



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102024896 B

(45) 授权公告日 2012. 03. 21

(21) 申请号 200910215396. 0

审查员 赵伟

(22) 申请日 2009. 12. 31

(73) 专利权人 比亚迪股份有限公司

地址 518118 广东省深圳市龙岗区坪山镇横坪公路 3001 号

(72) 发明人 苏喜林 胡红坡 谢春林 张旺

(74) 专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限公司 11018

代理人 牛峥 王丽琴

(51) Int. Cl.

H01L 33/48 (2010. 01)

H01L 33/60 (2010. 01)

H01L 33/64 (2010. 01)

(56) 对比文件

CN 101438423 A, 2009. 05. 20, 全文.

CN 1825642 A, 2006. 08. 30, 全文.

US 2008116471 A1, 2008. 05. 22, 全文.

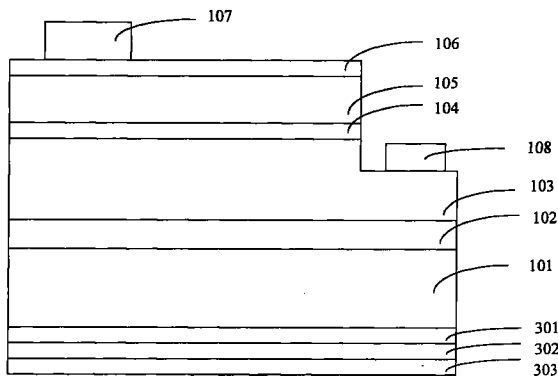
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种发光二极管外延片和其制造方法

(57) 摘要

一种发光二极管外延片和其制造方法, 该方法包括: 在 LED 的非出光面上生长用于反射入射角大于 36 度出射光的第一背镀层; 第一背镀层上生长用于反射入射角小于 36 度出射光的第二背镀层; 该方法还包括, 第二背镀层上生长用于保护和散热的第三背镀层。本发明在 LED 的非出光面制作对 LED 出射光对应波段具有高反射率和良好导热的薄膜结构, 提高了 LED 的出光效率和可靠性。



1. 一种发光二极管外延片的制造方法,该方法包括:

在蓝宝石衬底的器件面依次形成缓冲层、n型半导体层、有源区发光层和p型半导体层,以及n型半导体层,p型半导体层上的电流扩散层,在非出光面依次生长用于反射入射角大于36度出射光的第一背镀层;

在第一背镀层上生长用于反射入射角小于36度出射光的第二背镀层。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第二背镀层是高低折射率交替的多层介质和反光金属层的组合。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一背镀层的厚度范围是1到5个LED出射光的波长。

4. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第二背镀层的总厚度范围是200纳米到5000纳米。

5. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,所述反光金属层是铝或银。

6. 如权利要求1所述的方法,该方法还包括:

在第二背镀层上生长用于保护和散热的第三背镀层。

7. 如权利要求6所述的方法,其特征在于,所述第三背镀层是单层金属膜或多层金属膜系组合。

8. 如权利要求6所述的方法,其特征在于,所述第三背镀层的厚度范围是100纳米到1000纳米。

9. 如权利要求7所述的方法,其特征在于,所述单层金属膜或多层金属膜系组合的材料为金、镍、铬、钛中的一种或几种的组合。

10. 一种发光二极管外延片,包括蓝宝石衬底和在蓝宝石衬底器件面依次形成的缓冲层、n型半导体层、有源区发光层和p型半导体层,其特征在于,所述外延片还包括在非出光面上的用于反射入射角大于36度出射光的第一背镀层,第一背镀层上用于反射入射角小于36度出射光的第二背镀层。

11. 如权利要求10所述的发光二极管外延片,其特征在于,所述外延片还包括第二背镀层上用于保护和散热的第三背镀层。

一种发光二极管外延片和其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体制造领域,特别涉及一种发光二极管外延片和其制造方法。

