



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102150272 B

(45) 授权公告日 2015. 03. 11

(21) 申请号 200980110389. 2

31-45 段, 附图 1-2.

(22) 申请日 2009. 03. 27

EP 1746641 A1, 2007. 01. 24, 说明书第

25-26 段, 附图 1.

(30) 优先权数据

61/041, 172 2008. 03. 31 US

US 2005/0189551 A1, 2005. 09. 01, 全文.

12/120, 051 2008. 05. 13 US

US 2007/0221907 A1, 2007. 09. 27, 全文.

US 2007/0096121 A1, 2007. 05. 03, 全文.

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

审查员 张跃

2010. 09. 21

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2009/038695 2009. 03. 27

(87) PCT国际申请的公布数据

W02009/123936 EN 2009. 10. 08

(73) 专利权人 马帝斯 IP 股份有限公司

地址 美国加利福尼亚

(72) 发明人 林朝坤 刘恒

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 张伟 王英

(51) Int. Cl.

H01L 29/20(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2005/0173715 A1, 2005. 08. 11, 说明书第

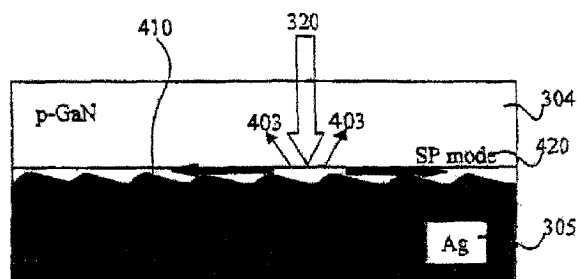
权利要求书3页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

具供设置反射性电极的平滑表面的发光二极管

(57) 摘要

一种发光二极管包括外延层结构、第一电极、以及第二电极。第一电极和第二电极分开设置在外延层结构上, 外延层结构在形成有第一电极的表面上的均方根粗糙度小于大约 3。



1. 一种发光二极管,该发光二极管包括:
外延层结构;
第一电极;以及
第二电极,
其中
所述第一电极和所述第二电极设置在所述外延层结构上,
所述外延层结构包括第一外延层和第二外延层,
所述第二外延层是 p 型外延层,
所述第二电极形成在所述第二外延层上,并且,
所述第二外延层的形成有所述第二电极的表面具有小于 3nm 的均方根粗糙度,其中,
所述第一外延层在所述第一电极与所述第二外延层之间,而所述第二外延层在所述第二电极与所述第一外延层之间。
2. 根据权利要求 1 所述的发光二极管,其中,所述第二电极包括从包括 Ag、Pt、Ni、Cr、Ti、Al、Pd、W、Ru、Rh、Mo 和它们的合金的组中选择的金属。
3. 根据权利要求 1 所述的发光二极管,其中,所述第二外延层是使用金属有机化合物溶液、通过金属有机化学气相淀积来淀积的。
4. 根据权利要求 3 所述的发光二极管,其中,所述第二外延层是以不低于 950℃ 的温度和不超过 150 Å / 分钟的生长速度来形成的。
5. 根据权利要求 1 所述的发光二极管,该发光二极管还包括形成在所述第二外延层与所述第二电极之间的透明欧姆接触层。
6. 根据权利要求 5 所述的发光二极管,其中,所述透明欧姆接触层的与所述第二电极相邻的表面具有小于 3nm 的均方根粗糙度。
7. 根据权利要求 1 所述的发光二极管,其中,所述第一电极和所述第二电极淀积在所述外延层结构的任一侧。
8. 根据权利要求 7 所述的发光二极管,其中,所述第二电极安装在衬底上。
9. 根据权利要求 8 所述的发光二极管,其中,所述衬底是从包括金属、半导体材料以及陶瓷的组中选择的。
10. 根据权利要求 9 所述的发光二极管,其中,所述金属包括从包括 Cu、Mo、W 和 Al 的组中选择的至少一种,其中,所述半导体材料包括从包括 Si、GaAs、GaP、InP 和 Ge 的组中选择的至少一种,并且其中,所述陶瓷包括从包括 Al₂O₃ 和 AlN 的组中选择的至少一种。
11. 根据权利要求 1 所述的发光二极管,其中,所述第二电极是反射电极。
12. 根据权利要求 11 所述的发光二极管,其中,所述第一外延层是 n 型外延层并且所述 n 型外延层在所述第一电极与所述 p 型外延层之间,而所述 p 型外延层在所述第二电极与所述 n 型外延层之间,并且其中,所述第一电极位于所述 n 型外延层上。
13. 根据权利要求 11 所述的发光二极管,其中,所述第一电极和所述第二电极安装在衬底上。
14. 根据权利要求 13 所述的发光二极管,其中,所述第一电极和所述第二电极经由焊料焊接和金属互连中的一种安装在所述衬底上。

