

# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102130248 A

(43) 申请公布日 2011. 07. 20

(21) 申请号 201010503845. 4

(22) 申请日 2010. 10. 08

(71) 申请人 映瑞光电科技(上海)有限公司  
地址 201203 上海市浦东新区牛顿路 200 号  
5 号楼 101 室

(72) 发明人 张汝京 肖德元

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227  
代理人 骆苏华

(51) Int. Cl.

H01L 33/12(2010. 01)

H01L 33/22(2010. 01)

H01L 33/48(2010. 01)

H01L 33/00(2010. 01)

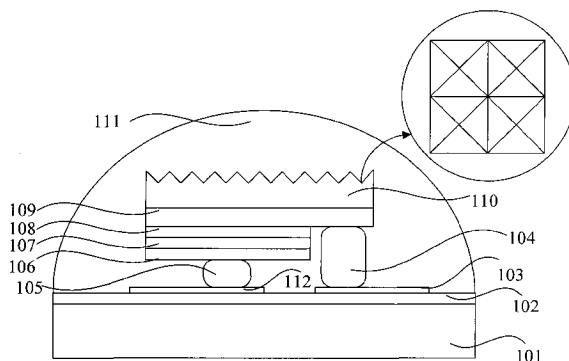
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 5 页

## (54) 发明名称

发光装置及其制造方法

## (57) 摘要

本发明提供了一种发光装置及其制造方法, 所述发光装置包括基座、倒装于所述基座上的发光二极管, 所述发光二极管包括: 连接于基座的发光二极管管芯以及位于发光二极管上的缓冲层; 所述缓冲层相对于发光二极管的另一侧表面上设置有多具有金字塔互补结构的凹陷, 作为发光二极管的出光面; 所述缓冲层的材质为碳化硅。本发明所述发光装置具有较大的出光面面积, 且在基板上设置有反射层, 提高了出光效率, 并采用倒装方式进行装配, 制造方法较为简单。



1. 一种发光装置,包括基座、倒装于所述基座上的发光二极管,其特征在于,所述发光二极管包括:连接于基座的发光二极管管芯以及位于发光二极管上的缓冲层;所述缓冲层相对于发光二极管的另一侧表面上设置有多个具有金字塔互补结构的凹陷,作为发光二极管的出光面;所述缓冲层的材质为碳化硅。

2. 如权利要求1所述的发光装置,其特征在于,所述发光二极管管芯自缓冲层面向基座依次包括N型半导体层、有源层、P型半导体层。

3. 如权利要求2所述的发光装置,其特征在于,所述发光二极管还包括位于发光二极管管芯P型半导体层上的接触层。

4. 如权利要求3所述的发光装置,其特征在于,所述接触层与发光二极管管芯相连的表面为反光面,该反光面将发光二极管管芯发出的光反射至所述发光二极管的出光面。

5. 如权利要求1所述的发光装置,其特征在于,所述发光装置还包括位于基座上的反射膜,所述反射膜用于将发光二极管管芯发出的光反射至所述发光二极管的出光面。

6. 如权利要求5所述的发光装置,其特征在于,所述反射膜的材质为氧化钡。

7. 如权利要求3或5所述的发光装置,其特征在于,所述发光装置还包括设置于基板上的第一引脚和第二引脚,所述第一引脚用于连接发光二极管和电源正极,所述第二引脚用于连接发光二极管和电源负极。

8. 如权利要求7所述的发光装置,其特征在于,所述发光二极管还包括连接于所述接触层与第一引脚的第一电极;连接于N型半导体层和第二引脚的第二电极。

9. 如权利要求1或5所述的发光装置,其特征在于,还包括覆盖于基座、发光二极管上的帽层。

10. 如权利要求9所述的发光装置,其特征在于,所述帽层在发光二极管的出光方向上设置有透镜结构。

11. 如权利要求2所述的发光装置,其特征在于,所述有源层的材质为氮化镓;所述N型半导体层为N型掺杂的氮化镓;所述P型半导体层为P型掺杂的氮化镓。

12. 一种发光装置的制造方法,其特征在于,包括:提供衬底,在衬底上形成多个金字塔结构;在具有金字塔结构的衬底上形成发光二极管,所述发光二极管包括依次形成于衬底上的缓冲层以及发光二极管管芯;去除衬底;提供基座,将所述发光二极管倒装于基座上;其中所述缓冲层的材质为碳化硅。

13. 如权利要求12所述的发光装置的制造方法,其特征在于,所述在缓冲层上形成发光二极管管芯包括:在所述缓冲层上依次沉积N型半导体层、有源层、P型半导体层、接触层;再依次刻蚀所述接触层、P型半导体层、有源层,形成底部露出N型半导体层顶部的开口;在所述接触层上形成第一电极;在所述开口底部露出的N型半导体层上形成第二电极。

14. 如权利要求12所述的发光装置的制造方法,其特征在于,所述提供衬底,在衬底上形成多个金字塔结构的步骤包括:提供衬底;在所述衬底上沉积介质层,并图形化所述介质层,形成格子状硬掩膜;以所述硬掩膜为掩膜蚀刻所述衬底,形成金字塔结构;去除所述硬掩膜。

