



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106784220 A

(43)申请公布日 2017. 05. 31

(21)申请号 201610453646.4

H01L 33/10(2010.01)

(22)申请日 2016.06.22

H01L 33/00(2010.01)

(71)申请人 中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所

地址 215123 江苏省苏州市苏州工业园区若水路398号

(72)发明人 胡威威 张书明 周坤 池田昌夫 刘建平 杨辉

(74)专利代理机构 深圳市铭粤知识产权代理有限公司 44304

代理人 孙伟峰

(51) Int. Cl.

H01L 33/20(2010.01)

H01L 33/22(2010.01)

H01L 33/32(2010.01)

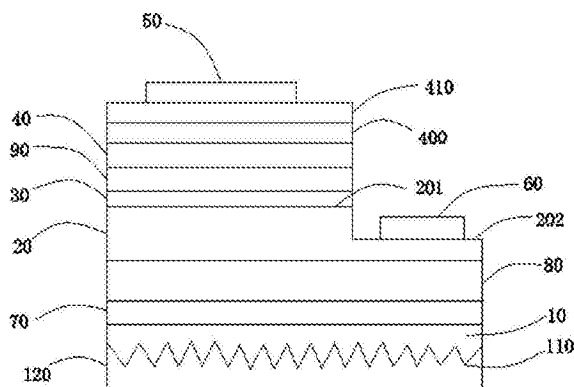
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

发光二极管及其制作方法

(57)摘要

本发明提供一种发光二极管,包括氮化镓衬底,所述氮化镓衬底的顶部形成有外延结构,所述外延结构连接有第一电极和第二电极,所述氮化镓衬底的底部形成有凸出的微结构层。本发明提供的发光二极管及其制作方法,对氮化镓衬底的底部进行腐蚀形成微结构层,然后在具有微结构层的氮化镓衬底的底部沉积反射膜,使得光线在发光二极管内部的传输路径发生改变,避免光线在发光二极管内部来回循环反射,从而减小光线在发光二极管内部的损耗,增大了光线从发光二极管内部折射出来的概率、提升了发光二极管的外量子效率;同时,采用氮化镓作为衬底,降低了氮化镓基发光二极管的晶格失配度以及位错密度。



1. 一种发光二极管,包括氮化镓衬底,所述氮化镓衬底的顶部形成有外延结构,所述外延结构连接有第一电极和第二电极,其特征在于,所述氮化镓衬底的底部形成有凸出的微结构层。

2. 根据权利要求1所述的发光二极管,其特征在于,所述微结构层上覆设有一层反射膜,所述反射膜的材质为银、铝或其合金。

3. 根据权利要求2所述的发光二极管,其特征在于,所述反射膜的厚度为0.15微米~2微米。

4. 根据权利要求1所述的发光二极管,其特征在于,所述微结构层为棱锥阵列。

5. 根据权利要求4所述的发光二极管,其特征在于,所述棱锥阵列的高度为0.2微米~1微米。

6. 根据权利要求1-5任一所述的发光二极管,其特征在于,所述外延结构包括依次设置于所述氮化镓衬底的顶部的成核层、缓冲层、第一半导体层、活性层、电子阻挡层、第二半导体层以及欧姆接触层。

7. 根据权利要求6所述的发光二极管,其特征在于,所述成核层的材质为氮化镓,所述缓冲层的材质为非掺杂氮化镓,所述第一半导体层的材质为N型掺杂的氮化镓,所述电子阻挡层的材质为P型掺杂的氮化铝镓,所述第二半导体层的材质为P型掺杂的氮化镓,所述欧姆接触层的材质为P型重掺杂的氮化镓;所述活性层为量子阱,其包括多个周期交替生长的氮化镓势垒层和氮化镓势阱层。

8. 根据权利要求6所述的发光二极管,其特征在于,所述氮化镓衬底的厚度为15微米~200微米。

9. 一种如权利要求1-8任一所述的发光二极管的制作方法,其特征在于,包括步骤:

提供一氮化镓衬底并在所述氮化镓衬底的顶部生长形成有外延结构;

在所述外延结构上分别沉积第一电极以及第二电极;

从所述氮化镓衬底的底部减薄并抛光所述氮化镓衬底;