15. 根据权利要求 13 所述的发光二极管,其中,所述衬底是从包括金属、半导体材料以及陶瓷的组中选择的。

16. 根据权利要求 15 所述的发光二极管,其中,所述金属包括从包括 Cu、Mo、W 和 Al 的组中选择的至少一种,其中,所述半导体材料包括从包括 Si、GaAs、GaP、InP 和 Ge 的组中选择的至少一种,并且其中,所述陶瓷包括从包括 Al_2O_3 和 AlN 的组中选择的至少一种。

17. 根据权利要求 13 所述的发光二极管,其中,所述衬底上具有绝缘涂层。

18. 一种制造发光二极管的方法,该方法包括以下步骤:

形成包括第一外延层和第二外延层的外延层结构,其中所述第二外延层是 p 型外延层;和

在所述外延层结构上淀积第一电极和第二电极,其中所述第二外延层在形成有所述第二电极的表面上具有小于 3nm 的均方根粗糙度,

其中所述第一外延层在所述第一电极与所述第二外延层之间,而所述第二外延层在所述第二电极与所述第一外延层之间。

19. 根据权利要求 18 所述的方法,其中,通过淀积金属来形成所述第二电极,所述金属包括从包括 Ag、Pt、Ni、Cr、Ti、Al、Pd、W、Ru、Rh、Mo 和它们的合金的组中选择的至少一种。

20. 根据权利要求 18 所述的方法,其中,在所述第二外延层上形成所述第二电极。

21. 根据权利要求 18 所述的方法,该方法还包括以下步骤:在所述第一外延层与所述 p 型外延层之间形成有源层,其中所述第一外延层是 n 型外延层。

22. 根据权利要求 18 所述的方法,该方法还包括以下步骤:淀积在所述第二外延层与所述第二电极之间形成的透明欧姆接触层。

23. 根据权利要求 22 所述的方法,其中,所述透明欧姆接触层的与所述第二电极相邻的表面具有小于 3nm 的均方根粗糙度。

24. 根据权利要求 18 所述的方法,其中,使用金属有机化合物溶液、经由金属有机化学气相淀积来形成所述第二外延层。

25. 根据权利要求 24 所述的方法,其中,以不低于 950℃ 的温度和不超过 $150 \text{ Å} / \text{分钟}$ 的生长速度来形成所述第二外延层。

26. 根据权利要求 18 所述的方法,其中,在所述外延层结构的任一侧上淀积所述第一电极和所述第二电极。

27. 根据权利要求 26 所述的方法,其中,所述发光二极管是垂直发光二极管器件。

28. 根据权利要求 26 所述的方法,其中,在衬底上安装所述第二电极。

29. 根据权利要求 28 所述的方法,其中,从包括金属、半导体材料以及陶瓷的组中选择所述衬底。

30. 根据权利要求 29 所述的方法,其中,所述金属包括从包括 Cu、Mo、W 和 Al 的组中选择的至少一种,其中,所述半导体材料包括从包括 Si、GaAs、GaP、InP 和 Ge 的组中选择的至少一种,并且其中,所述陶瓷包括从包括 Al_2O_3 和 AlN 的组中选择的至少一种。

31. 根据权利要求 18 所述的方法,其中,所述第二电极是反射电极。

32. 根据权利要求 31 所述的方法,其中,所述外延层结构包括 n 型外延层,其中,所述 n 型外延层在所述第一电极与所述 p 型外延层之间,而所述 p 型外延层在所述第二电极与所述 n 型外延层之间,并且其中,所述第一电极位于所述 n 型外延层上。

33. 根据权利要求 31 所述的方法,该方法还包括以下步骤:在衬底上安装所述第一电极和所述第二电极。

34. 根据权利要求 33 所述的方法,其中,经由焊料焊接和金属互连中的一种将所述第一电极和所述第二电极安装在所述衬底上。

35. 根据权利要求 33 所述的方法,其中,所述衬底上具有绝缘涂层。

36. 根据权利要求 33 所述的方法,其中,通过淀积从包括金属、半导体材料以及陶瓷的组中选择的一种来形成所述衬底。

37. 根据权利要求 36 所述的方法,其中,所述金属包括从包括 Cu、Mo、W 和 Al 的组中选择的至少一种,其中,所述半导体材料包括从包括 Si、GaAs、GaP、InP 和 Ge 的组中选择的至少一种,并且其中,所述陶瓷包括从包括 Al_2O_3 和 AlN 的组中选择的至少一种。

