(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101164209 B
(45)授权公告日 2011.07.06

(21)申请号 200680008336.6

(22)申请日 2006.03.10

(30)优先权数据
11/080,022 2005.03.14 US

(85)PCT申请进入国家阶段日
2007.09.14

(86)PCT申请的申请数据
PCT/IB2006/050756 2006.03.10

(87)PCT申请的公布数据
WO2006/097878 EN 2006.09.21

(73)专利权人 飞利浦拉米尔德斯照明设备有限责任公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 J·J·小韦勒 M·G·克拉福特 J·埃普勒 M·R·卡拉梅斯

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
代理人 龚海军 谭祐祥

(51)Int.Cl.
H01S 5/02(2006.01)
H01S 5/323(2006.01)
H01S 5/343(2006.01)
H01L 33/00(2010.01)

(56)对比文件
CN 1365136 A,2002.08.21, 全文.
CN 1433579 A,2003.07.30, 全文.
US 5432808 A,1995.07.11, 全文.
US 6515313 B1,2003.02.04, 全文.
US 2002/0110172 A1,2002.08.15, 说明书第0017段到0029段,附图1-3.
EP 1385215 A2,2004.01.28, 全文.
J.J. Wierer ET AL. ingan/gan quantum-well heterostructure light-emitting diodesemploying pnotonic crystal structures. applied physics letters84 19.2004,84(19),3885-3887.
Hiroshi Wada et al. novel current-blocking structures in semiconductor lasersusing directly bonded inp-sio2-inp. IEEE photonics technology letters6 12.1994,6(12),1403-1405.

审查员 白建辉

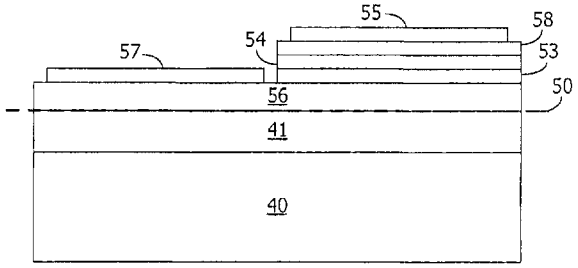
权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 7 页

(54)发明名称

反向极化的III族氮化物发光器件

(57)摘要

一种器件结构,包括设置在p型区(54、58)和n型区(56)之间的III族氮化物纤锌矿半导体发光区(53)。键合的界面(50)设置在两个表面之间,其中的一个表面是所说器件结构的表面。键合的界面便于在发光区中纤锌矿c轴的取向,该取向限制发光区中的载流子,有可能增加在高电流密度情况下的效率。



CN 101164209 B

1. 一种半导体发光器件，包括：

器件结构，所述器件结构包括 p 型区、n 型区和设置在 p 型区和 n 型区之间的 III 族氮化物发光区，所述发光区包括纤锌矿晶体结构；和

设置在两个表面之间的键合的界面，其中的一个表面是所述器件结构的表面；

其中纤锌矿 c 轴穿过设置在发光区和 p 型区之间的界面指向所述发光区，所述纤锌矿 c 轴定义为从 III 族氮化物晶胞的氮面指向 III 族氮化物晶胞的镓面；

其中所述 III 族氮化物晶胞的氮面是面对 p 型区的晶体表面。

2. 权利要求 1 的半导体发光器件，其中两个表面都是 GaN。

3. 权利要求 1 的半导体发光器件，其中两个表面之一是从下面的组中选择出来的：GaN、AlN、InGaN、SiC、Si。

4. 权利要求 1 的半导体发光器件，其中器件结构的表面是 III 族氮化物的表面，所述 III 族氮化物的表面是 p 型、n 型和未经掺杂的之一。

5. 权利要求 1 的半导体发光器件，其中两个表面之一包括电介质层。

6. 权利要求 5 的半导体发光器件，其中电介质层是从下面的组中选择出来的：SiO_2、Si_3N_4、SiON、TiO_2、SiO_2、SnO_2、ZrO_2、ZnO、MgF_2、Al_2O_3。