在所述氮化镓衬底的底部应用粗化工艺制备形成有凸出的微结构层。

10. 根据权利要求9所述的发光二极管的制作方法,其特征在于,所述粗化工艺包括:采用腐蚀液腐蚀所述氮化镓衬底,所述腐蚀液为氢氧化钾溶液或磷酸溶液。

发光二极管及其制作方法

技术领域

[0001] 本发明属于半导体技术领域,具体地讲,涉及一种发光二极管及其制作方法。

背景技术

[0002] 半导体发光二极管(LED)具有结构简单、体积小、节能等优点,其在光电系统中的应用极为普遍。传统的半导体发光二极管都是采用在蓝宝石衬底上生长外延层,蓝宝石衬底与外延层之间的晶格失配较大、位错密度高等缺点。

[0003] 目前,大多数半导体二极管都采用氮化镓基,但是,由于氮化镓的折射率为2.5,远远超过空气的折射率,导致在顶层出光面全反射的临界角过小,光线到达顶层后,部分光线只有反射,没有折射,只能在LED内部来回反射,即量子阱发出的光在LED内部被消耗,大大降低了其出光率,以至于在大电流密度下,外量子效率非常低。

发明内容

[0004] 为了解决上述现有技术存在的问题,本发明提供一种发光二极管及其制作方法,能够改变光线在LED内部的传输路径,减小光在LED内部的损耗,提升LED的外量子效率。

[0005] 本发明提出的具体技术方案为:提供一种发光二极管,包括氮化镓衬底,所述氮化镓衬底的顶部形成有外延结构,所述外延结构连接有第一电极和第二电极,其特征在于,所述氮化镓衬底的底部形成有凸出的微结构层。

[0006] 进一步地,所述微结构层上覆设有一层反射膜,所述反射膜的材质为银、铝或其合金。

[0007] 进一步地,所述反射膜的厚度为0.15微米~2微米。

[0008] 进一步地,所述微结构层为棱锥阵列。

[0009] 进一步地,所述棱锥阵列的高度为0.2微米~1微米。

[0010] 进一步地,所述外延结构包括依次设置于所述氮化镓衬底的顶部的成核层、缓冲层、第一半导体层、活性层、电子阻挡层、第二半导体层以及欧姆接触层。

[0011] 进一步地,所述成核层的材质为氮化镓,所述缓冲层的材质为非掺杂氮化镓,所述第一半导体层的材质为N型掺杂的氮化镓,所述电子阻挡层的材质为P型掺杂的氮化铝镓,所述第二半导体层的材质为P型掺杂的氮化镓,所述欧姆接触层的材质为P型重掺杂的氮化镓;所述活性层为量子阱,其包括多个周期交替生长的氮化镓势垒层和氮化镓势阱层。

[0012] 进一步地,所述氮化镓衬底的厚度为15微米~200微米。

[0013] 本发明还提供一种如上所述的发光二极管的制作方法,包括步骤:

[0014] 提供一氮化镓衬底并在所述氮化镓衬底的顶部生长形成有外延结构;

[0015] 在所述外延结构上分别沉积第一电极以及第二电极;

[0016] 从所述氮化镓衬底的底部减薄并抛光所述氮化镓衬底;

[0017] 在所述氮化镓衬底的底部应用粗化工艺制备形成有凸出的微结构层。

[0018] 进一步地,所述粗化工艺包括:采用腐蚀液腐蚀所述氮化镓衬底,所述腐蚀液为氢

氧化钾溶液或磷酸溶液。

[0019] 本发明提供的发光二极管及其制作方法,对氮化镓衬底的底部进行腐蚀形成微结构层,然后在具有微结构层的氮化镓衬底的底部沉积反射膜,使得光线在发光二极管内部的传输路径发生改变,避免光线在发光二极管内部来回循环反射,从而,减小光线在发光二极管内部的损耗,增大了光线从发光二极管内部折射出来的概率、提升了LED的外量子效率;同时,采用氮化镓作为衬底,降低了氮化镓基发光二极管的晶格失配度以及位错密度。

附图说明

[0020] 通过结合附图进行的以下描述,本发明的实施例的上述和其它方面、特点和优点将变得更加清楚,附图中:

[0021] 图1为本发明发光二极管的结构示意图;