具供设置反射性电极的平滑表面的发光二极管

技术领域

[0001] 本发明涉及发光二极管(LED)结构,更具体地,涉及一种具有用于反射电极的光滑表面的LED结构。

背景技术

[0002] 发光二极管(LED)已开发很多年了,其广泛用于各种光应用场合。由于LED重量轻,耗能少,并且具有很好的电能-光转换效率,在一些应用领域,已经希望用LED取代诸如白炽灯和荧光光源等传统光源。这样的LED以相对较窄的角度扩散方向发光,不产生侧光,从而光不能容易地被封装中的光学元件收集。换言之,相比于安装有蓝宝石衬底的常规横向LED,薄膜AlInGaLED每立体弧度产生更多的光,并且由此产生的光子可以被高效利用。然而,目前的LED的效率(流明/瓦)仍然没有高到足以替代常规光源用于一般照明或者其它光应用场合。

[0003] 因此,需要一种技术来改进LED的结构,使得它们以比常规LED更高效的方式发光。

发明内容

[0004] 在本发明的一个方面中,一种发光二极管包括外延层结构、第一电极、以及第二电极。所述第一电极和所述第二电极分开设置在所述外延层结构上,而所述外延层结构在形成有所所述第二电极的表面上具有小于约3nm的RMS(均方根)粗糙度。

[0005] 在本发明的另一个方面中,一种制造发光二极管的方法包括以下步骤:形成外延层结构,和在所述外延层结构上分开淀积第一电极和第二电极。所述外延层结构在形成有所所述第二电极的表面上具有小于约3nm的RMS粗糙度。

[0006] 可以理解,根据以下详细描述,本发明的其它方面对于本领域技术人员也将变得非常明显,其中,仅以例示的方式示出并描述了本发明的示例方面。应当明白,本发明包括其它不同方面,并且它的一些细节在各种其它方面中能够修改,所有这些都没有脱离本发明的精神和保护范围。因此,附图和详细描述应被认为在本质上是例示性的而非限制性的。

附图说明

[0007] 以举例而非限制的方式在附图中例示了本发明的各个方面,其中:

[0008] 图1A是垂直LED结构的截面图。

[0009] 图1B是垂直LED结构的俯视图,其中示出了构图的n接触部。

[0010] 图2A是具有金属接点和基座(sub-mount)的倒装横向LED结构的截面图。

[0011] 图2B是在倒装到基座之前同时具有p电极和n电极的倒装横向LED结构的俯视图。

[0012] 图3例示了在垂直LED结构中出现的示例光提取。

[0013] 图4是p-GaN层和银(Ag)层之间的粗糙界面的示意图,其示出了粗糙界面对入射

光进行散射,并将光耦合成表面等离子模式(surface Plasmonmode)。

[0014] 图 5A-5C 例示了制造垂直 LED 的过程,其中,该垂直 LED 具有用于形成反射电极的光滑表面。

[0015] 图 6A-6C 例示了制造倒装横向 LED 结构的过程,其中,该倒装横向 LED 结构具有用于形成反射电极的光滑表面。

具体实施方式

[0016] 以下结合附图阐述的详细描述意在作为对本发明的多个方面的描述,而不是用来表示可以实现本发明的所有方面。所述详细描述包括用来提供对本发明的透彻理解的具体细节。然而,本领域技术人员应明白,无需这些具体细节,也可以实现本发明。在一些情况中,以框图形式示出了公知的结构和组件,以避免掩盖本发明的概念。

[0017] 图 1A 和 1B 分别例示了垂直 LED 的截面图和俯视图。如图 1A 所示,垂直 LED 器件 100 具有垂直电流注入结构,该垂直电流注入结构包括构图的 n 型接触部(或 n 型电极)101、具有粗糙表面的 n 型 GaN 基材料层(n-typeGaN-based layer)102、有源区 103、p 型 GaN 基材料层(p-type GaN-based layer)104、宽区域反射性 p 型接触部(或 p 型电极或反射性 p 电极)105、以及用来机械支承该器件结构的导热和/或导电衬底 106。

[0018] 在制造过程中,在衬底(未示出)上形成 n 型 GaN 基材料层 102,在 n 型 GaN 基材料层 102 上形成有源区 103,并且在有源区 103 上形成 p 型 GaN 基材料层 104,然而,也可以包括其它层。直接或间接地在 p 型 GaN 基材料层 104 上形成 p 型电极 105。去除其上形成了 n 型 GaN 基材料层 102 的衬底,从而可以在 n 型 GaN 基材料层 102 的接合到被去除的衬底的表面上形成构图的 n 型电极 101。在用于机械支承的导热衬底 106 上安装反射性 p 型电极 105。