15. 如权利要求14所述的发光装置的制造方法,其特征在于,所述衬底为(100)晶面的P型掺杂的硅衬底,所述以硬掩膜为掩膜蚀刻所述衬底,形成金字塔结构的步骤包括采用四甲基氢氧化氨溶液对所述衬底进行湿法腐蚀,形成以(111)晶面为侧面、(100)晶面为底面

的金字塔结构。

16. 如权利要求 15 所述的发光装置的制造方法,其特征在于,采用四甲基氢氧化氨溶液对所述衬底进行湿法腐蚀的步骤中,腐蚀的时间为 20 分钟,腐蚀的温度为 60 ~ 80℃。

17. 如权利要求 15 所述的发光装置的制造方法,其特征在于,以 (111) 晶面为侧面、(100) 晶面为底面的金字塔结构中侧面与底面的夹角为 54.74°。

18. 如权利要求 15 所述的发光装置的制造方法,其特征在于,所述硅衬底上金字塔结构的密度为  $4 \times 10^4 \sim 1 \times 10^8$  个 / 平方毫米。

19. 如权利要求 15 所述的发光装置的制造方法,其特征在于,通过氢氧化钾溶液去除硅衬底。

20. 如权利要求 12 所述的发光装置,其特征在于,所述有源层的材质为氮化镓;所述 N 型半导体层为 N 型掺杂的氮化镓;所述 P 型半导体层为 P 型掺杂的氮化镓。

21. 如权利要求 13 所述的发光装置的制造方法,其特征在于,所述形成于接触层上的第一电极以及形成于所述开口底部 N 型半导体层上的第二电极的上表面平齐。

22. 如权利要求 21 所述的发光装置的制造方法,其特征在于,所述将发光二极管倒装于基座上包括:在所述基座上设置分别与电源正极以及电源负极连接的第一引脚以及第二引脚,将所述第一电极固定于第一引脚,第二电极固定于第二引脚上。

23. 如权利要求 12 所述的发光装置的制造方法,其特征在于,所述基座上倒装发光二极管的表面形成有反射膜。

24. 如权利要求 23 所述的发光装置的制造方法,其特征在于,所述反射膜的材质为氧化钡。

## 发光装置及其制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及半导体技术领域,更具体地,本发明涉及发光装置及其制造方法。

### 背景技术

[0002] 发光二极管(LED)是响应电流而被激发从而产生各种颜色的光的半导体器件。其中,以氮化镓(GaN)为代表的 III-V 族化合物半导体由于具有带隙宽、发光效率高、电子饱和和漂移速度高、化学性质稳定等特点,在高亮度蓝光发光二极管、蓝光激光器等光电子器件领域有着巨大的应用潜力,引起了人们的广泛关注。

[0003] 然而,目前半导体发光二极管存在着发光效率低的问题。对于未经封装的发光二极管,其出光效率一般只有百分之几。大量的能量聚集在器件内部不能出射,既造成能量浪费,又影响器件的使用寿命。因此,提高半导体发光二极管的出光效率至关重要。

[0004] 基于上述的应用需求,许多种提高发光二极管出光效率的方法被应用到器件结构中,例如表面粗糙化法,金属反射镜结构等。公开号为 CN1858918A 的中国专利申请公开了一种发光二极管,所述的发光二极管下表面形成全角度反射镜结构,可以提高发光二极管出光效率。然而,该方法需要在衬底上形成多层由高折射率层与低折射率层堆叠而成的薄膜结构,制作工艺复杂。

### 发明内容

[0005] 本发明解决的问题是提供一种发光装置,以提高发光效率。

[0006] 本发明提供的发光装置,包括基座、倒装于所述基座上的发光二极管,所述发光二极管包括:连接于基座的发光二极管管芯以及位于发光二极管上的缓冲层;所述缓冲层相对于发光二极管的另一侧表面上设置有多个具有金字塔互补结构的凹陷,作为发光二极管的出光面;所述缓冲层的材质为碳化硅。

[0007] 所述发光二极管管芯自缓冲层面向基座依次包括 N 型半导体层、有源层、P 型半导体层。所述有源层的材质为氮化镓;所述 N 型半导体层为 N 型掺杂的氮化镓;所述 P 型半导体层为 P 型掺杂的氮化镓。

[0008] 所述发光二极管还包括位于发光二极管管芯 P 型半导体层上的接触层。所述接触层与发光二极管管芯相连的表面为反光面,该反光面将发光二极管管芯发出的光反射至所述发光二极管的出光面。

[0009] 所述发光装置还包括位于基座上的反射膜,所述反射膜用于将发光二极管管芯发出的光反射至所述发光二极管的出光面。所述反射膜的材质为氧化钡。

[0010] 所述发光装置还包括设置于基板上的第一引脚和第二引脚,所述第一引脚用于连接发光二极管和电源正极,所述第二引脚用于连接发光二极管和电源负极。

[0011] 所述发光二极管还包括连接于所述接触层与第一引脚的第一电极;连接于 N 型半导体层和第二引脚的第二电极。

[0012] 所述发光装置还包括覆盖于基座、发光二极管上的帽层。所述帽层在发光二极管

的出光方向上设置有透镜结构。

[0013] 为制造上述发光装置,本发明还提供了相应的制造方法,包括:提供衬底,在衬底上形成多个金字塔结构;在具有金字塔结构的衬底上形成发光二极管,所述发光二极管包括依次形成于衬底上的缓冲层以及发光二极管管芯;去除衬底;提供基座,将所述发光二极管倒装于基座上;其中所述缓冲层的材质为碳化硅。