[0022] 图2为本发明发光二极管的具体的结构示意图;

[0023] 图3a至图3f为本发明发光二极管的制作流程图。

具体实施方式

[0024] 以下,将参照附图来详细描述本发明的实施例。然而,可以以许多不同的形式来实施本发明,并且本发明不应该被解释为限制于这里阐述的具体实施例。相反,提供这些实施例是为了解释本发明的原理及其实际应用,从而使本领域的其他技术人员能够理解本发明的各种实施例和适合于特定预期应用的各种修改。

[0025] 参照图1,本实施例的发光二极管包括氮化镓衬底10,氮化镓衬底10的顶部形成有外延结构11,外延结构11连接有第一电极50和第二电极60。氮化镓衬底10作为整个发光二极管的基板,其厚度为15微米~200微米。第一电极50以及第二电极60分别作为外延结构11的接触电极。为了增大光线从发光二极管内部折射出来的概率以及提升了发光二极管的外量子效率,氮化镓衬底10的底部形成有凸出的微结构层110,优选的,微结构层110为棱锥阵列,棱锥阵列的高度为0.2微米~1微米。

[0026] 为了增加氮化镓衬底10的反射率,氮化镓衬底10的底部还设置有反射膜120。反射膜120覆设于微结构层110上,其材质为银、铝或其合金,其厚度为0.15~2微米。

[0027] 参照图2,具体的,外延结构11包括第一半导体层20、活性层30、第二半导体层40。

[0028] 第一半导体层20作为电子注入层,其设置于氮化镓衬底10顶部,其中,第一半导体层20的材质为N型掺杂的氮化镓,掺杂浓度为 $10^{18} \sim 10^{20} \text{cm}^{-3}$,第一半导体层20的厚度为1~3微米。第一半导体层20具有第一台阶面201以及第二台阶面202,其中,第一台阶面201的高度大于第二台阶面202的高度,第一台阶面201依次堆叠设置有活性层30、第二半导体层40以及第一电极50,第二台阶面202上设置有第二电极60。活性层30为量子阱,其作为发光二极管的出光层,其包括多个周期交替生长的氮化镓势垒层和氮化镓势阱层,其中,氮化镓势垒层的厚度为2.5~3纳米,氮化镓势阱层的厚度分别为3~10纳米,氮化镓势垒层和氮化镓势阱层均为非故意掺杂。第二半导体层40作为空穴注入层,用于提供载流子空穴,其材质为P型掺杂的氮化镓层,掺杂剂为镁,掺杂浓度为 $10^{19} \sim 10^{20} \text{cm}^{-3}$,其中,第二半导体层40的厚度为100~200纳米。第一电极50作为第二半导体层40的接触电极,其材质为钛-铝-钛-金合金;第二电极60作为第一半导体层20的接触电极,其材质为镍-金合金。当然第一电极

50以及第二电极60还可以为其他金属材料,这里不做限定。

[0029] 为了缓冲晶格失配产生的应力,本实施例的外延结构11还包括设置于第一半导体层20与氮化镓衬底10之间的成核层70以及设置于成核层70与第一半导体层20之间的缓冲层80。成核层70的材质为低温氮化镓,其厚度为5~100纳米;缓冲层80的材质为非故意掺杂氮化镓,其厚度为1~3微米。

[0030] 为了阻挡活性层30中溢出的电子,活性层30与第二半导体层40之间还设置有电子阻挡层90。电子阻挡层90的材质为P型掺杂的氮化铝镓,掺杂剂为镁,掺杂浓度为 $10^{19} \sim 10^{21} \text{cm}^{-3}$,其厚度为20~40纳米。

[0031] 除此之外,本实施例的外延结构11还包括依次堆叠设置于第二半导体层40上的欧姆接触层400和透明电极410。欧姆接触层400的材质为重掺杂的氮化镓,掺杂浓度为 $10^{20} \sim 3 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$,其厚度为10~30纳米,欧姆接触层400可以使得第二半导体40与第一电极50之间形成良好的欧姆接触。透明电极410的材质为氧化铟锡,其对可见光的透射率可以达到90%以上,因此,透明电极410能够提高发光二极管的发光效率。