背景技术

[0002] 目前,发光二极管(light emitting diode,LED)外延片的主要结构包括:衬底、缓冲层、n型半导体层、有源区发光层和p型半导体层。作为LED外延片核心的有源区发光层介于n型半导体层与p型半导体层之间,是p型和n型半导体层的界面构成的PN结。随着双异质结与多量子阱结构在有源区发光层中的应用和金属有机物化学气相沉积(MOCVD)技术的进步,在蓝宝石(Al_2O_3)材料的衬底上成功生长了氮化镓基发光二极管(GaN basedLED)外延片,制造出蓝光LED和绿光LED。

[0003] 为了在LED外延片上施加驱动电流,还需在p型半导体层制作p电极,在N型半导体层制作n电极,并在p电极和n电极引出导线,以导线连接电路基板的对应电极。制作完成的LED外延片切割成LED芯片后,还必须固定在支架上。上述制作电极、引出导线到电路基板以及切割、固定的过程称为封装,封装之后的LED芯片称为管芯。根据封装后出光面的不同LED分为正装(Normal)结构和倒装(Flip Chip)结构。其中,正装结构的出光面是p型半导体层,非出光面是衬底,倒装结构的出光面是衬底,非出光面是p型半导体层上的电流扩散层。封装之后的LED外延片称为管芯。

[0004] 以波长范围是470纳米到430纳米波段的蓝光LED为例,蓝宝石衬底氮化镓基LED正装结构剖面图如图1所示,在蓝宝石衬底101器件生长面即正面依次具有缓冲层102、n型氮化镓层103作为n型半导体层、有源区发光层104和p型氮化镓层105作为p型半导体层,因为p型氮化镓层的高p型掺杂困难使p型氮化镓层电导率很有限。为了电流的分布均匀要求在p型氮化镓层表面再沉积电流扩散层106,通常由镍和金组成。由于蓝宝石衬底的非导电性,电极无法在衬底上制作,通常采用刻蚀方法去除一小部分电流扩散层106、p型半导体105和有源区发光层104暴露出n型半导体层,然后分别将p电极107和n电极108放置在电流扩散层106和n型半导体层103上。正装结构封装中,有源区发光层出射的光从最上面的p型氮化镓层取出,蓝宝石衬底背面和支架相连。虽然电流扩散层提高了有源区发光层的发光效率,但会吸收部分光,降低出光效率。为了减少出射光的吸收,电流扩散层的厚度应减少到几百纳米。厚度的减少又反过来限制了电流扩散层在p型氮化镓层表面均匀和可靠地扩散大电流的能力。同时,LED的热量主要产生于很薄的有源区发光层中,而封装完成后的器件,其热量则主要依靠蓝宝石衬底向支架的热传导来散开。蓝宝石衬底的导热系数很小,因此LED正装结构会使支架与有源区发光层间产生很大的温差,导致管芯温度上升,从而影响器件的性能。此外,这种结构的p电极和p电极引出的导线也会挡住部分出射光,所以,这种LED正装结构的管芯器件功率、出光效率和热性能均不可能是最优的。

[0005] 为了克服蓝光LED正装结构的不足,提出了以蓝宝石衬底101作为出光面,p型氮化镓层105上的电流扩散层106为非出光面的LED倒装结构。在蓝宝石衬底的氮化镓基

LED 外延片生长完成后制作 p 电极 107 和 n 电极 108, 外延片生长和电极制作方法和正装结构相同, 使蓝宝石衬底的器件生长面通过导热基板 209 与支架相连, 完成封装, 得到如图 2 所示的蓝宝石衬底的氮化镓基 LED 的倒装结构剖面图 (支架未画出)。由于蓝宝石衬底是透明, 倒装后的蓝宝石衬底朝上成为出光面, 同时 p 电极和 n 电极倒装在下面, 不会遮挡从蓝宝石衬底出光面出射的光, 因而提高了出光效率。采用倒装焊外延片结构后, 因为硅是热的良导体, 利用其作为散热的导热基板, 其散热效果也要远好于 LED 正装结构。

[0006] LED 的出光效率是由发光效率和提取效率共同决定的, 因此, 如何提高 LED 的提取效率成为进一步提高 LED 发光效率的一个重要方面。众所周知, LED 有源区发光层发出的光子是自发辐射产生的, 其方向各相同性。因此, 当 LED 封装之后, 不论正装还是倒装结构, 有源区发光层发出的射向支架的大部分出射光会被连接支架和外延片的导热胶吸收, 降低了 LED 的提取效率。同时, 由于导热胶的散热效果并不理想, 会聚集大量的热量, 进一步降低了 LED 的出光效率和可靠性。