[0014] 所述在缓冲层上形成发光二极管管芯包括:在所述缓冲层上依次沉积N型半导体层、有源层、P型半导体层、接触层;再依次刻蚀所述接触层、P型半导体层、有源层,形成底部露出N型半导体层顶部的开口;在所述接触层上形成第一电极;在所述开口底部露出的N型半导体层上形成第二电极。

[0015] 所述提供衬底,在衬底上形成多个金字塔结构的步骤包括:提供衬底;在所述衬底上沉积介质层,并图形化所述介质层,形成格子状硬掩膜;以所述硬掩膜为掩膜蚀刻所述衬底,形成金字塔结构;去除所述硬掩膜。

[0016] 所述衬底为(100)晶面的P型掺杂的硅衬底,所述以硬掩膜为掩膜蚀刻所述衬底,形成金字塔结构的步骤包括采用四甲基氢氧化氨溶液对所述衬底进行湿法腐蚀,形成以(111)晶面为侧面、(100)晶面为底面的金字塔结构。

[0017] 可选的,采用四甲基氢氧化氨溶液对所述衬底进行湿法腐蚀的步骤中,腐蚀的时间为20分钟,腐蚀的温度为60~80℃。

[0018] 可选的,以(111)晶面为侧面、(100)晶面为底面的金字塔结构中侧面与底面的夹角为54.74°。

[0019] 可选的,所述硅衬底上金字塔结构的密度为 $4 \times 10^4 \sim 1 \times 10^8$ 个/平方毫米。

[0020] 可选的,通过氢氧化钾溶液去除硅衬底。

[0021] 可选的,所述有源层的材质为氮化镓;所述N型半导体层为N型掺杂的氮化镓;所述P型半导体层为P型掺杂的氮化镓。

[0022] 优选的,所述形成于接触层上的第一电极以及形成于所述开口底部N型半导体层上的第二电极的上表面平齐。

[0023] 所述将发光二极管倒装于基座上包括:在所述基座上设置分别与电源正极以及电源负极连接的第一引脚以及第二引脚,将所述第一电极固定于第一引脚,第二电极固定于第二引脚上。

[0024] 可选的,所述基座上倒装发光二极管的表面形成有反射膜。所述反射膜的材质为氧化钡。

[0025] 与现有技术相比,本发明具有以下优点:

[0026] 1. 所述缓冲层在发光二极管的出光面上设置有多个具有金字塔互补结构的凹陷,所述凹陷增大了出光面的面积,从而增大了发光二极管管芯产生的光出射到发光面的几率,从而提高了发光装置的出光效率;

[0027] 2. 发光装置还包括可用于将光反射到发光装置出光方向的接触层、反射膜,可进一步提高发光装置的出光效率;

[0028] 3. 发光装置还包括用于会聚光线的帽层,可提高发光装置的亮度;

[0029] 4. 发光装置的制造方法中,在衬底上形成金字塔结构,填充金字塔结构之间的孔隙以形成金字塔互补结构,之后按照倒装方式装配发光二极管即可,制造方法较为简单。

## 附图说明

- [0030] 图 1 是本发明发光装置一实施例的剖面结构示意图；  
[0031] 图 2 是本发明发光装置制造方法一实施方式的流程示意图；  
[0032] 图 3 是图 2 所示步骤 s1 一实施例的流程示意图；  
[0033] 图 4 至图 10 是本发明发光装置制造方法一实施例形成的发光装置的侧面示意图。

## 具体实施方式

[0034] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂，下面结合附图对本发明的具体实施方式做详细的说明。

[0035] 在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明，但是本发明还可以采用其他不同于在此描述的其它方式来实施，因此本发明不受下面公开的具体实施例的限制。

[0036] 正如背景技术所述，为提高发光二极管的出光效率，现有技术的发光二极管需要在衬底上形成多层由高折射率层与低折射率层堆叠而成的薄膜结构，但所述薄膜结构的制作工艺复杂。

[0037] 针对上述问题，本发明的发明人提供了一种发光装置，所述发光装置包括倒装于基座上的发光二极管，所述发光二极管在出光面上具有多个金字塔结构，所述金字塔结构增大了发光二极管出光面的面积，增大了发光二极管的有源层产生的光出射到发光面的几率，从而增大了发光二极管的外量子效率，即提高了发光二极管的出光效率。

[0038] 参考图 1，示出了本发明发光装置一实施例的剖面结构示意图。如图 1 所示，所述发光装置包括：基座 101，以及位于基座 101 上的反射膜 102、第一引脚 112 和第二引脚 103、倒装于第一引脚 112 和第二引脚 103 上的发光二极管、覆盖于发光二极管和反射膜 102 上的帽层 111，其中，