[0032] 参照图3a~图3f所示,本实施例还提供上述发光二极管的制作方法,具体包括以下步骤:

[0033] 步骤S1、提供一氮化镓衬底10并在所述氮化镓衬底10的顶部生长形成有外延结构11。

[0034] 具体的,步骤S1包括:

[0035] S11、在氮化镓衬底10上依次沉积成核层70、缓冲层80、第一半导体层20、活性层30、电子阻挡层90、第二半导体层40、欧姆接触层400以及透明电极410(如图3a所示)。

[0036] 其中,步骤S1中沉积成核层70、缓冲层80、第一半导体层20、活性层30、电子阻挡层90、第二半导体层40、欧姆接触层400所采用的方法为金属有机化学气相沉积方法;沉积透明电极410所采用的方法为磁控溅射方法。具体的,沉积厚度为25纳米的成核层70的温度为500~550摄氏度,沉积压力为300~700mbar;沉积厚度为1500纳米的缓冲层80的温度为1000~1100摄氏度,沉积压力为200~500mbar;沉积厚度为2000纳米、掺杂剂为单质硅以及掺杂浓度为 $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 的第一半导体层20的温度为1000~1200摄氏度,沉积压强为100~500Torr;沉积至少包括5个周期交替生长的氮化镓势垒层和氮化铟镓势阱层的活性层30,其中,氮化镓势垒层的厚度为2.5纳米,氮化铟镓势阱层的厚度为5纳米;沉积厚度为20纳米、掺杂剂为镁以及掺杂浓度为 $3 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 的电子阻挡层90的温度为950~1000摄氏度,沉积压力为150~400mbar,电子阻挡层90的材质为氮化铝镓,其中氮化铝镓为 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$;沉积厚度为100纳米、掺杂剂为镁以及掺杂浓度为 $3 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 的第二半导体层40的温度为900~1000摄氏度,沉积压力为100~500mbar;沉积厚度为20纳米、掺杂剂为镁以及掺杂浓度为 10^{20}cm^{-3} 的欧姆接触层400的温度为800~900摄氏度,沉积压力为100~400mbar。

[0037] S12、依次刻蚀透明电极410、欧姆接触层400、第二半导体层40、电子阻挡层90、活性层30以及第一半导体层20,以使得第一半导体层20形成有第一台阶面201和第二台阶面202,其中第一台阶面201的高度大于第二台阶面202的高度。其中,透明电极410、欧姆接触层400、第二半导体层40、电子阻挡层90、活性层30以及第一半导体层20位于第一台阶面201上(如图3b所示)。

[0038] 步骤S2、在外延结构11上分别生长第一电极50以及第二电极60。

[0039] 具体的,在刻蚀后的透明电极410上沉积第一电极50,在第二台阶面202上沉积第二电极60,以获得成型的发光二极管(如图3c所示)。

[0040] 其中,在步骤S2中,沉积第一电极50以及第二电极60采用的方法为磁控溅射或电子束蒸发的方法。

[0041] 步骤S3、在成型的发光二极管上沉积介质膜层100,以将第一电极50以及第二电极60完全覆盖,其中,介质膜层100的材质为石蜡或光刻胶,其用于保护第一电极50以及第二电极60(如图3d所示)。

[0042] 步骤S4、从所述氮化镓衬底10的底部减薄并对减薄后的氮化镓衬底10的底部进行抛光。

[0043] 步骤S5、对步骤S4中的氮化镓衬底10的底部应用粗化工艺制备形成有凸出的微结构层110(如图3e所示)。

[0044] 具体的,采用腐蚀液腐蚀步骤S4中的氮化镓衬底10的底部,以使得氮化镓衬底10的底部形成微结构层110。其中,腐蚀深度为100~800纳米,腐蚀液为氢氧化钾溶液或磷酸溶液。若采用氢氧化钾溶液,则微结构层110为6棱锥阵列;若采用磷酸溶液,则微结构层110为12棱锥阵列。

