距离,a2为:透明电流扩展层孔径与MESA孔径间的距离,a3为:透明电流扩展层孔径与绝缘层外侧边缘间的距离。本实施例的微结构的大小和间距可以根据情况灵活选择。微结构的整体尺寸在20um-50um之间,微结构的间距与微结构尺寸的比值在1-4之间。另外,绝缘层孔径最小处得尺寸既可以大于也可以小于金属电性连接节点尺寸。绝缘层内孔一般小于MESA刻蚀尺寸5um以上。

[0083] 实施例三

[0084] 根据本发明的一个实施例,提供了又一种金属电极具有阵列型微结构的发光二极管,该方法包括下列步骤:

[0085] (1)首先采用金属化学气相沉积(MOCVD)的方法在蓝宝石衬底上依次沉积缓冲层、n-GaN、量子阱、P-InGaN电子阻挡层、P-GaN外延层,形成完整的发光二极管PN结结构;

[0086] (2)采用合金炉对生长完毕的外延片进行退火处理,激发p-GaN的Mg掺杂受主;

[0087] (3)采用化学试剂清洗的方法处理外延片表面后进行台阶刻蚀,暴露出n-GaN;不同于现有技术,本步骤并非对外延片表面的整片区域进行刻蚀,而是在外延片表面刻蚀出一系列的微孔,从所刻蚀的微孔中暴露出第一型半导体层n-GaN,这些微孔组成微孔阵列,用于在第一型半导体层n-GaN与第一型金属导线之间形成非连续性电性连接;在MESA刻蚀时,所刻蚀出的微孔具有一定的坡度,形成倒梯形结构,其倾斜角30°-70°,这样利于绝缘层附着,从而在微孔内形成侧壁绝缘层;

[0088] (4)采用PECVD沉积的方法的晶圆表面沉积一层SiO<sub>2</sub>,通过光刻和湿法腐蚀的方法制备电流阻挡层,在最终的成品中,该电流阻挡层位于第二型金属焊盘正下方,用于将第二型金属焊盘与透明电流扩展层隔开;

[0089] (5)采用lift-off工艺制备将第一型金属导线微结构与微孔所穿过的外延片各层隔开的侧壁绝缘层;其步骤如下:

[0090] 首先,使用正性光刻胶在晶圆表面制备出所需绝缘层图案;

[0091] 其次,用旋涂的方法在具有光刻胶图案的晶圆表面旋涂旋涂玻璃(SOG)进行绝缘层的成膜;

[0092] 再次,在120℃的热板上烘烤晶圆10min,使旋涂玻璃绝缘层初步固化;

[0093] 然后,将晶圆浸泡在正性光刻胶清洗溶液中,超声振荡20min,去除旋涂玻璃下面的光刻胶;

[0094] 最后,将清洗干净的晶圆在500℃高温炉管中固化30min;

[0095] (6)使用薄膜蒸发设备在外延片表面蒸镀一层ITO透明导电薄膜,其厚度根据入射光波长和ITO折射率而变化,可通过如下公式确定:

$$[0096] \quad t = \frac{m\lambda}{2n}$$

[0097] 式中, $\lambda$ 是入射光波长, $n$ 是ITO薄膜的折射率, $m$ 是整数, $t$ 是ITO薄膜的厚度。

[0098] (7)ITO薄膜光刻,制备与MESA形状一致、尺寸小5um的电流扩展层;

[0099] (8)在450℃高温和N<sub>2</sub>氛围下对ITO进行退火,退火时间为30分钟。

[0100] (9)金属电极制备,利用负性光刻胶在晶圆表面制备金属电极图案,并在电子束蒸发设备上完成电极蒸镀;

[0101] (10)在400℃高温和N<sub>2</sub>氛围下对金属电极进行合金化,退火时间为30分钟;

[0102] (11)使用PECVD设备沉积钝化层并通过光刻、腐蚀工艺除去PAD表面的钝化层。

[0103] 本实施例的发光二极管的整体结构与实施例一一致,不再赘述。本实施例的不同之处在于第一型半导体层n-GaN与第一型金属导线之间实现非连续性电性连接的微孔中的微结构所采用的形状。如图4(b)所示,本实施例的微结构的形状是正六边形,这种形状具有减少光的全反射机率的效果。

[0104] 图中c1为:绝缘层孔径最小处的边长(可参考图5理解),b1为:金属导线的电性连接节点边长,b2为:MESA孔的边长,b3为:透明电流扩展层孔的边长,b4为:绝缘层外侧轮廓的边长。本实施例的微结构的大小和间距可以根据情况灵活选择。微结构的整体尺寸在20um-50um之间,微结构的间距与微结构尺寸的比值在1-4之间。另外,绝缘层孔径最小处得尺寸既可以大于也可以小于金属电性连接节点尺寸。绝缘层内孔一般小于MESA刻蚀尺寸5um。