[0039] 基座 101，用于承载发光二极管，在具体实施例中，所述基座 105 采用铜、铝、硅、氮化铝等材料构成。

[0040] 反射膜 102，用于将发光二极管发出的光反射至发光装置的出光方向上，以提高发光装置的出光效率，增大发光装置的亮度，具体地，所述反射膜的材料为氧化钡。

[0041] 第一引脚 112，用于连接发光二极管和电源（图未示）正极；第二引脚 103，用于连接发光二极管和电源（图未示）负极；具体地，所述第一引脚 112 和第二引脚 103 均采用铜或铝等导电材料制成。

[0042] 发光二极管由上至下依次包括缓冲层 110、N 型半导体层 109、有源层 108、P 型半导体层 107、接触层 106；其中，

[0043] 缓冲层 110 相对于 N 型半导体层 109 的另一侧表面包括多个凹陷，所述凹陷具有金字塔互补结构（如图 1 圆圈中示出的金字塔互补结构的俯视图），具体地，所述金字塔互补结构通过对金字塔结构间所围成的空隙进行填充而获得，所述金字塔互补结构的凹陷可增大发光二极管出光面的面积，进而增大了发光二极管管芯发出的光从出光面出光的几率，从而提高了发光二极管的出光效率。具体地，所述缓冲层 110 的材料为碳化硅。

[0044] 所述 N 型半导体层 109、有源层 108、P 型半导体层 107 构成了发光二极管管芯；在

具体实施例中,所述N型半导体层109为N型掺杂的氮化镓材料,所述有源层108为多量子阱有源层结构,具体地,采用氮化镓材料构成,用于产生波长为470nm的蓝光,所述P型半导体层107为P型掺杂的氮化镓材料;

[0045] 接触层106,用于实现P型半导体层107与电源正极之间的电连接,所述接触层106的面积较大,可以减小接触电阻,较佳地,所述接触层106的下表面为反光面,所述反光面可将发光二极管管芯发出的光反射至出光面,具体地,所述接触层106的材料为金或镍等,所述接触层106的厚度为50至100纳米。

[0046] 所述发光二极管还包括第一电极105,所述第一电极105设置于所述接触层106与第一引脚112之间,用于实现P型半导体层107和第一引脚112间的电连接。

[0047] 所述N型半导体层109包括未被有源层108、P型半导体层107以及接触层106所遮挡的延伸部分,所述发光二极管还包括第二电极104,所述第二电极104一端与上述N型半导体层109的延伸部分连接,另一端与第二引脚103连接,用于实现N型半导体层109和第二引脚103之间的电连接。

[0048] 帽层111,覆盖于发光二极管、反射膜102上,所述帽层111在发光二极管的出光方向上具有透镜结构,所述透镜结构可以会聚发光二极管发出的光,以提高发光装置的亮度,在具体实施例中,所述帽层111采用树脂材料构成,所述帽层111还可以起到保护发光二极管的作用。

[0049] 相应地,本发明还提供一种发光装置的制造方法,参考图2,示出了本发光装置制造方法一实施方式的流程图。所述发光装置的制造方法包括:

[0050] 步骤s1,提供衬底,在衬底上形成多个金字塔结构;

[0051] 步骤s2,在具有金字塔结构的衬底表面依次形成缓冲层、N型半导体层、有源层、P型半导体层、接触层;

[0052] 步骤s3,依次刻蚀所述接触层、P型半导体层以及有源层,形成底部露出部分N型半导体层的开口;在接触层上形成第一电极;在所述开口底部的N型半导体层上形成第二电极;

[0053] 步骤s4,去除衬底。

[0054] 参考图3,示出了图2所示步骤s1一实施例的流程图,包括:

[0055] 步骤s11,提供衬底;

[0056] 步骤s12,在所述衬底上沉积介质层,并图形化所述介质层,形成格子状硬掩膜;

[0057] 步骤s13,以所述硬掩膜为掩膜蚀刻所述衬底,形成金字塔结构;

[0058] 步骤s14,去除所述硬掩膜。

[0059] 对于步骤s11,所述衬底201为(100)晶面的P型掺杂的硅衬底,所述硅衬底的电阻率为1~20欧姆厘米。

[0060] 参考图4,执行步骤s12,所述介质层的材料为二氧化硅,通过干法蚀刻所述二氧化硅介质层的方法,形成位于衬底201上的硬掩膜202。

[0061] 参考图5,执行步骤s13以及步骤s14,通过四甲基氢氧化氨(TMAH)溶液对所述衬底201进行湿法腐蚀,具体地,腐蚀的时间为20分钟,温度为60~80℃,所述硅衬底经过腐蚀后形成多个由(111)晶面作为侧面、(100)面为底面的金字塔结构,具体地,每个格子状的硬掩膜对应一个金字塔尖,所述金字塔结构按照矩阵式排列,底面为正方形,侧面与底面

的夹角为  $54.74^\circ$  ；

[0062] 如果所述金字塔结构的密度较大,则腐蚀所形成金字塔不够高,如果金字塔结构的密度较小,那么金字塔的数量不够多,不利于增大发光二极管出光面的面积,通常硅衬底上金字塔结构的密度为  $4 \times 10^4 \sim 1 \times 10^8$  个/平方毫米,在制作方法中可以通过格子状硬掩膜的格子密度控制金字塔结构的密度,从而形成数量较多、尺寸合适的金字塔结构较佳地,所述金字塔结构中正方形的边长为  $5 \mu\text{m}$ ,金字塔的塔尖到底面的高度为  $3.53 \mu\text{m}$ ；