[0045] 步骤S6、去除介质膜层100,在形成有微结构层110的氮化镓衬底10的底部沉积反射膜120(如图3f所示)。

[0046] 本发明提供的发光二极管,对氮化镓衬底10的底部进行腐蚀形成微结构层110,然后在具有微结构层110的氮化镓衬底10的底部沉积反射膜120,使得光线在发光二极管内部的传输路径发生改变,避免光线在发光二极管内部来回循环反射,从而,减小光线在发光二极管内部的损耗,增大了光线从发光二极管内部折射出来的概率、提升了LED的外量子效率;同时,采用氮化镓作为衬底,降低了氮化镓基发光二极管的晶格失配度以及位错密度。

[0047] 虽然已经参照特定实施例示出并描述了本发明,但是本领域的技术人员将理解:在不脱离由权利要求及其等同物限定的本发明的精神和范围的情况下,可在此进行形式和细节上的各种变化。

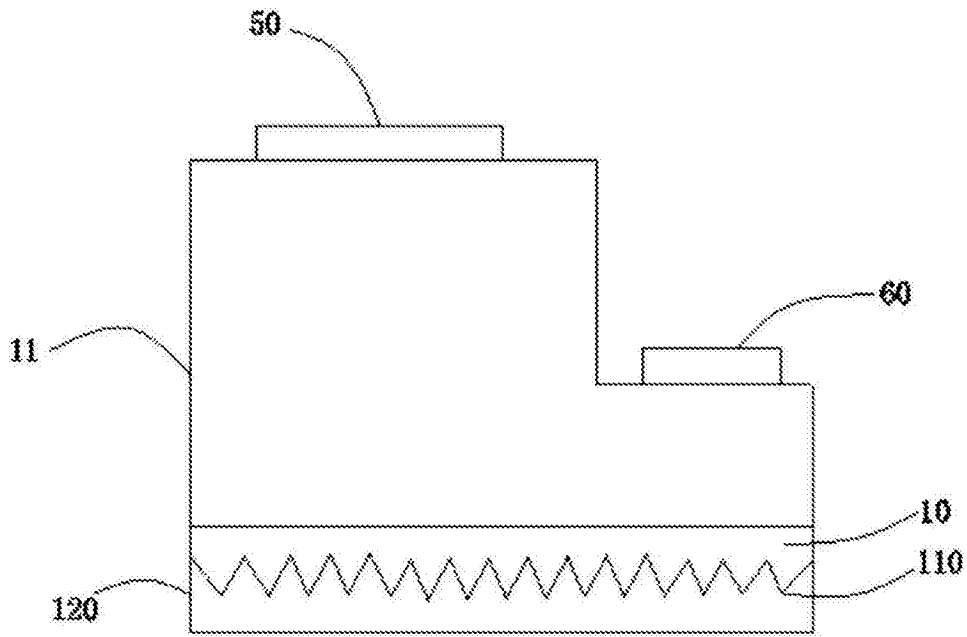


图1

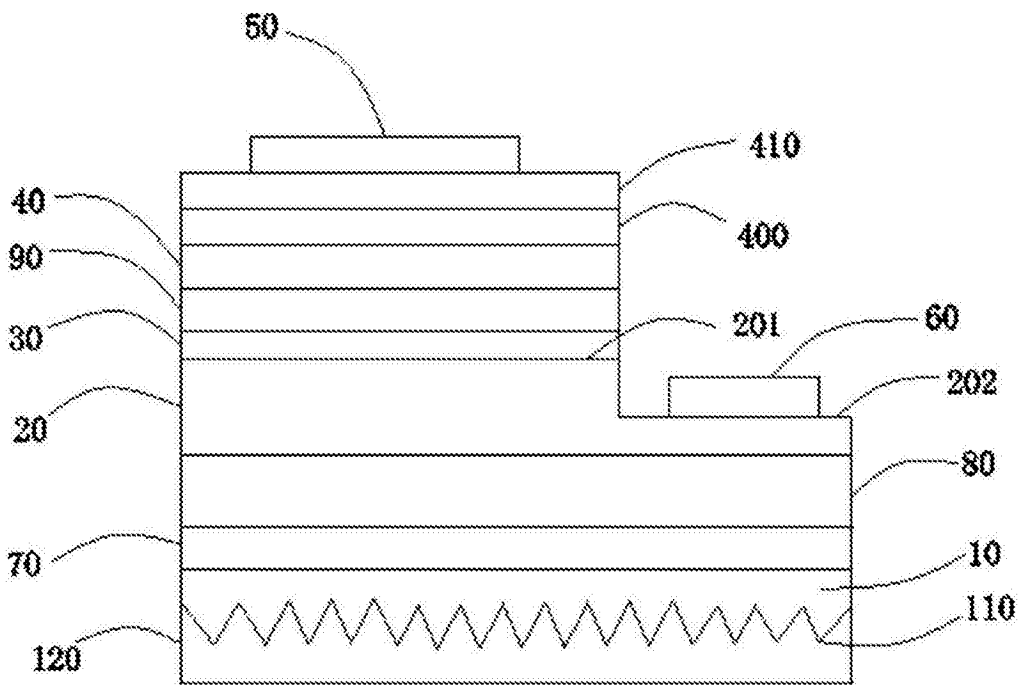


图2

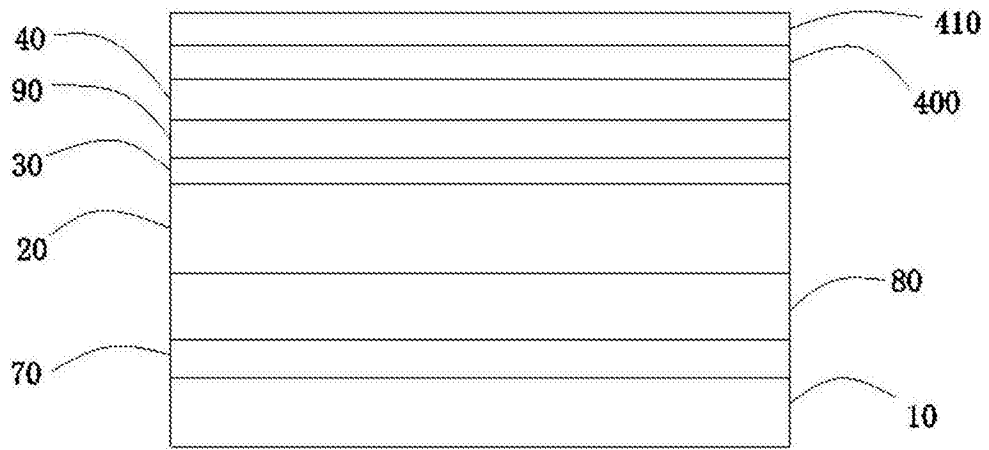


图3a

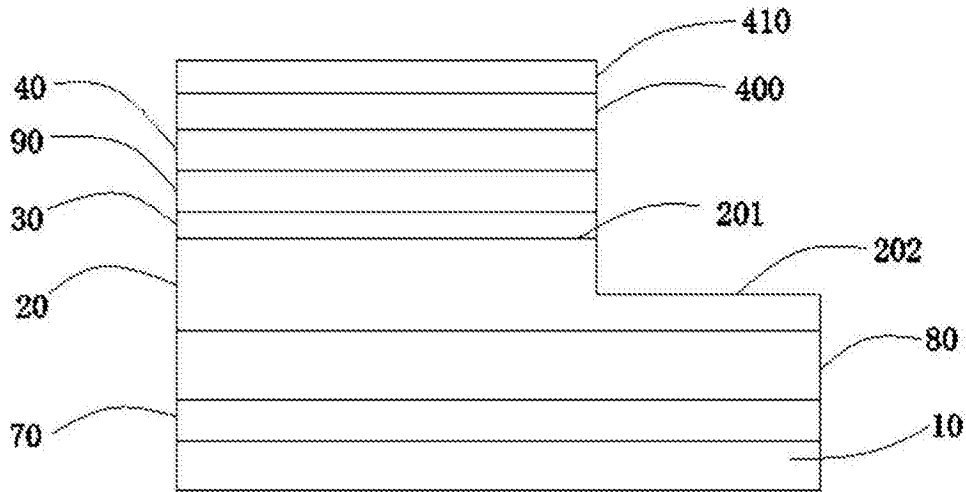


图3b