发明内容

[0007] 有鉴于此, 本发明的发明目的是提高发光二极管的出光效率和可靠性。

[0008] 为达到上述目的, 本发明的技术方案具体是这样实现的:

[0009] 本发明提供一种发光二极管外延片的制造方法, 该方法包括:

[0010] 在蓝宝石衬底的器件面依次形成缓冲层、n 型半导体层、有源区发光层和 p 型半导体层, 以及 n 型半导体层上的 n 电极, p 型半导体层上的电流扩散层和 p 电极后, 在非出光面依次生长用于反射入射角大于 36 度出射光的第一背镀层;

[0011] 在第一背镀层上生长用于反射入射角小于 36 度出射光的第二背镀层。

[0012] 该方法还包括:

[0013] 在第二背镀层上生长用于保护和散热的第三背镀层。

[0014] 所述第一背镀层的厚度范围是 1 到 5 个 LED 出射光的波长。

[0015] 所述第二背镀层的总厚度范围是 200 纳米到 5000 纳米。

[0016] 所述第二背镀层是高低折射率交替的多层介质和反光金属层的组合。

[0017] 所述反光金属层是铝或银。

[0018] 所述第三背镀层是单层金属膜或多层金属膜系组合。

[0019] 所述单层金属膜或多层金属膜系组合的材料为金、镍、铬、钛中的一种或几种的组合。

[0020] 所述第三背镀层的厚度范围是 100 纳米到 1000 纳米。

[0021] 一种发光二极管外延片, 包括蓝宝石衬底和在蓝宝石衬底器件面依次形成的缓冲层、n 型半导体层、有源区发光层和 p 型半导体层, 其特征在于, 所述外延片还包括在非出光面上的用于反射入射角大于 36 度出射光的第一背镀层, 第一背镀层上用于反射入射角小于 36 度出射光的第二背镀层。

[0022] 所述外延片还包括第二背镀层上用于保护和散热的第三背镀层。

[0023] 由上述的技术方案可见, 本发明在 LED 的非出光面制作对 LED 出射光对应波段具有高反射率和良好导热的薄膜结构, 提高了 LED 的出光效率和可靠性。

附图说明

- [0024] 图 1 为现有技术蓝宝石衬底的氮化镓基 LED 正装结构剖面图；
[0025] 图 2 为现有技术蓝宝石衬底的氮化镓基 LED 倒装结构剖面图；
[0026] 图 3 为本发明蓝宝石衬底的氮化镓基 LED 正装结构剖面图；
[0027] 图 4 为本发明蓝宝石衬底的氮化镓基 LED 倒装结构剖面图；

具体实施方式

[0028] 为使本发明的目的、技术方案、及优点更加清楚明白，以下参照附图并举实施例，对本发明进一步详细说明。

[0029] 在发光二极管外延片的非出光面制作一种对发光二极管出射光对应波段具有高反射率和良好导热的薄膜结构，提升发光二极管的出光效率和可靠性。

[0030] 具体实施例一

[0031] 本发明是蓝宝石衬底的氮化镓基 LED 正装结构为例，说明在非出光面即蓝宝石衬底上制作具有高反射率和良好导热的薄膜结构的步骤：以峰值波长为 450 纳米的蓝光 LED 为例，低折射率介质优选二氧化硅 (SiO_2)、氟化镁 (MgF_2) 等。高折射率介质优选二氧化钛 (TiO_2)、二氧化铈 (CeO_2) 等。可以采用 PVD 或 CVD 等方法制备。本实施例中高折射率介质选用 TiO_2 ，低折射率介质选用 MgF_2 和 SiO_2 ，第二背镀层的反光金属选择发射率高的金属铝 (Al) 或银 (Ag)，本实施例中优选银。具体步骤如下：

[0032] 步骤一、在提供的以蓝宝石 101 为衬底的氮化镓基 LED 外延片的非出光面即蓝宝石衬底生长低于衬底折射率的透明介质氟化镁 (MgF_2) 作为第一背镀层 301，用于反射入射角大于 36 度出射光；