[0019] 由于 n 型 GaN 基材料层 102 和 p 型 GaN 基材料层 104 彼此相对,它们一起形成了针对有源区 103 的一对载流子注入器。因此,当向 LED 器件 100 提供电源时,电子和空穴将在有源区 103 中结合,从而以光的形式释放能量。在图 1A 中,LED 器件 100 内部的箭头示出,从 p 型电极 105 向构图的 n 型电极 101 大致垂直地形成电通路。图 1B 示出了图 1A 中的垂直 LED 的俯视图,其中,示出了具有四个指部和一个横条的 n 型接触部。本领域技术人员应明白,n 型接触部的电极图案并不限于所示的电极图案。

[0020] 图 2A 例示了倒装横向 LED 器件 200 的截面图。如图所示,通过将具有横向电流注入结构的横向 LED 器件 200' 翻转并安装在具有匹配金属接触焊盘 208 的基座衬底 207 上,形成了倒装横向 LED 器件 200。基座衬底 207 可以电绝缘或导电。可以通过形成电绝缘基座 207 或者通过在导电基座(未示出)上形成绝缘介电涂层,来将金属接触焊盘 208 彼此电隔离。横向 LED 器件 200' 包括具有粗糙表面的 n 型 GaN 基材料层 201、形成在 n 型 GaN 基材料层 201 上的有源区 202、p 型 GaN 基材料层 203、p 型电极 204、以及 n 型电极 205。

[0021] 在制造过程中,在形成所述 n 型电极之前,去除 p 型电极 204、有源区 202、以及 p 型 GaN 基材料层 203 各自的一部分,使得在 n 型 GaN 基材料层 201 的顶部形成 n 型电极 205。在图 2A 中,LED 器件 200' 内部的箭头示出,从 p 型电极 204 到 n 型电极 205 形成了电通路。在形成 n 型电极 205 之后,翻转 LED 器件 200',并将该 LED 器件 200' 经由焊料或金属互连 206 安装在基座衬底 207 上,以形成倒装横向 LED 器件 200。

[0022] 图 2B 示出了图 2A 中的 LED 器件 200' 在被翻转安装到基座衬底 207 上之前的俯视图。图 2B 示出, p 型电极 204 的面积比 n 型电极 205 的面积大。

[0023] 利用 GaN 基材料形成了图 1A-1B 和图 2A-2B 的 LED 器件中的 n 型 GaN 基材料层、p 型 GaN 基材料层、以及有源层。当向 LED 器件施加电压, 被注入的载流子 (即, 空穴和电子) 在有源层中复合, 从而产生光辐射。所述 GaN 基材料的反射率在 460nm 波长处约为 2.4。如果 GaN 基材料层和附近空气 (或者其它封装材料) 之间的界面处的光入射角大于临界角, 则由于全内反射 (TIR), 在 LED 器件内产生的光的绝大部分容易被捕获在该 LED 器件内部。根据 Snell 折射定律, GaN/ 空气界面处的临界角大约为 24.6 度。常规上, 为了增加光从 LED 器件逃逸出的机会, LED 器件的顶部表面被随机粗糙化, 以打破 TIR 的限制。

[0024] 现在将参考图 3 描述 LED 器件的光提取。图 3 所示的 LED 器件 300 是垂直 LED 器件, 其包括 GaN 基材料结构 310, 该 GaN 基材料结构 310 包括 n 型 GaN 基材料层 302、有源区 303、p 型 GaN 基材料层 304、n 型电极 301、以及安装在衬底 306 上的 p 型电极 305。标号 320 表示在 LED 器件 300 内产生的光的行进方向。通常, 从有源区 303 发射出的光具有 50/50 的机会传播到 LED 器件 300 的顶部表面或底部表面。使用 p 型电极 (在本文中也可替换地称为反射电极) 重定向所述光, 使其传播回 LED 器件 300 的顶部表面, 如图 3 所示。反射电极 305 通常包含金属, 并且反射电极 305 的反射率被设置得尽可能高, 以减少反射损耗, 因为, 光辐射在从 LED 器件逸出之前趋向于被反射多次, 如图 3 所示。

[0025] 银 (Ag) 是形成 AlInGa_N LED 器件的反射电极的合适金属, 因为 Ag 在关注波长范围 (即, 400-700nm) 内具有高反射率, 并且该材料可以与 p 型 GaN 基材料层形成欧姆接触。由于在制造 GaN 基材料结构中使用的的外延生长工艺和生长条件, p 型 GaN 基材料层上通常有一定粗糙度。