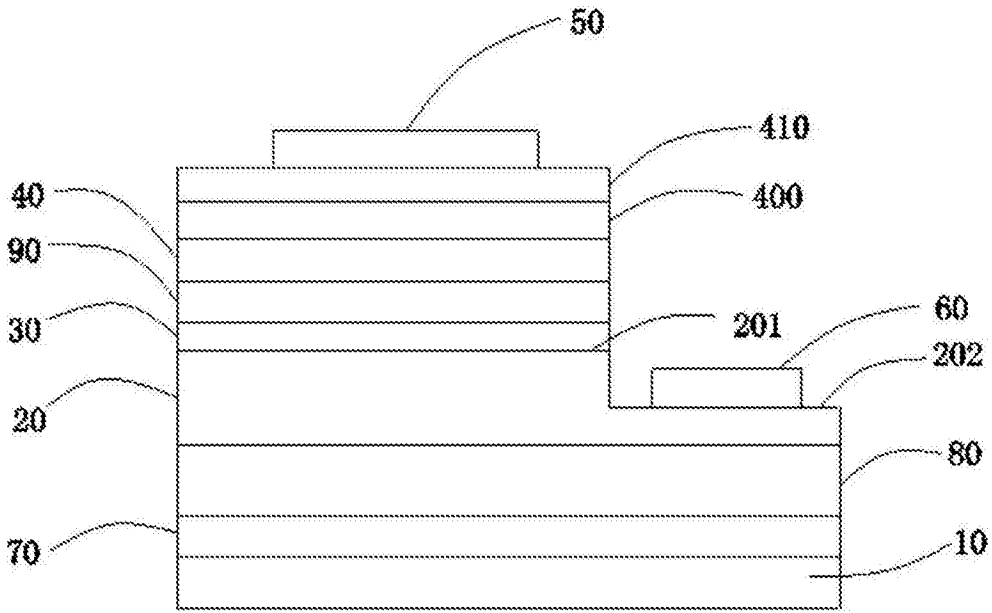


图3c

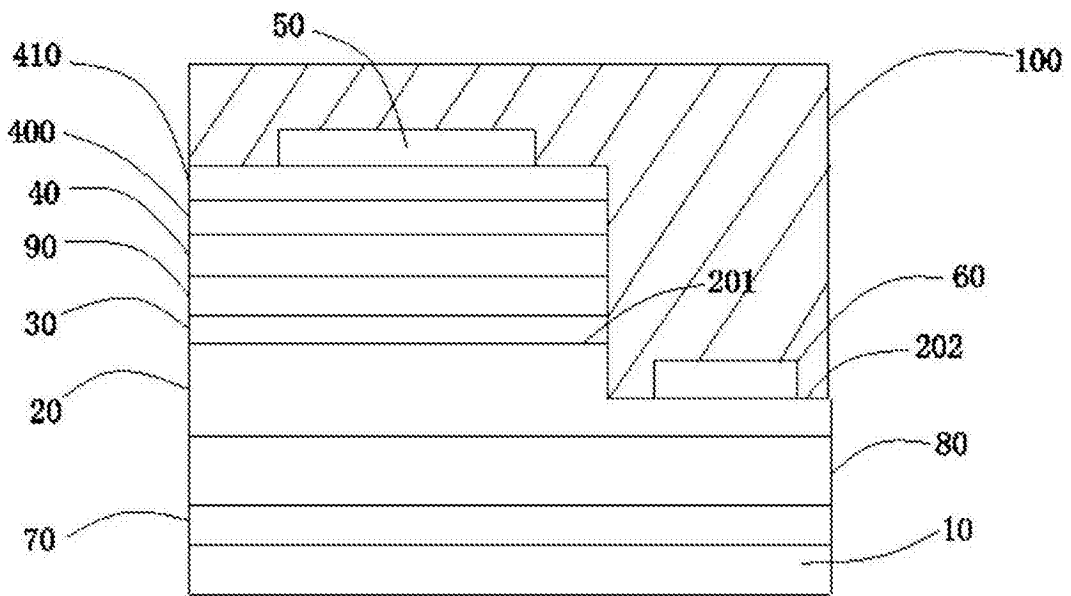


图3d

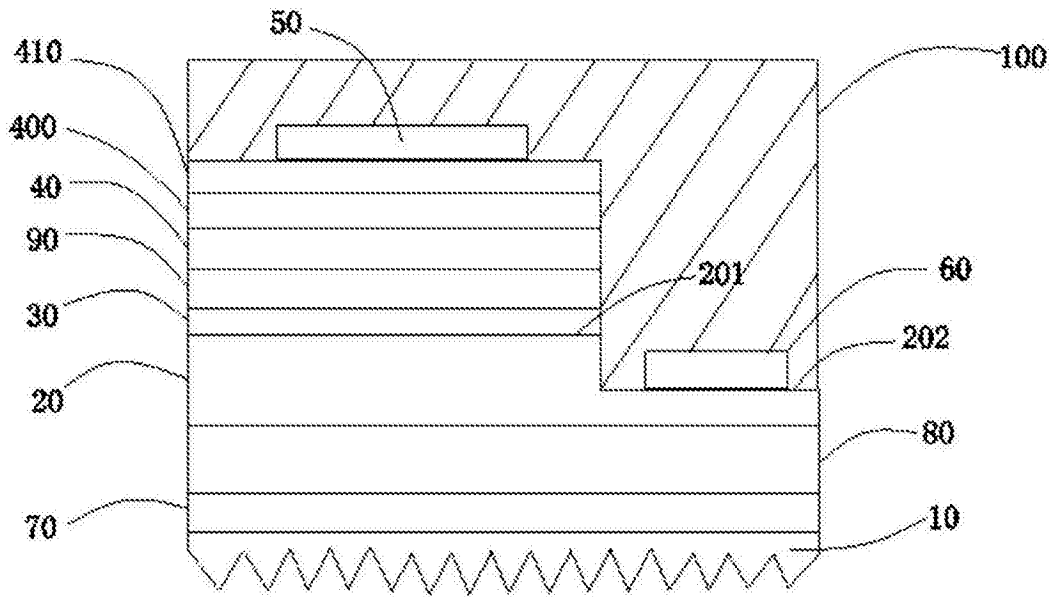


图3e

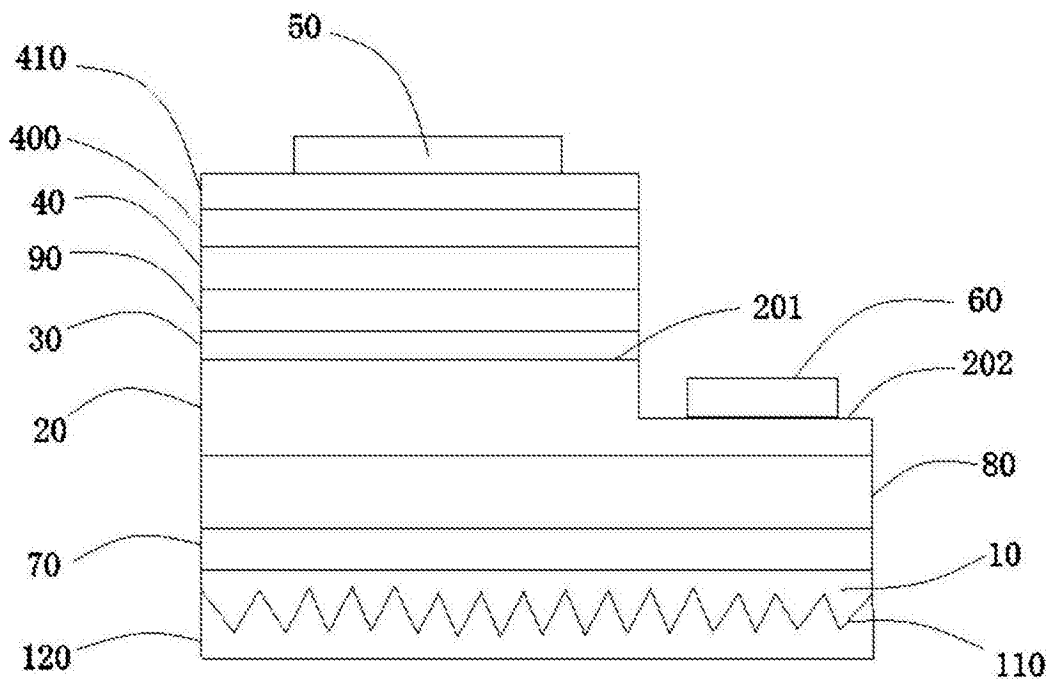


图3f