[0033] 本步骤中，LED 外延片加热温度为 150 摄氏度，真空度为 5.0×10^{-3} 帕斯卡，生长方法是钨舟蒸镀，蒸发速率 6 埃每秒，晶振片在线监控沉积速率，沉积的第一背镀层 301 膜层厚度为 1220 纳米；

[0034] 本步骤中，LED 外延片具体是指，蓝宝石衬底 101 器件面上依次具有的缓冲层 102、n 型氮化镓层 103、有源区发光层 104、p 型氮化镓层 105，以及 p 型氮化镓层上的电流扩散层 106；

[0035] 本步骤中，第一背镀层 301 的物理厚度范围是 1 到 5 个 LED 出射光的波长；

[0036] 本步骤中，p 型半导体层作为出光面，有源区发光层出射光通过非出光面的透明蓝宝石衬底照射到第一背镀层 301，第一背镀层 301 使从 n 型氮化镓射向蓝宝石衬底的光线，入射角大于 36 度的光线 100% 反射。入射角定义为入射光线与衬底及背镀层的法线的夹角。

[0037] 步骤二、在第一背镀层 301 上依次生长高低折射率交替的多层介质和反光金属层，作为第二背镀层 302，第二背镀层 302 的作用是反射入射角小于 36 度的出射光；

[0038] 本步骤中，高折射率介质选择 TiO_2 ，低折射率介质选择 SiO_2 。在第一背镀层 301 上通过旋转坩埚，改变镀膜材料的方式，依次沉积 TiO_2 和 SiO_2 交替的周期结构，先沉积高折射率介质 TiO_2 ，后沉积低折射率介质 SiO_2 。沉积条件为：衬底加热温度为 150 摄氏度，真空度为 5.0×10^{-3} 帕斯卡，沉积速率 3 埃每秒，较低的沉积速率便于精确控制各层薄膜的厚度，晶振片在线监控沉积速率。本步骤中，高低折射率交替的多层介质的层数范围是 4 层到 50

层。如果以一个高低折射率介质层为一个周期,周期数为 2 到 25 个周期中的整数。特别要指出的是,每个周期中的高折射率介质厚度和低折射率介质厚度并不是一个定值,以不同厚度的高低折射率介质层组合达到对入射角小于 36 度的各个角度出射光的高反射率。

[0039] 本步骤中,降低加热温度至 50 摄氏度,采用钼舟蒸镀反射金属银,蒸镀速率为 10 埃每秒。较快的沉积速率有利于提高金属银的反射率,银膜层厚度为 150 纳米。通过金属银和高低折射率多层介质膜结构的组合可以使从 n 型氮化镓射向蓝宝石衬底的入射角小于 36 度的光线的平均反射率大于 98%。结合背镀层一的效果,可以使射向蓝宝石衬底的光线,在全角度的反射率达到 99% 以上。接近 100% 反射的极限,将不同角度射向非出光面蓝宝石面的光线全部反射回去。因此,反射回去的光线由出光面射出不但提高了 LED 的提取效率,而且由于射向非出光面的出射光减少,降低了热量的聚集,从而提高了 LED 的出光效率和可靠性。

[0040] 本步骤中,第二背镀层 302 的总厚度范围是 200 纳米到 5000 纳米。

[0041] 步骤三、在第二背镀层 302 上生长单层金属膜或多层金属膜系组合,作为第三背镀层 303,第三背镀层 303 作为金属保护膜防止第二背镀层 302 中的反光金属层氧化导致的反射率下降,同时作为与支架相连的金属散热膜层。

[0042] 本步骤中,以选铬 (Cr) 金属作为保护层为例,采用电子束蒸发的方式,控制膜层的沉积速率为 5 埃每秒,蒸镀厚度为 300 纳米,用于保护反光层银,如果外延片封装的时候需要采用共晶键合的方式与支架连接,也可以采用金属金作为保护层,或最外层蒸镀厚度 50 纳米至 500 纳米的金。

[0043] 本步骤中,单层金属膜或多层金属膜系组合的材料为金、镍、铬、钛中的一种或几种的组合;