7. 权利要求 1 的半导体发光器件，其中两个表面之一是有纹理结构的。

8. 权利要求 7 的半导体发光器件，其中有纹理结构的表面包括在有纹理结构的表面中形成的空穴的周期阵列。

9. 权利要求 8 的半导体发光器件，其中空穴的周期阵列的点阵常数在 0.1λ 和 4λ 之间，其中 λ 是发光区中光的波长。

10. 权利要求 1 的半导体发光器件，其中键合的界面是半导体键合，并且基本上是无金属的。

11. 权利要求 1 的半导体发光器件，还包括设置在键合的界面上的金属层。

12. 权利要求 1 的半导体发光器件，还包括设置在键合的界面上的金属 - 半导体合金。

13. 权利要求 1 的半导体发光器件，还包括电连接到 n 型区和 p 型区的触点。

14. 权利要求 1 的半导体发光器件，还包括：

台面，包括发光区的一部分；和

设置在所述台面的相对端的激光器刻面。

15. 一种形成半导体发光器件的方法，所述方法包括如下步骤：

提供在生长衬底上生长的外延结构；

通过在两个表面之间的键合来键合所述外延结构到主结构上，其中所述表面的至少一个是 III 族氮化物表面；

除去生长衬底以露出外延结构的表面；

除去生长衬底以后，在外延结构上或外延结构中形成 p 型区；

其中提供外延结构包括在生长衬底上生长 III 族氮化物结构，以使除去生长衬底后露出的表面是纤锌矿 III 族氮化物晶胞的氮面；

其中纤锌矿 c 轴穿过设置在纤锌矿 III 族氮化物晶胞和 p 型区之间的界面指向所述纤锌矿 III 族氮化物晶胞，所述纤锌矿 c 轴定义为从纤锌矿 III 族氮化物晶胞的氮面指向纤锌矿 III 族氮化物晶胞的镓面；