[0026] 图 4 是图 3 中的 p 型 GaN 基材料层 304 和包括 Ag 的 p 型电极 305 的放大图, 示出了 LED 器件 300 内的光提取。通常, 由于如图 4 所示的粗糙 GaN/Ag 界面 410 所导致的散射效应 403 和表面等离子振子 (SP) 吸收 420, 从 p 型 GaN 基材料层侧测得的 Ag 的正入射反射率低于根据简单光学模型计算得出的期望值。粗糙界面 410 沿随机的方向对正入射光进行散射, 从而减少了所有波长上的镜面反射。由于光子将继续在 LED 器件内反射, 并最终将从 LED 器件逸出到例如附近的空气中, 因此, 在散射过程中通常不会丢失光子。然而, 耦合表面等离子振子 (SP) 模式 420 的光子通常不能逸出, 从而最终被丢失。结果, SP 吸收对于反射率测量具有显著影响。根据实验测量, SP 吸收的强度通常与界面粗糙程度相关。即使 SP 吸收的峰值可能低于 400nm, 但是, 该吸收的宽度仍然宽到足以显著降低约 460nm 的波长附近的 Ag 反射率。

[0027] 可以通过物理 (例如, 电子束或热) 蒸发过程将 p 型电极 (例如, Ag 电极) 淀积在 p 型 GaN 基材料层上, 并且, 如果正确执行该淀积, 则 Ag 将无空隙地贴合 p 型 GaN 基材料层表面。p 型 GaN 基材料层 /Ag 界面的粗糙度由 p 型 GaN 基材料层的质量决定。然而, 淀积过程或接触退火过程期间生成的空隙的存在可以增加界面的粗糙度, 从而进一步提高 SP 吸收。

[0028] 为了在 p 型 GaN 层 /Ag 电极界面处实现高反射率值, 提供这样一种 LED 器件, 其中, p 型 GaN 基材料层具有小于约 3nm 的均方根 (RMS) 粗糙度, 以确保 p 型 GaN 基材料层 /Ag 电极界面有合适的光洁度, 从而最小化 SP 吸收。

[0029] 在一种变型例中,提供了一种制造具有光滑表面的 p 型 GaN 基材料层的方法,使得可以最大程度地减少 SP 吸收。

[0030] 图 5A-5C 和图 6A-6C 分别示出了垂直 LED 器件 500 和倒装横向 LED 器件 600 的制造过程。除了关于 n 型电极的形成以及最后的安装之外,图 5A 和 6A 的处理基本遵循类似的制造步骤。

[0031] 在图 5A 中,在诸如蓝宝石衬底 501 的衬底上形成 n 型 GaN 基材料层 502。在 n 型 GaN 基材料层 502 上方,形成有源层 503 和 p 型 GaN 基材料层 504。在一个示例中,优选地将 p 型 GaN 基材料层 504 的将与 p 型电极 505 接触(如图 5B 所示)的表面的 RMS 粗糙度控制为小于约 3nm。在一个示例中,在具有受控压力和温度的反应室中,使用诸如三甲基镓(TMGa)、三甲基铟(MTIn)、三甲基铝(TMAI)的金属有机化合物和氨、氢、氮以及用于硅和镁的掺杂前导物,通过 MOCVD(金属有机化学气相淀积),来形成 p 型 GaN 基材料层 504。此外,淀积过程中的生长温度优选地高于 950°C,并且,生长速率优选地小于约 150 Å/分钟。

[0032] 在淀积了 RMS 粗糙度小于约 3nm 的 p 型 GaN 基材料层之后,如图 5B 所示,在 p 型 GaN 基材料层 504 上形成 p 型电极 505。另选的是,在淀积 p 型电极 505 之前,可以在 p 型 GaN 基材料层 504 上形成透明欧姆接触层(未示出)。例如,可以通过电子束蒸发法、溅射法、MOCVD 等,利用诸如铟锡氧化物(TTO)或者铝掺杂氧化锌(AZO)的掺杂金属氧化物,来形成该透明欧姆接触层。类似地,当存在该透明欧姆接触层时,无论 p-GaN 表面的 RMS 粗糙度为多少,都可以把该透明欧姆接触层的 RMS 粗糙度控制得小于约 3nm。

[0033] 如上所述,图 5B 和 5C 的 p 型电极 505 是用来将向下发射的光反射回 LED 器件的顶部表面的反射层,如图 5B 和 5C 所示。在形成 p 型电极 505 中所使用的示例金属包括 Ag、Pt、Ni、Cr、Ti、Al、Pd、Ru、Rh、Mo 以及它们的合金。