[0105] 上述实施例中,微结构以外的第一导线并不与第一型半导体层接触,而是通过绝缘层附着在第二半导体表面,这样就将传统第一型金属电极所在刻蚀区域制备成非连续性电互连结构,从而减少刻蚀面积,提高发光二极管有源区的面积利用率,提升芯片的出光效率。

[0106] 另外,本发明在利用金属微结构实现非连续性电互连的同时,还可以在发光二极管芯片发光层表面制作微结构以使发光层表面粗化,从而进一步提高芯片出光效率。

[0107] 需要说明的时,本发明的电极图案并不限于图1、图2所示的图案,例如图6(a)、(b)所示的2种图案也可以被本发明所采用。当然,图6中未示出电性连接微结构,本发明在使用时需要在图6(a)、(b)图案的基础上增加电性连接微结构,这是本领域技术人员易于理解的。

[0108] 最后应说明的是,以上实施例仅用以描述本发明的技术方案而不是对本技术方法进行限制,本发明在应用上可以延伸为其他的修改、变化、应用和实施例,并且因此认为所有这样的修改、变化、应用、实施例都在本发明的精神和教导范围内。

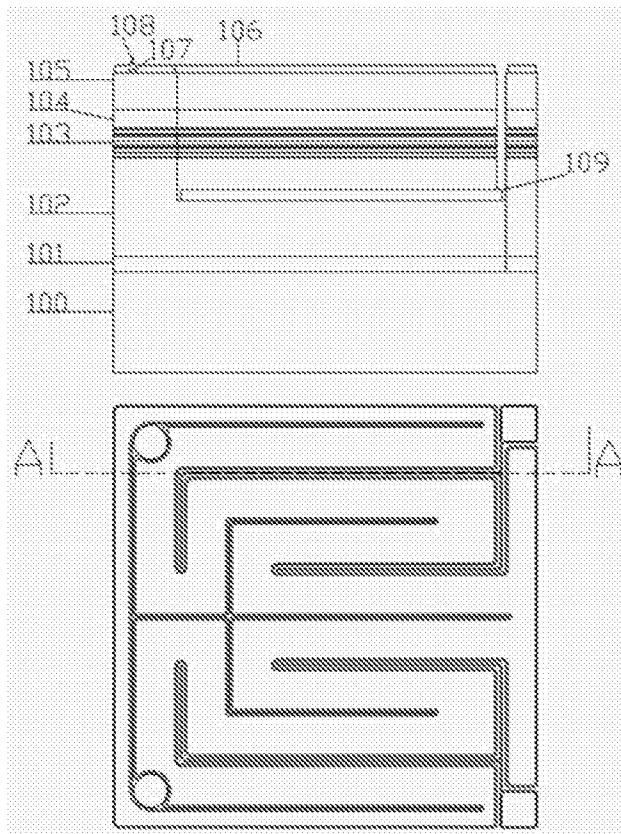


图1

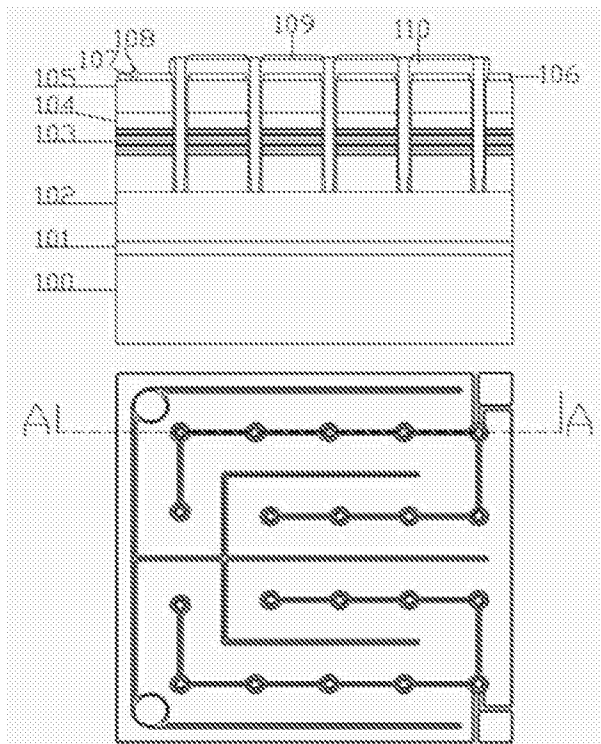


图2(a)