[0044] 本步骤中,第三背镀层 303 的厚度范围是 50 纳米到 1000 纳米。

[0045] 步骤四、对电流扩散层 106、p 型氮化镓层 105 和有源区发光层 104 的指定区域依次进行刻蚀,直至露出 n 型氮化镓层,在露出的 n 型氮化镓层上制作 n 电极 108,在电流扩散层 106 上制作 p 电极 107。

[0046] 至此,得到图 3 所示的本发明蓝宝石衬底的氮化镓基 LED 正装结构剖面图。

[0047] 具体实施例二

[0048] 本发明蓝宝石衬底的氮化镓基 LED 倒装结构为例,说明在非出光面即 p 型氮化镓层的电流扩散层上制作具有高反射率和良好导热的薄膜结构的制作步骤。以峰值波长为 450 纳米的蓝光 LED 为例,低折射率介质优选二氧化硅 (SiO_2)、氟化镁 (MgF_2) 等。高折射率介质优选二氧化钛 (TiO_2)、二氧化铈 (CeO_2) 等。可以采用 PVD 或 CVD 等方法制备。本实施例中高折射率介质选用 TiO_2 ,低折射率介质选用 SiO_2 ,第二背镀层的反光金属选择发射率高的金属铝 (Al) 或银 (Ag),本实施例中优选银。具体步骤如下:

[0049] 步骤一、在提供的 LED 外延片的电流扩散层 106 上生长低于电流扩散层折射率的透明介质二氧化硅 (SiO_2) 作为第一背镀层 401,一般外延片采用等离子体增强型化学气相沉积 (PECVD) 一层致密的 SiO_2 作为保护层,所以第一背镀层 401 可以在 PECVD 中制备,或者在后续工艺制备中考虑该保护层的厚度和表面状况;本实施例中,第一背镀层 401 在 PECVD 中制备,膜层厚度 1000 纳米,在线监控沉积速率。第一背镀层 401 可以保障从非出光面射向第一背镀层 401 方向的光线中入射角度大于 36 度的光线 100% 被反射,同时也起到了保

护 LED 的效果；

[0050] 本步骤中,LED 外延片具体是指,蓝宝石衬底 101 器件面上依次具有的缓冲层 102、n 型氮化镓层 103、有源区发光层 104、p 型氮化镓层 105,以及 p 型氮化镓层上的电流扩散层 106；

[0051] 本步骤中,蓝宝石衬底作为出光面,有源区发光层出射光通过作为非出光面的电流扩散层 106 照射到第一背镀层 401,第一背镀层 401 使入射角大于 36 度的光发生全反射。

[0052] 步骤二、在第一背镀层 401 上依次生长高低折射率交替的多层介质和反光金属层,作为第二背镀层 402 ;其中高折射率介质选择 TiO_2 ,低折射率介质选择 SiO_2 。采用蒸发镀膜方式,在第一背镀层 401 上通过旋转坩埚,改变镀膜材料,依次沉积 TiO_2 和 SiO_2 交替的周期结构,先沉积高折射率介质 TiO_2 ,后沉积低折射率介质 SiO_2 。沉积条件为:衬底加热温度为 150 摄氏度,真空度为 5.0×10^{-3} 帕斯卡,沉积速率 3 埃每秒,较低的沉积速率便于精确控制各层薄膜的厚度,晶振片在线监控沉积速率。本步骤中,高低折射率交替的多层介质的层数范围是 4 层到 50 层。如果以一个高低折射率介质层为一个周期,周期数为 2 到 25 个周期中的整数。特别要指出的是,每个周期中的高折射率介质厚度和低折射率介质厚度并不是一个定值,以不同厚度的高低折射率介质层组合达到对入射角小于 36 度的各个角度出射光的高反射率。

[0053] 降低加热温度至 50 度,采用钼舟蒸镀反射金属银,蒸镀速率为 10 埃每秒,较快的沉积速率有利于提高金属银的反射率,银膜层厚度为 150 纳米。通过金属银和高低折射率多层介质膜结构的组合可以使入射角小于 36 度的光线的平均反射率大于 98%。结合背镀层一的效果,可以使射向 p 型氮化镓的光线,在全角度的反射率达到 99% 以上。接近 100% 反射的极限,将不同角度射向非出光面的光线全部反射回去。因此,反射回去的光线由出光面射出不但提高了 LED 的提取效率,而且由于射向非出光面的出射光减少,降低了热量的聚集,从而提高了 LED 的出光效率和可靠性。