[0034] 在一种变型例中,在形成 p 型电极 505 之后,从 n 型 GaN 基材料层 502 去除衬底 501,以使得在 n 型 GaN 基材料层 502 的接合到衬底 501 的表面上形成 n 型电极 506,如图 5C 所示。根据传统的粗糙化方法对其上形成有 n 型电极 506 的 n 型 GaN 基材料层 502 的表面进行粗糙化,以便最小化全内反射(TIR)效应,并提高光提取效率。而且,如图 5C 所示,可以在用于机械支承的基座衬底 508 上安装 p 型电极 505。基座衬底 508 可以包括与在衬底 501 中所使用的材料类似的材料。即,可以从以下材料中的一种或更多种中选择基座衬底 508:诸如 Cu、Mo、W 和 Al 的金属或它们的合金;诸如 Si、GaAs、GaP、InP 和 Ge 的半导体材料;以及/或者诸如 Al₂O₃ 和 AlN 的陶瓷。

[0035] 现在将详细描述图 6A-6C。类似于图 5A,在图 6A 中,在诸如蓝宝石衬底 601 的衬底上形成了 n 型 GaN 基材料层 602、有源层 603 和 p 型 GaN 基材料层 604。如上参考图 5A 所述,可以在具有受控压力和温度的反应室中,使用诸如三甲基镓(TMGa)、三甲基铟(MTIn)、三甲基铝(TMAI)的金属有机化合物和氨、氢、氮以及用于硅和镁的掺杂前导物,通过 MOCVD(金属有机化学气相淀积),来形成 p 型 GaN 基材料层 503。淀积过程中的生长温度优选地高于约 950°C,并且,生长速率优选地小于约 150 Å/分钟。此外,p 型 GaN 基材料层的 RMS 粗糙度例如可以小于约 3nm。

[0036] 接着,在图 6B 中,在 p 型 GaN 基材料层 604 上形成透明欧姆接触层 609 和反射性 p 型电极 605。如上所述,透明欧姆接触层 609 是可选的,而不构成对本发明保护范围的限制。与反射电极 605 直接接触的表面(例如,p-GaN 表面或透明欧姆接触层表面)的 RMS 粗

糙度可以小于 3nm。

[0037] 作为倒装横向 LED 器件 600, 图 6C 示出了反射性 p 型电极 605、透明欧姆接触层 609 以及 p 型 GaN 基材料层 604 各自的一部分被刻蚀掉, 使得在 n 型 GaN 基材料层 602 上形成 n 型电极 606, 如图 6C 所示。然后, 翻转通过该工艺制作的 LED 结构, 并将其经由焊料接点或金属互连 610 安装在带匹配金属接触焊盘 611 的基座衬底 608 上。通过电绝缘基座 608 或者在导电基座 (未示出) 上形成的绝缘介电涂层, 将金属接触焊盘 611 彼此电隔离。

[0038] 现在已经根据以上优点描述了根据本发明各方面的示例实施方式。可以理解, 这些示例仅仅只是对本发明各方面的例示。很多变型例和修改例对于本领域技术人员而言都是清楚的。

[0039] 提供以上描述以使本领域技术人员能够实现本文描述的各种方面。本领域技术人员容易明白对于这些方面的各种修改, 本文限定的一般原理可以应用于其它方面。因此, 权利要求不限于本文所述的各方面, 而是与语言权利要求一致的全部保护范围相符合, 其中, 除非明确指出, 否则, 以单数形式提及要素并不是指“一个且仅有一个”, 而是指“一个或更多个”。除非明确指出, 否则, 词语“一些”是指一个或更多个。通过引用, 将本领域技术人员已知的或者以后将知道的关于贯穿本文所描述的各个方面的要素的结构和功能等同例明确并入本文, 并且这些等同例被涵盖在权利要求的保护范围之内。此外, 不管是否在权利要求中明确陈述了这样的公开内容, 本文公开的任何内容都不是专用于公众的。不应根据 35U. S. C. § 112 第 6 款的规定来理解权利要求要素, 除非使用表述“用于……的单元”来明确陈述该要素, 或者, 在方法权利要求的情况下, 使用表述“用于……的步骤”来陈述该要素。