[0063] 通过氢氟酸溶液去除二氧化硅材质的硬掩膜 202。从而形成具有金字塔结构的衬底 201。

[0064] 参考图 6, 执行步骤 s2, 通过金属有机化合物化学气相淀积 (Metal-organic Chemical Vapor Deposition, MOCVD) 的方法依次形成所述缓冲层 203、N 型半导体层 204、有源层 205、P 型半导体层 206；

[0065] 在具体实施例中,在沉积缓冲层 203 时,先填充衬底 201 上金字塔结构之间的孔隙直至覆盖所述金字塔结构,从而在缓冲层 203 底部形成具有金字塔互补结构的凹陷；

[0066] 本实施例中所述金字塔结构的侧面为 (111) 晶向的硅,所述缓冲层 203 的材料为碳化硅,碳化硅与 (111) 晶向的硅的晶格常数较为匹配；

[0067] 所述缓冲层 203 需完全覆盖金字塔结构,较佳地,缓冲层 203 的厚度为  $10 \sim 100 \mu\text{m}$ 。

[0068] 所述 N 型掺杂的半导体层 204 为 N 型掺杂的氮化镓材料,所述有源层 205 为多量子阱有源层结构,具体地,采用氮化镓材料构成,用于产生波长为  $470\text{nm}$  的蓝光,所述 P 型半导体层 206 为 P 型掺杂的氮化镓材料。

[0069] 参考图 7,在 P 型半导体层 206 上形成接触层 207,具体地,接触层 207 为金或镍等金属材料,通过物理气相沉积 (Physical Vapor Deposition, PVD) 方法或电子束蒸镀方法形成所述接触层 207,所述接触层 207 的厚度为  $50 \sim 100\text{nm}$ 。

[0070] 参考图 8,执行步骤 s3,通过干法蚀刻法依次刻蚀部分接触层 207、P 型半导体层 206、有源层 205,形成底部露出 N 型半导体层 204 顶部的开口,在接触层 207 上形成第一电极 209,在所述开口底部的 N 型半导体层 204 上形成第二电极 208,所述第一电极 209 和第二电极 208 的上表面平齐,具体地,第一电极 209 和第二电极 208 的材料为金、铝或镍。

[0071] 参考图 9,执行步骤 s4,通过氢氧化钾溶液去除硅衬底 201,需要说明的是还可以采用其他溶液去除硅衬底 201,所述溶液需对硅具有较高的选择比,避免溶液去除其他材料,至此完成了发光二极管的制造。

[0072] 所述发光装置的制造方法还包括封装的步骤,如图 10 所示,提供基座 211,在基座 211 上形成反射膜 210,在反射膜 210 上形成连接于电源正极的第一引脚、连接于电源负极的第二引脚。按照倒装方式将发光二极管转配与反射膜 210 上,具体地,将所述发光二极管按照缓冲层 203 朝向出光方向、第一电极 209 固定于第一引脚且第二电极 208 固定于第二引脚的方式装配于反射膜 210 上。

[0073] 所述发光装置的制造方法还包括形成覆盖于发光二极管和反射膜 210 上的帽层 (图未示),较佳地,所述帽层在发光二极管的出光方向上具有透镜结构,所述透镜结构可以会聚发光二极管发出的光,所述帽层的材料为树脂。

[0074] 至此完成了发光装置的制造过程。



[0075] 综上,本发明提供了一种发光装置,包括出射面为金字塔互补结构凹陷的发光二极管,所述金字塔互补结构的凹陷增大了出射面面积,从而提高了发光装置的出光效率;

[0076] 所述发光装置中,还包括可用于将光反射到出光方向的接触层、反射膜,可进一步提高发光装置的出光效率;

[0077] 所述发光装置中,还包括用于会聚光线的帽层,可提高发光装置的亮度;

[0078] 本发明提供的发光装置的制造方法中,在衬底上形成金字塔结构,填充金字塔结构之间的孔隙以形成金字塔互补结构,之后按照倒装方式装配发光二极管即可,制造方法较为简单。

[0079] 虽然本发明已以较佳实施例披露如上,但本发明并非限定于此。任何本领域技术人员,在不脱离本发明的精神和范围内,均可作各种更动与修改,因此本发明的保护范围应当以权利要求所限定的范围为准。