其中所述纤锌矿 III 族氮化物晶胞的氮面是面对 p 型区的晶体表面。

16. 权利要求 15 的方法，还包括在除去生长衬底后使所述外延结构变薄。

17. 权利要求 15 的方法，其中形成 p 型区包括在半导体区内扩散或注入 p 型掺杂剂。

18. 权利要求 15 的方法，其中形成 p 型区包括退火外延结构的外露的表面。

19. 权利要求 15 的方法，其中形成 p 型区包括生长 p 型区。

20. 权利要求 15 的方法，其中外延结构包括：

在生长衬底上生长的第一区；

在第一区上生长的发光区；和

在发光区上生长的 n 型区。

21. 权利要求 20 的方法，其中键合包括键合主结构到外延结构，以使 n 型区设置在发光区和键合之间。

22. 权利要求 21 的方法，还包括在除去生长衬底后，使第一区变薄以形成第一区的剩余部分。

23. 权利要求 22 的方法，还包括将 p 型掺杂剂扩散或注入到所述第一区的剩余部分中。

24. 权利要求 23 的方法，还包括在扩散或注入后退火所述第一区的剩余部分。

25. 权利要求 22 的方法，还包括在所述第一区的剩余部分上生长 p 型区。

26. 权利要求 20 的方法，其中：

外延结构是第一外延结构，生长衬底是第一生长衬底；和

主结构包括：

第二生长衬底；和

在第二生长衬底上生长的第二外延结构。

27. 权利要求 26 的方法，其中键合包括将第二外延结构键合到第一外延结构上，以使 n 型区设置在发光区和键合之间，并且其中除去包括除去第一生长衬底。

28. 权利要求 15 的方法，其中外延结构包括：

在生长衬底上生长的 p 型区；

在 p 型区上生长的发光区；和

在发光区上生长的 n 型区。

29. 权利要求 28 的方法，其中键合包括将外延结构键合到主结构上，以使 n 型区设置在发光区和键合之间。

30. 权利要求 29 的方法，还包括在除去生长衬底后使 p 型区变薄。

31. 权利要求 30 的方法，还包括退火变薄后剩余的 p 型区。

32. 权利要求 31 的方法，其中退火包括在 NH_3 中退火。

33. 权利要求 29 的方法，还包括在除去生长衬底后剩余的 p 型区的一部分上生长附加的 p 型区。

34. 权利要求 29 的方法，还包括在除去生长衬底后剩余的 p 型区的一部分内扩散或注入 p 型掺杂剂。

35. 权利要求 28 的方法，其中：

外延结构是第一外延结构，生长衬底是第一生长衬底；和

主结构包括：

第二生长衬底；和

在第二生长衬底上生长的第二外延结构。

36. 权利要求 35 的方法，其中键合包括将第一外延结构键合到第二外延结构上，以使 n 型区设置在发光区和键合之间，并且其中除去包括除去第一生长衬底。

37. 权利要求 15 的方法，其中主结构包括分布布拉格反射器。

38. 权利要求 15 的方法，其中外延结构包括发光区，所述方法还包括：

形成包括一部分发光区的台面；和

在所述台面的相对端形成激光器刻面。

反向极化的 III 族氮化物发光器件

技术领域

[0001] 本发明涉及具有反向极化发光区的半导体发光器件以及制造这种器件的方法。

背景技术

[0002] 包括发光二极管 (LED)、谐振腔发光二极管 (RCLED)、垂直腔激光二极管 (VCSEL) 和边缘发光激光器在内的半导体发光器件都属于当前可以利用的最为有效的光源。当前在制造能够在可见光谱范围内操作的高亮度发光器件中感兴趣的材料系统包括 III-V 族半导体组，具体来说即镓、铝、铟和氮的二元、三元和四元合金，也称之为 III 族氮化物材料。在一般情况下，III 族氮化物发光器件是通过在蓝宝石、碳化硅、III 族氮化物或其它合适的衬底上，利用金属 - 有机化学蒸汽淀积法 (MOCVD)、分子束外延 (MBE) 或其它外延技术，外延生长不同组分和掺杂浓度的半导体层的叠层制造出来的。该叠层通常包括在衬底上形成的例如掺杂有硅的一个或多个 n 型层、在 n 型层（一个或多个）上形成的发光区或有源区 (active region)、在有源区上形成的例如掺杂有镁的一个或多个 p 型层。在导电衬底上形成的 III 族氮化物器件可以在器件的相对侧面上形成 p 型和 n 型触点。通常，在例如蓝宝石的绝缘衬底上制造的 III 族氮化物器件在器件的同一个侧面上具有两个触点。对于这样的器件进行安装，以便可以通过触点提取光（称之为外延生长 (epitaxy-up) 器件）或者通过与触点相对的器件的一个表面（称之为倒装片器件）提取光。

[0003] 本领域中需要的是能在高电流密度情况下有效操作的 III 族氮化物发光器件。

发明内容

[0004] 按照本发明的实施例，器件结构包括设置在 p 型区和 n 型区之间的一个 III 族氮化物纤锌矿半导体发光区。在两个表面之间设置一个键合的 (bonded) 界面，所说两个表面之一是所说器件结构的表面。键合的界面便于在发光区定向纤锌矿的 c 轴，将载流子限制在发光区，有可能增加在高电流密度情况下的效率。

附图说明

[0005] 图 1 表示一个 III 族氮化物发光器件；

[0006] 图 2 表示图 1 的器件的导带的一部分；

[0007] 图 3 表示按照本发明实施例的器件的导带的一部分；

[0008] 图 4 表示将两个外延结构键合在一起；

[0009] 图 5 表示去掉一个生长衬底并且有选择地弄薄暴露的外延层之后的图 4 的器件；

[0010] 图 6 表示在扩散或注入 p 型掺杂剂之后的图 5 的器件；

[0011] 图 7 表示在新的 p 型区重新生长后的图 5 的器件；

[0012] 图 8 表示的是两个外延结构键合在一起；

[0013] 图 9 表示去掉一个生长衬底并且有选择地重新生长新的 p 型区之后的图 8 的器件；

[0014] 图 10 表示加入纹理结构区的器件；

[0015] 图 11 表示键合到除去第二生长衬底的主衬底之后的图 10 的器件；

[0016] 图 12 表示纤锌矿 GaN 的晶胞 (unit cell)；

[0017] 图 13 是包装的发光器件的分解视图；

[0018] 图 14 是量子效率随电流密度变化的曲线图；

[0019] 图 15 表示按照本发明的实施例的激光器。

具体实施方式

[0020] 图 1 表示的是一个普通的 III 族氮化物发光器件。n 型区 11 是在一个蓝宝石衬底 10 上生长的。在 n 型区 11 上生长一个有源区 12，有源区 12 可以包括多个由势垒层分开的量子阱，接下去是 GaN 间隔层 13、p 型的 AlGaN 层 14 和 p 型的触点层 15。

[0021] 随着加到图 1 的器件上电流密度的增加，器件的内部量子效率如图 14 所示一开始增加而后减小，所说器件的内部量子效率的定义是所产生的光子通量与所提供的载流子通量之比。在高电流密度情况下内部量子效率的减小的至少一部分原因是由于图 1 器件的设计引起的电子从有源区的泄漏。电子的泄漏还限制器件的峰值效率。

[0022] 在纤锌矿晶体中天然发生的极化加重了电子的泄漏。在晶格失配的衬底（如蓝宝石）上生长的 III 族氮化物器件中的晶体层通常是作为发生应变的纤锌矿晶体生长的。这样的晶体将表现出两种类型的极化：自发极化，它是从晶体的对称性产生的；压电极化，它是从应变产生的。一个层中的总极化是自发极化和压电极化之和。在不同组分的层之间的界面上会发生极化引发的片状电荷 (sheet charge)。在一般情况下，片状电荷的密度将取决于自发极化和两个相邻层之间的应变引起的压电极化。图 2 表示图 1 器件的导带的一部分。在图 2 中用“+”和“-”表示片状电荷的符号和位置。