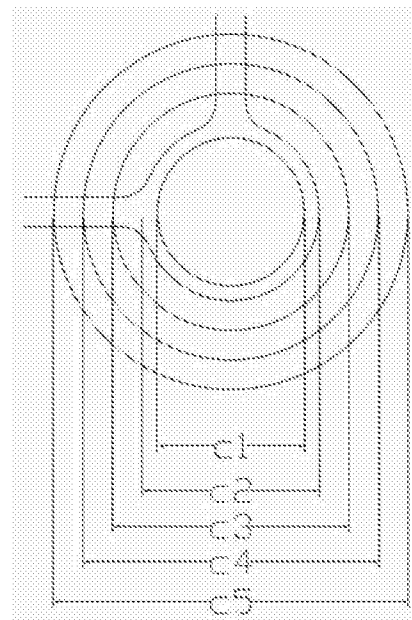


图2(b)

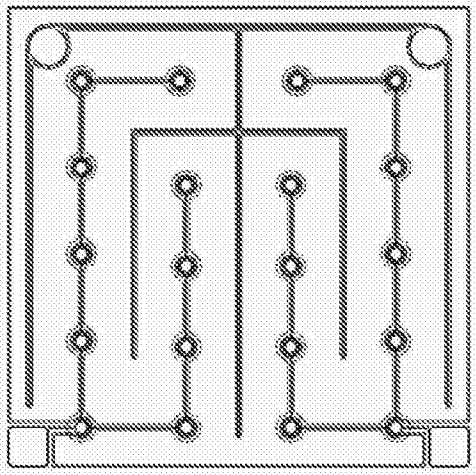


图3(a)

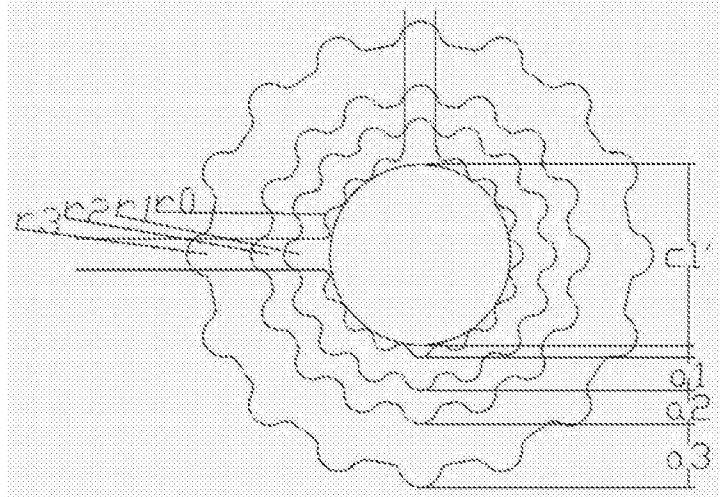


图3(b)

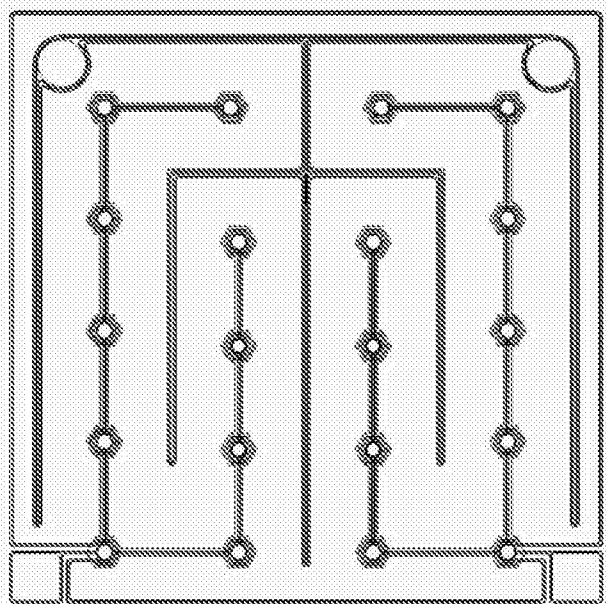


图4(a)

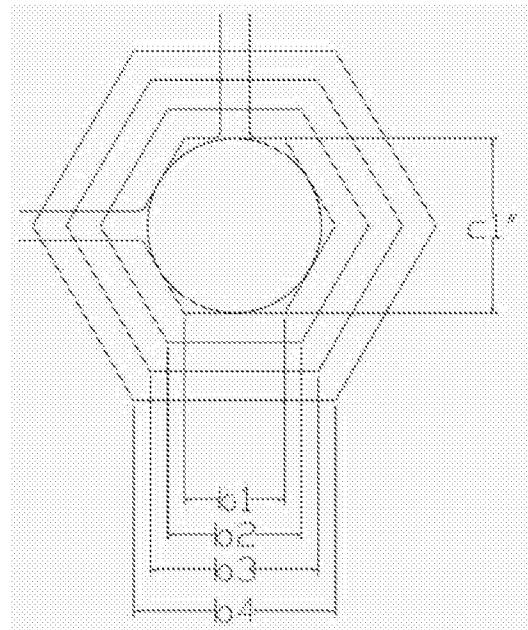


图4(b)