[0054] 本步骤中,第二背镀层 402 的总厚度范围是 200 纳米到 5000 纳米；

[0055] 本步骤中,第二背镀层 402 的作用是反射入射角小于 36 度的出射光。

[0056] 步骤三、在第二背镀层 402 上生长单层金属膜或多层金属膜系组合,作为第三背镀层 403；

[0057] 本步骤中,单层金属膜或多层金属膜系组合的材料为 Au、Ni、Cr、Ti 中的一种或几种的组合；

[0058] 本步骤中,第三背镀层 403 的厚度范围是 50 纳米到 1000 纳米。

[0059] 本步骤中,第三背镀层 403 作为金属保护膜防止第二背镀层 402 中的反光金属层氧化导致的反射率下降,同时作为与导热基板相连时的金属散热膜层。。

[0060] 步骤四、用 ICP 依次蚀刻第三背镀层 403、第二背镀层 402、第一背镀层 401 的指定区域,直到露出电流扩散层,再对 p 型氮化镓层、电流扩散层和有源区发光层的指定区域依次进行刻蚀,直至露出 n 型氮化镓层;在露出的 n 型氮化镓层上制作 n 电极;在 p 型氮化镓层上制作 p 电极,并将 p 电极和 n 电极与导热基板上的对应电极通过共晶方式焊接,同时需要保障第三背镀层 403 与导热基板的良好接触。形成如图 4 所示的本发明是蓝宝石衬底的氮化镓基 LED 倒装结构剖面图。