[0023] 在典型的衬底（如蓝宝石或 SiC（碳化硅））上的常规生长导致如图 2 中标号 18 所示的纤锌矿的 c 轴取向。在有源区和 p 型层之间的界面上，这个 c 轴指向 p 型层。这个取向在 GaN 间隔层 13 和 p 型的 AlGaN 层 14 之间的界面上产生正的片状电荷。在图 1 所示的器件中，在 GaN 间隔层 13 和 p 型的 AlGaN 层 14 之间的界面 17 用于形成一个“势垒”，以便限制在有源区中的导带电子。应该理解，GaN 间隔层 13 是可以省去的，其它的材料可以形成这个势垒，而且，在形成势垒的界面上具有正的片状电荷的问题可以扩展到其它的器件上。在界面上的正的片状电荷减小了 AlGaN 势垒的有效高度，使电子能够从有源区漏出。任何泄漏的电流在 p 型层中发生非放射性的复合，对于来自器件的光发射没有作出贡献。随着电流密度的增加，泄漏电流的数量也将增加，使得在高电流密度情况下的内部量子效率降低。还有，即使在低电流密度情况下，也存在泄漏电流，从而减小了器件的总的峰值效率。

[0024] 在图 1 所示的 III 族氮化物器件中，电流流动（即，正电荷载流子或空穴的移动）的方向与 c 轴 [0001] 的方向反向平行。电流流动和极化的这种相对的安排来源于 n 型区之后而不是 n 型区之前的 Mg 掺杂的 p 型 III 族氮化物材料的生长相对容易这一事实，并且来源于在蓝宝石衬底上通过 MOCVD 方法常规生长高质量的 III 族氮化物层的条件，与在晶体表面存在的氮 (N) 相比这提供了过量的镓 (Ga)，导致 c 轴 [0001] 的正方向指向膜表面之外。因为 p 型区设置在 n 型区的上面，所以电流将从晶片的顶部流向衬底。

[0025] 按照本发明的实施例，半导体发光器件的发光区具有常规的 III 族氮化物半导体

发光器件的反向极化。“反向极化”意指使相对于 c 轴 [0001] 的电流流动的相对安排方向相反，从而电流流动平行于 c 轴 [0001]，而不是如图 1 器件中的反向平行。使发光区中的极化反向，可以减小泄漏的电流，有可能提高发光效率。

[0026] 图 3 表示按照本发明的实施例的器件的导带的一部分。在图 3 所示的器件中，在发光层的 p 侧的势垒被设置在间隔层 21（可以是 GaN）和层 22（可以是 p 型 AlGaN）之间，所述势垒限制了发光层 20 中的电荷载流子。在发光区和 p 型区之间的界面上，即在层 20 和 21 之间，c 轴指向发光区，如图 3 中的标号 18 所示。在这一取向，在正向偏置的操作条件下的电流流动平行于 c 轴。这一取向导致在势垒 24（在层 21 和 22 之间的界面）的负片状电荷，从而增加了势垒高度，减小了通过发光区 20 泄漏的电子电流。在本发明的实施例中，发光区 20 可以是单个的或厚或薄的发光层，如图 3 所示，或者可以包括多个由势垒层分开的量子阱，如图 2 所示。在一些实施例中，间隔层 21 可以是 n 型掺杂的，或者是非故意掺杂的。由于间隔层 21 位于发光层的 p 侧，所以间隔层 21 被认为是器件的 p 型区的一部分，即使间隔层 21 是 n 型的或者是非掺杂的亦是这样认为。

[0027] 图 12 表示纤锌矿 GaN 的晶胞，它是由镓原子 93 和氮原子 94 形成的。纤锌矿 GaN 具有镓面 90 和氮面 91。c 轴 92 从氮面 91 指向镓面 90。例如在 c- 平面蓝宝石衬底上常规生长产生的 GaN 的暴露的上表面是镓面 90。在 GaN 表面的镓面 90 上的生长导致图 2 所示的 c 轴取向。在 c- 平面蓝宝石上常规生长之后的与蓝宝石相邻的 GaN 的埋藏的表面是氮面 91。在本发明的实施例中，按照常规方式生长外延结构，以使镓面外露。然后，将这个外延结构与另外的外延结构或主衬底键合，并且除去生长衬底，从而使氮面外露。作为在键合后的生长或处理的结果，确定最终的器件中的发光区的取向，以使氮面是面对 p 型区的晶体表面，并且在发光区和 p 型区之间的界面具有如图 3 所示的 c 轴取向。