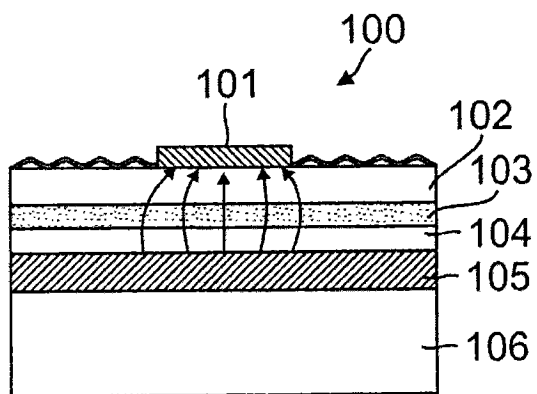


图 1A

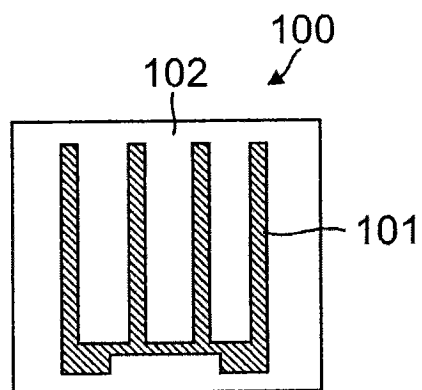


图 1B

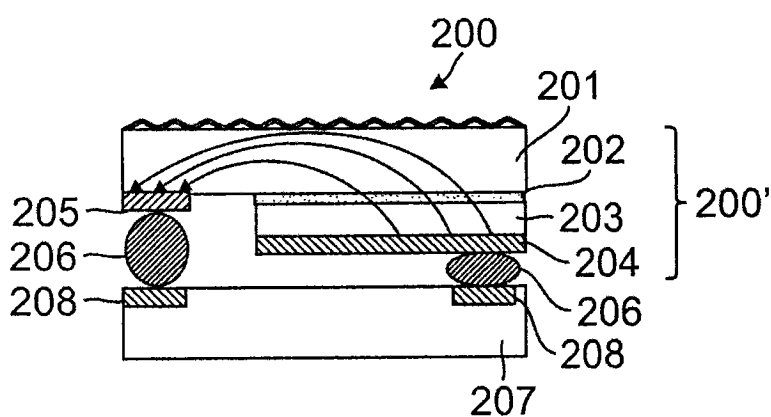


图 2A

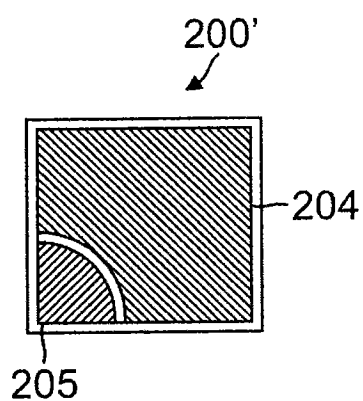


图 2B

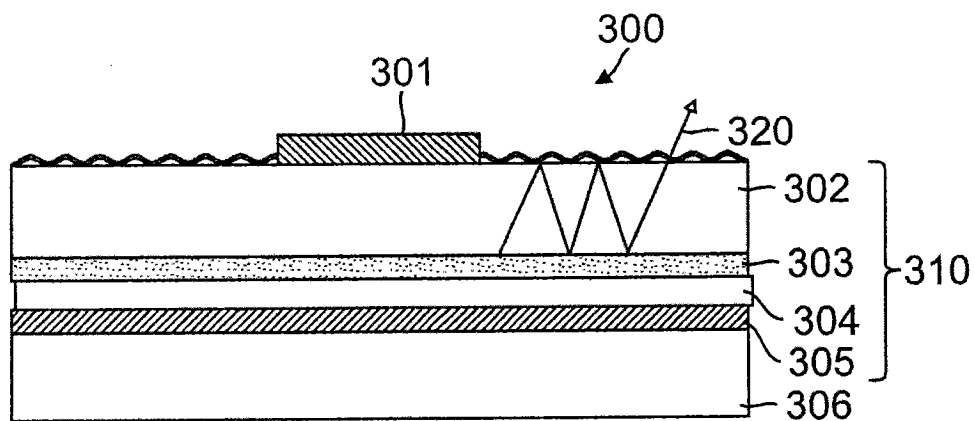


图 3

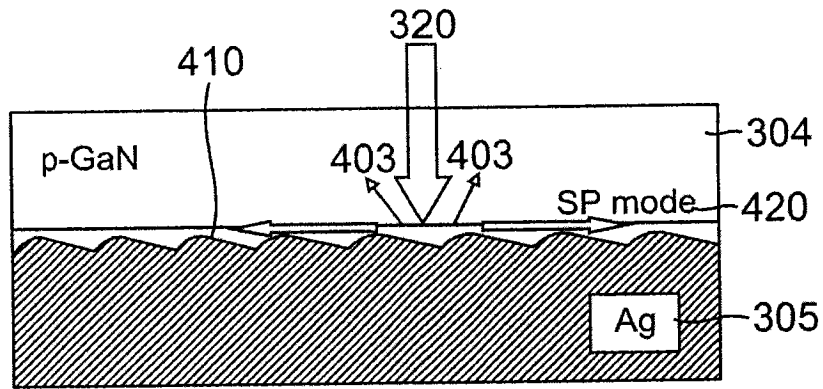


图 4