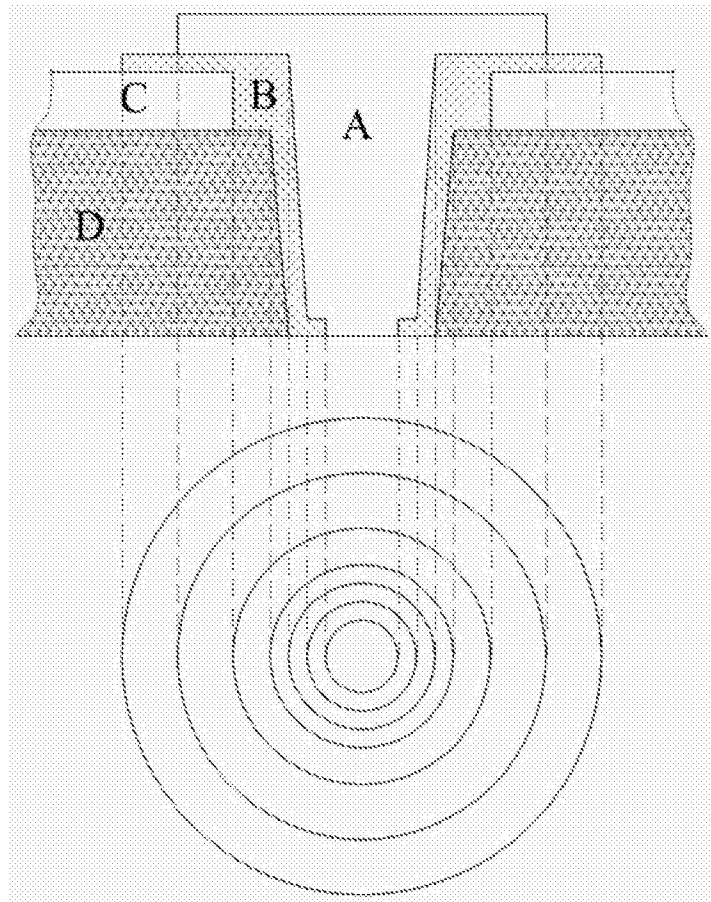


图5

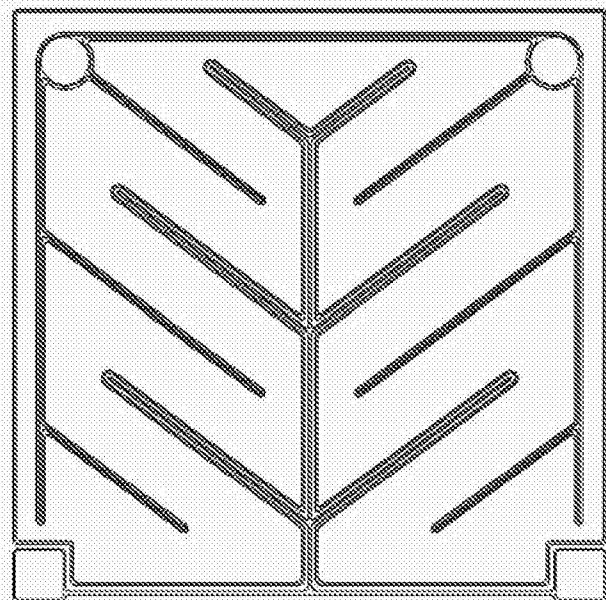


图6(a)

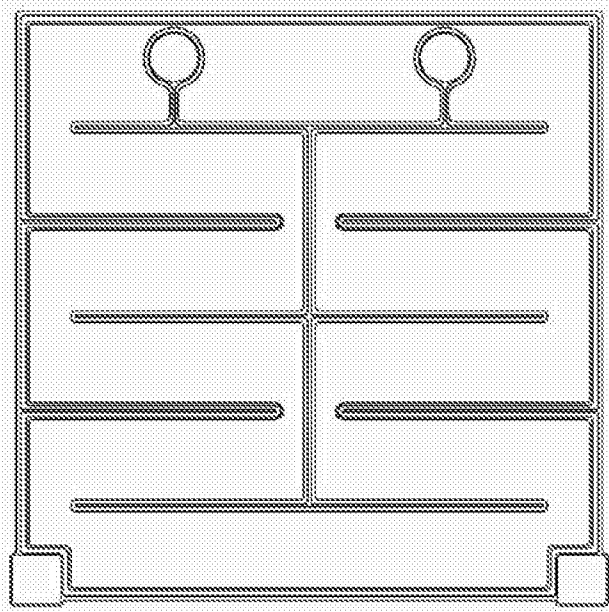


图6(b)