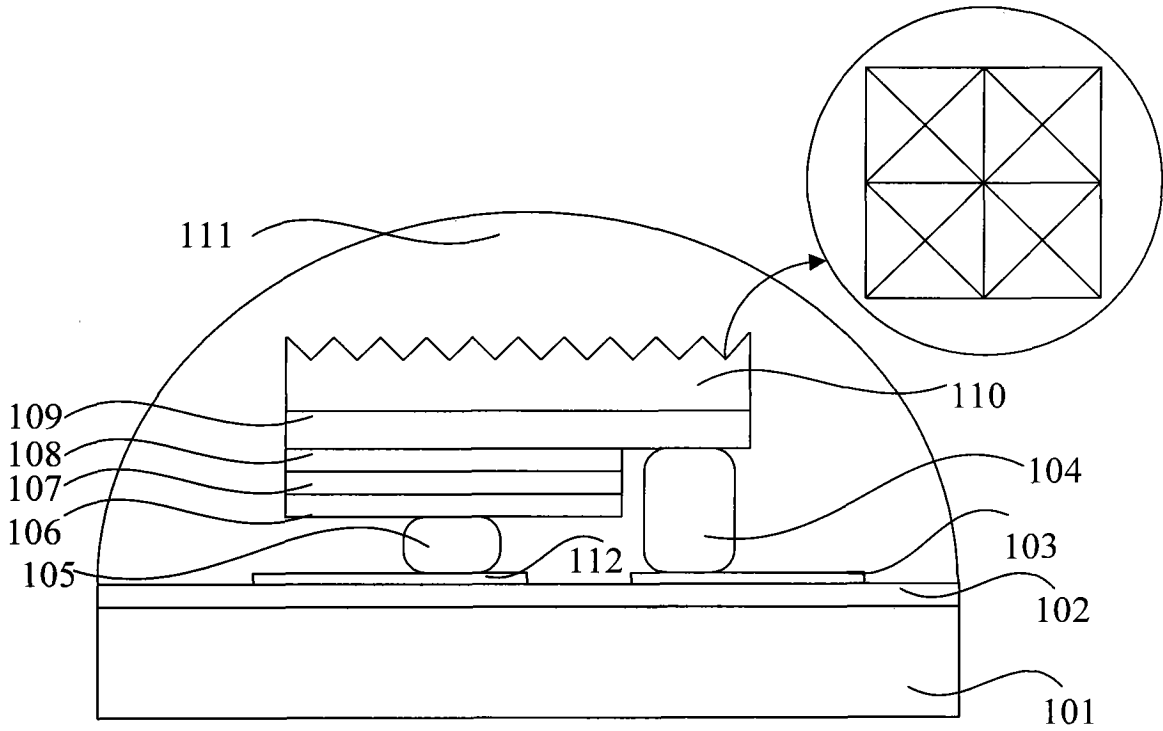


图 1

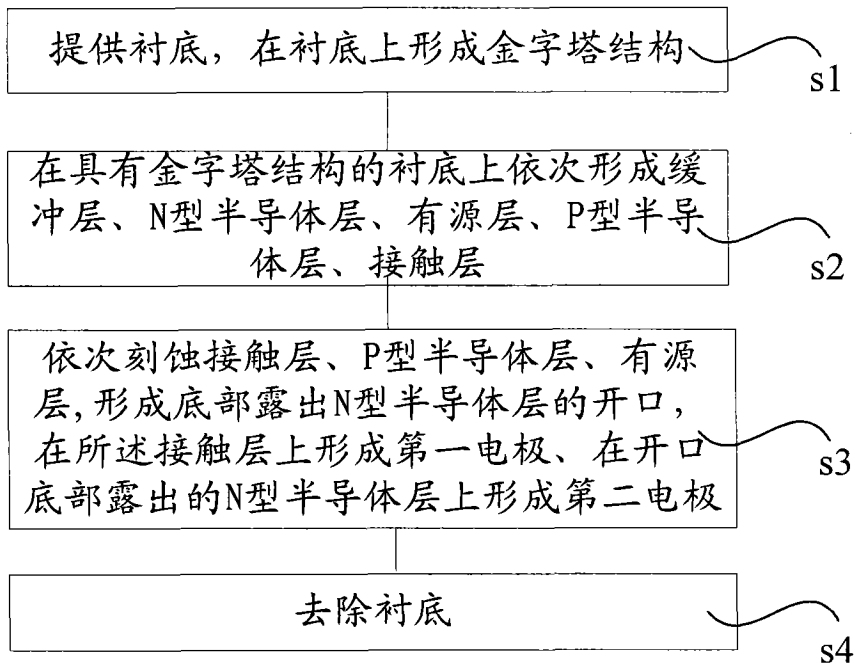


图 2

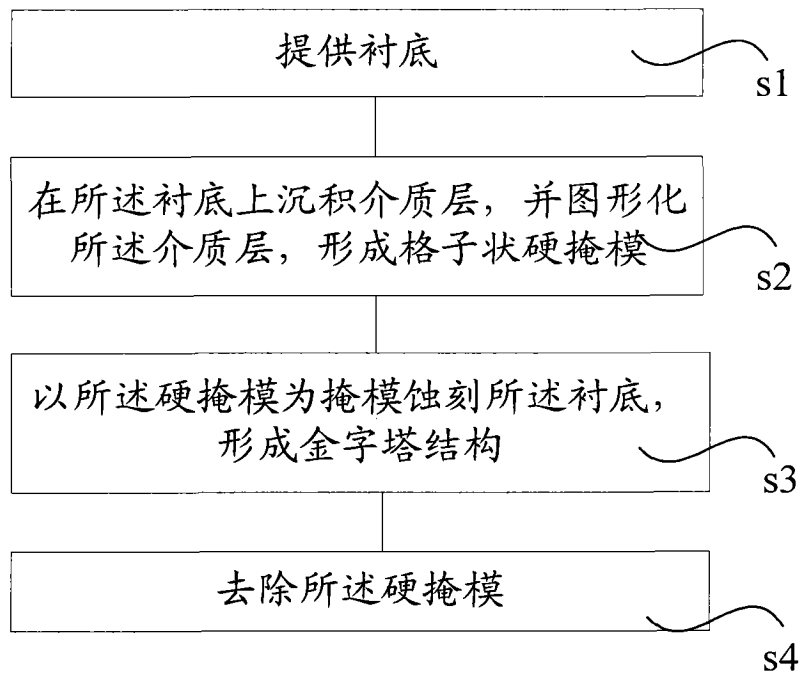


图 3