[0061] 以上所述,仅为本发明的较佳实施例而已,并非用于限定本发明的保护范围。凡在

本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

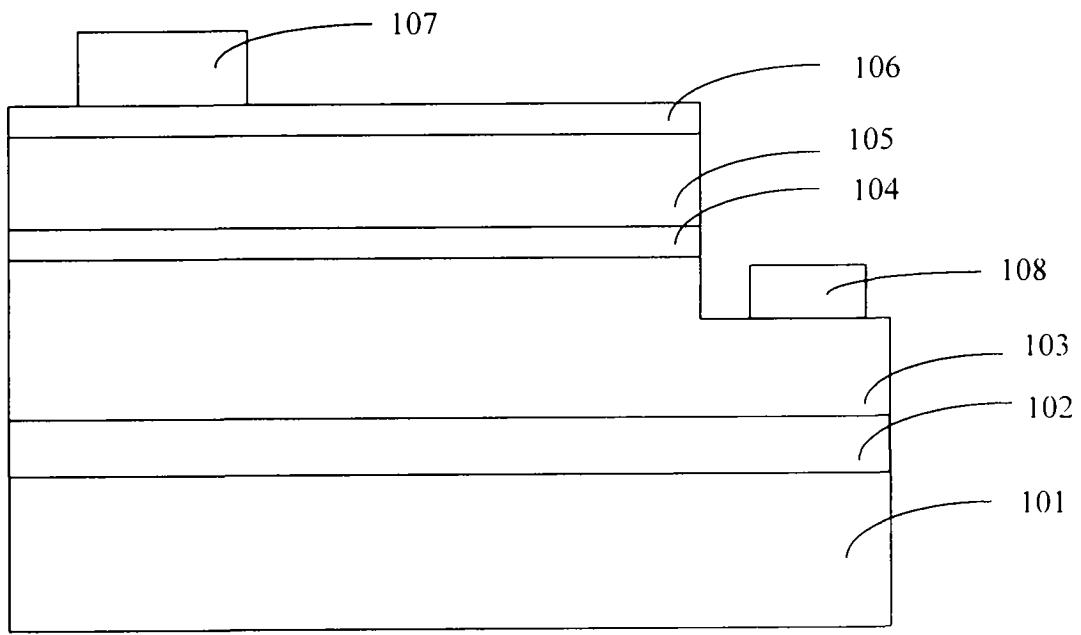