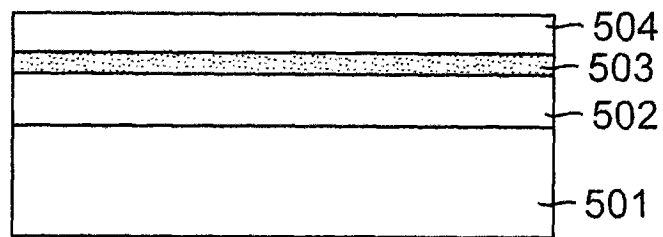


图 5A

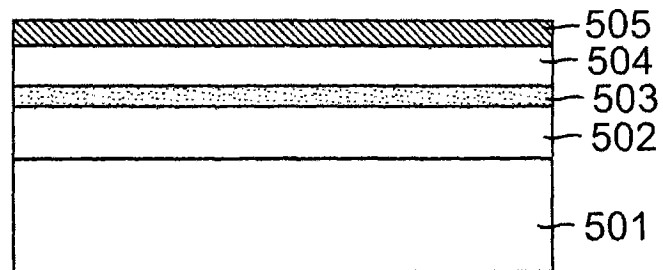


图 5B

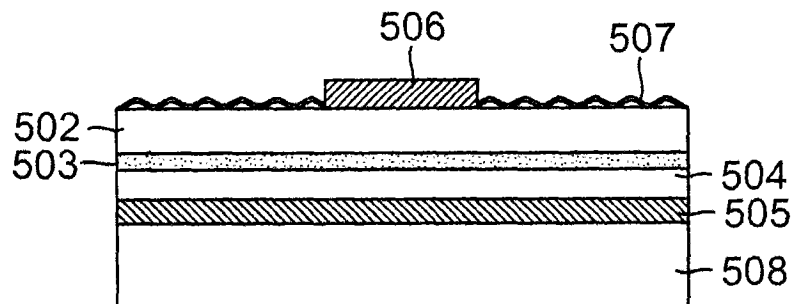


图 5C

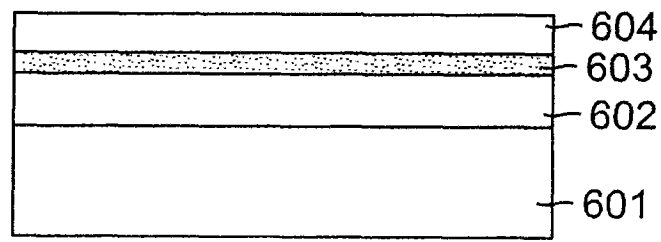


图 6A

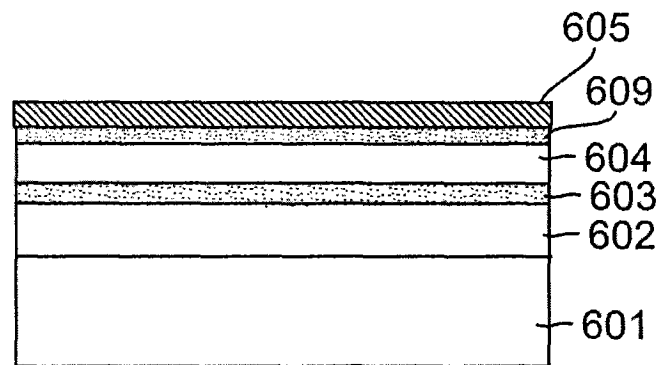


图 6B

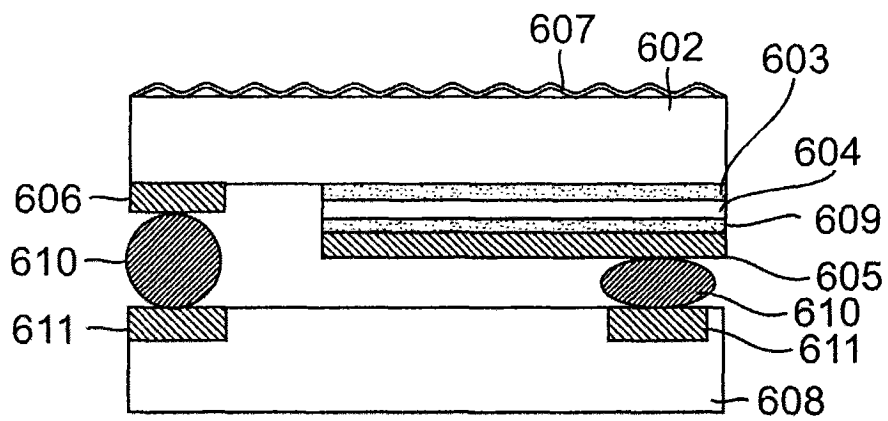


图 6C