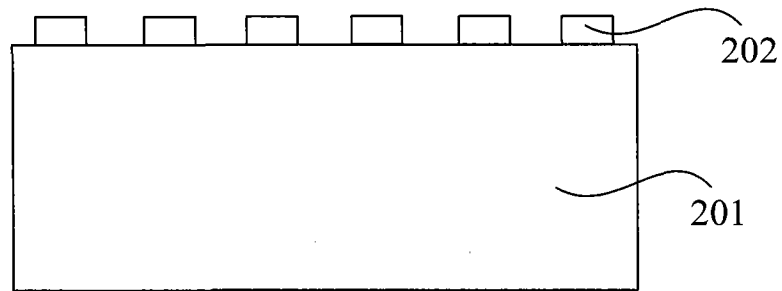


图 4

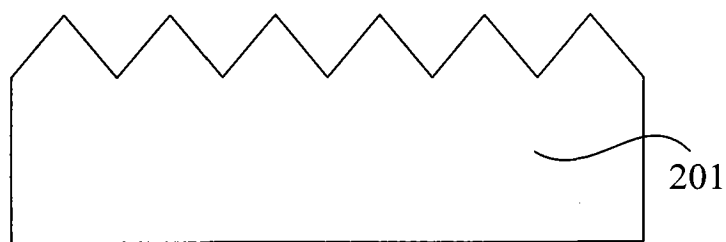


图 5

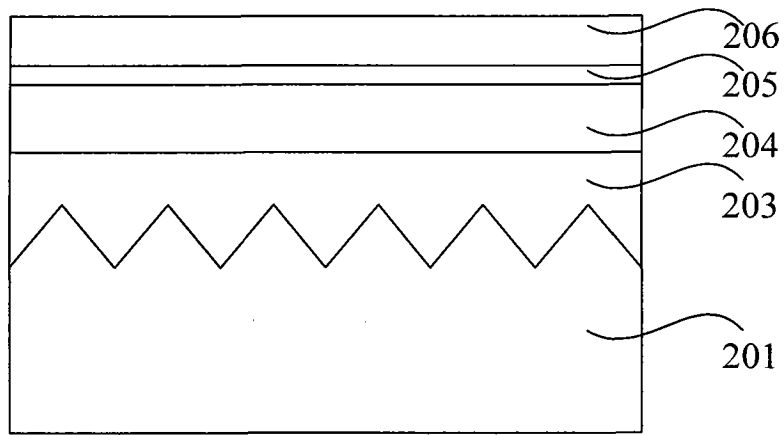


图 6

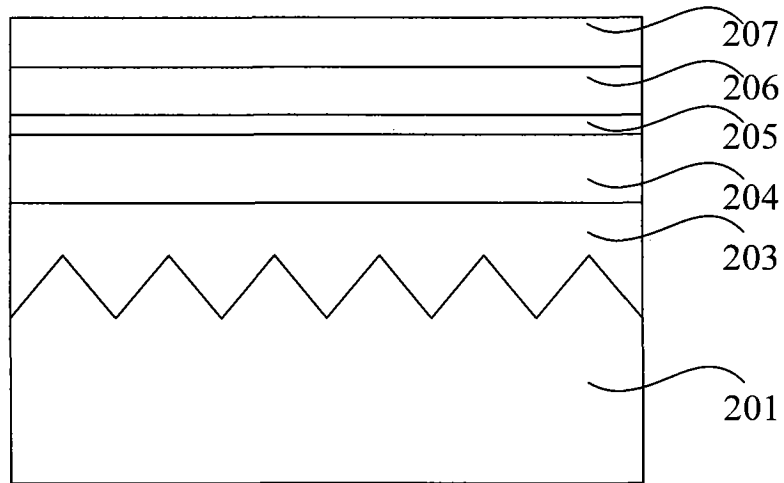