图 1

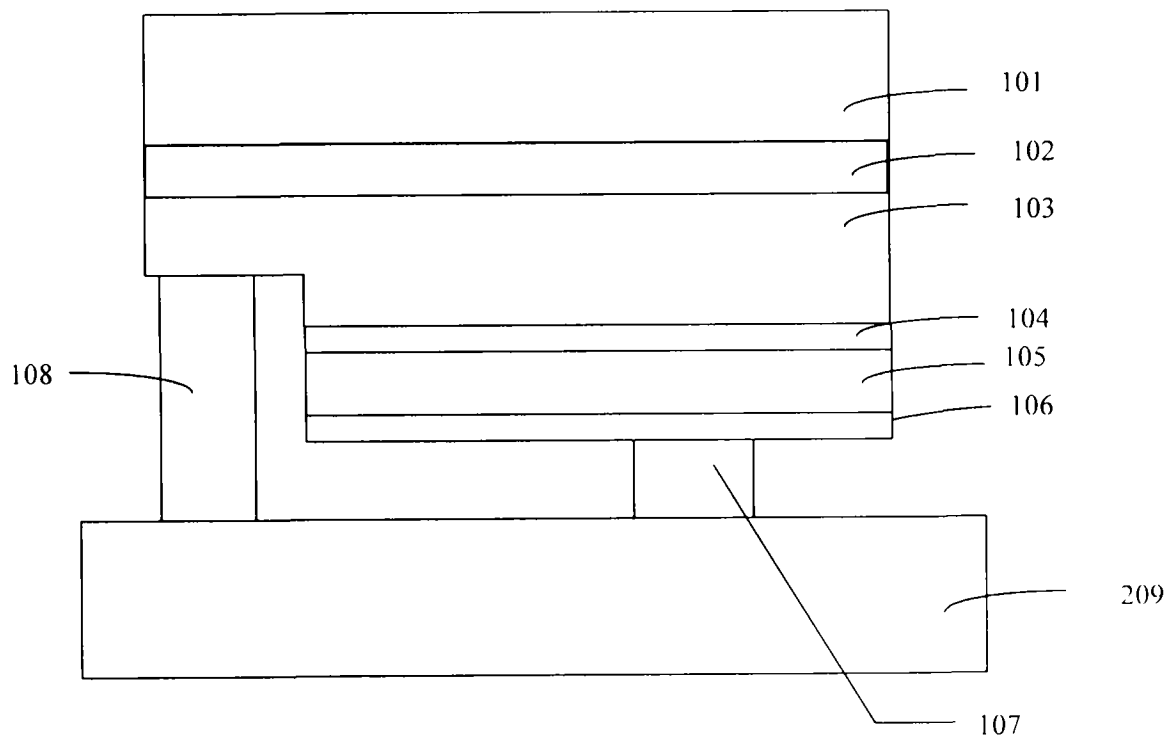


图 2

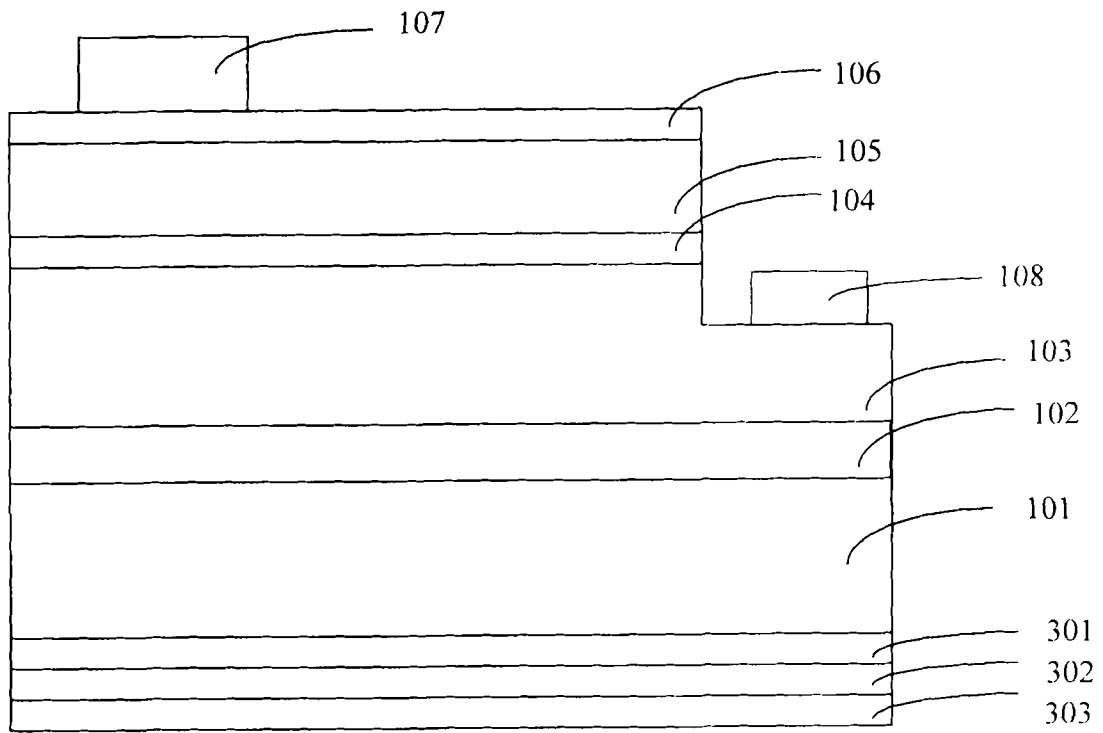


图 3

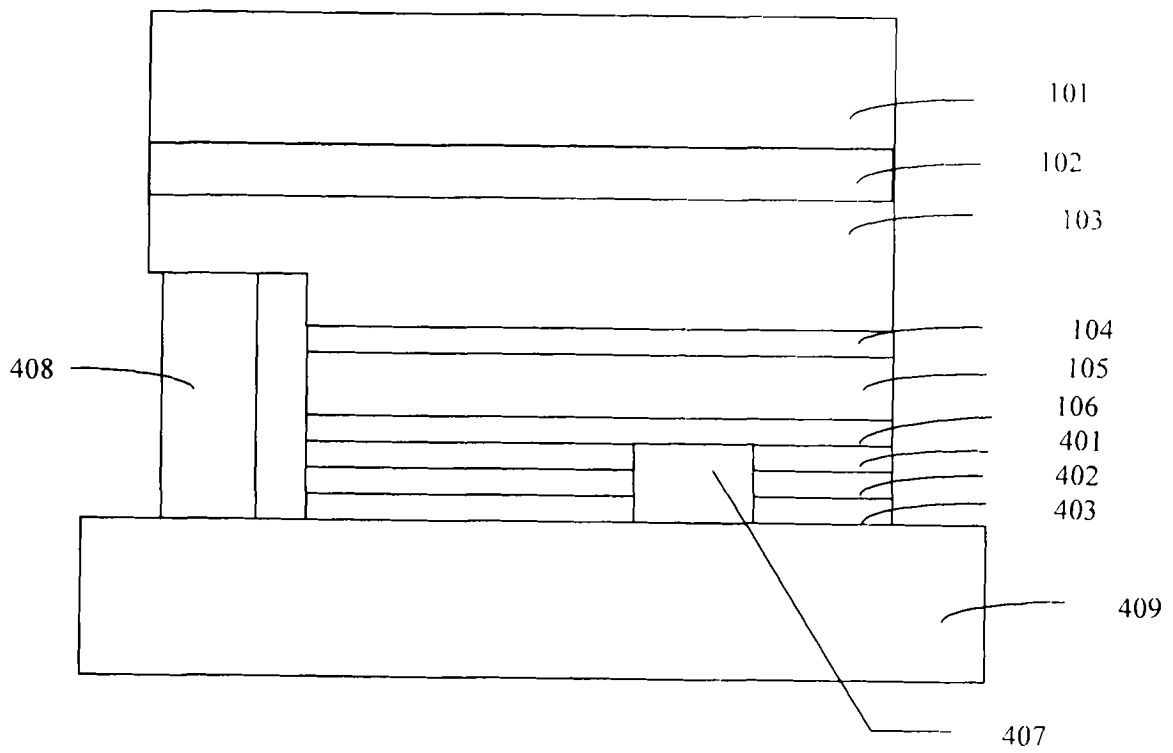


图 4