图 7

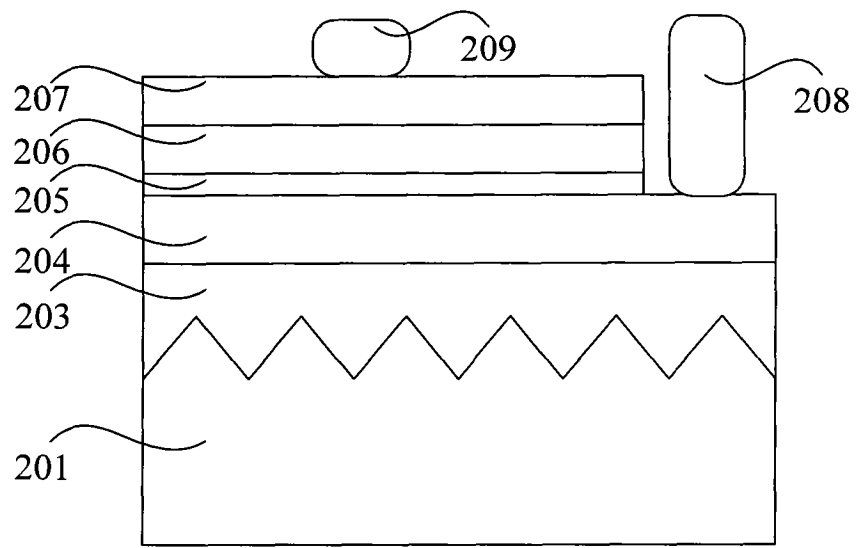


图 8

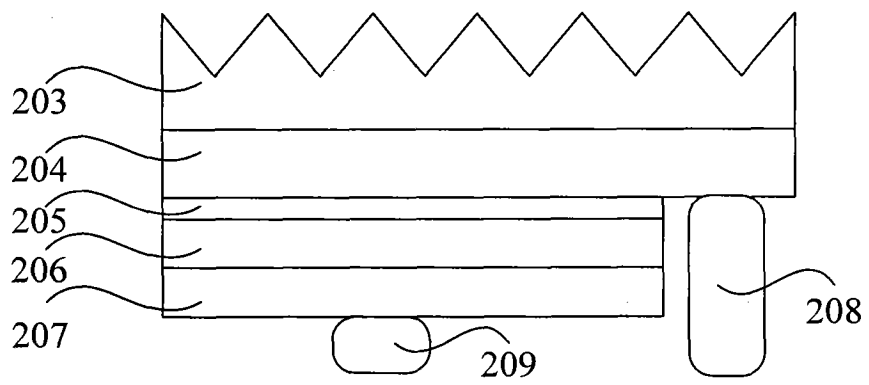


图 9

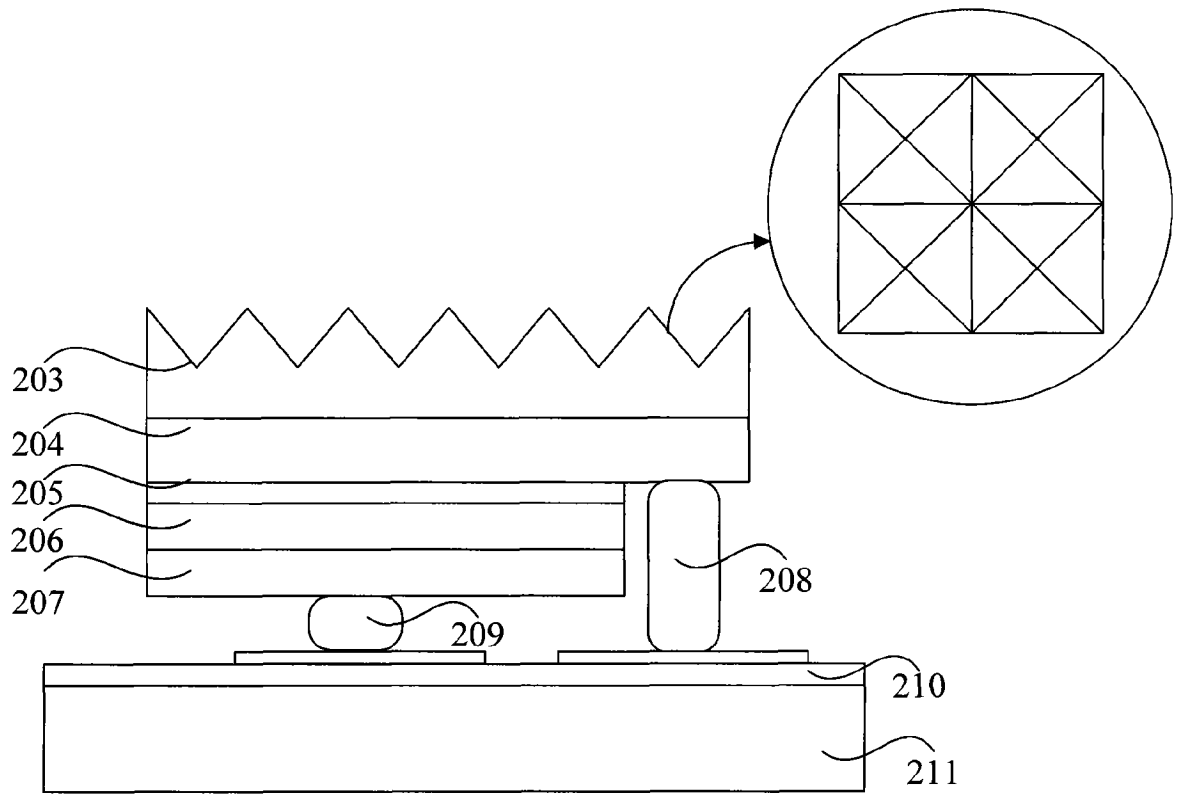


图 10