[0028] 所说的键合 (bond) 优选地与发光区隔开，以使处理完成之后器件结构不被所说的键合中断，所说的器件结构定义为靠近发光区一侧的一部分 n 型区、发光区和靠近发光区另一侧的一部分 p 型区。例如，在一些实施例中，键合与发光区的边缘可以隔开至少 500 纳米。键合到另一外延结构或主结构的外延表面可以是 p 型的、n 型的或者非掺杂的。

[0029] 图 4 表示形成具有如图 3 所示的发光区的 c 轴取向的器件的第一种方法。两个独立的外延结构在生长衬底 40 和 46 上生长。所说的生长衬底可以是任何合适的生长衬底，如蓝宝石、碳化硅 (SiC)、氮化铝 (AlN) 或氮化镓 (GaN)。在衬底 40 上方可以生长任选的 n 型、p 型或非掺杂区 41，下面称之为 n 型区。在衬底 46 上生长第一区 44、发光区 43 和第二 n 型区 42，其中第一区 44 可以是 n 型、p 型或非掺杂的，但在下面称之为 n 型区。发光区 43 例如可以是单个的或薄或厚的发光层，或者可以是多个由势垒层分开的多个量子阱。n 型区 44 在随后的处理之后位于在有源区的 p 侧，n 型区 44 可以包括与发光区 43 相邻的 GaN 层，例如图 3 的层 21，以及与 GaN 层相邻的 AlGaN 层，例如图 3 的层 22。可以是 n 型、p 型或非掺杂的其它的区域可以使 n 型区 44 与衬底 46 分开，并且可以在 n 型区 42 的上方形成（即，在 n 型区 42 和与区 41 键合的界面之间形成）。n 型区 44 或者在衬底 46 和发光区 43 之间的任何其它区域可以包括释放层 (release layers)，对于释放层进行设计，以便通过简单的化学腐蚀促使生长衬底分离，或者在衬底除去后使外延层变薄。

[0030] 在衬底 46 上生长的半导体结构的上表面、在图 4 中的 n 型区 42 和 n 型区 41 的表面在提高的温度和压力下键合在一起。用于键合的适宜温度例如可以在 500 和 1500℃之

间；用于键合的适宜压力例如可以在 5 和 1500psi（磅 / 英寸 ^{2}）之间。在上述的温度和压力下，例如在氮气气氛中将上述的表面压合规定的时间周期，例如至少 2 分钟，通常至少 30 分钟。在这些条件下，在两个表面之间就形成了牢固的半导体键合。这样的键合可以承受键合之后的进一步半导体处理必须的温度，例如生长附加的半导体层。可以使用除半导体晶片键合以外的其它键合技术，如扩散焊接键合。在扩散焊接键合中，在键合的界面上淀积一种或多种金属，如 Zn 和 Sn，并且键合在低温下进行。在高温下，例如大于 900℃的温度，ZnSn 键合是稳定的。在另外的可替换的方法中，表面的键合使用薄的金属膜如铝作为键合层。铝可以熔合在两个半导体表面之内，产生在高温下稳定的键合。在一些实施例中，一种或多种电介质层，如 SiO_2、Si_3N_4、SiON、TiO_2、SiO_2、SnO_2、ZrO_2、ZnO、MgF_2、Al_2O_3 可以形成键合的表面之一，或者可以设置在两个键合的表面之间。

[0031] 在两个 GaN 表面之间、在一个 InGaN 表面和一个 GaN 表面之间、在两个 InGaN 表面之间或者任何其它合适的表面之间，都可以形成键合 50（图 5）。按照另一种方式，所说的键合也可以直接在 GaN 或 InGaN 和非 III 族氮化物主衬底（如 Al_2O_3、Si 或 SiC 衬底）之间形成。例如，图 4 中的衬底 40 和 n 型区 41 可以由 Si、SiC 或 Al_2O_3 衬底替换，在替换中不需要在替换衬底上生长任何外延层。可替换地，主衬底可以是有电介质分布的布拉格反射器。在这里参考引用的申请序列号为 No.［代理人签号 No.LUM-04-02-07］的专利申请（题目为“波长转换的半导体发光器件”）描述了可以用作主衬底的一种陶瓷体。在某些实施例中，主衬底必须能够承受键合后发生的任何处理所需的条件。例如通过用常规方法抛光，可以在键合之前有选择地抛光两个键合的表面。在某些实施例中，两个外延结构是在有利于形成用于键合的光滑表面的条件下生长的。

[0032] 在键合之后，除掉器件顶部的衬底 46，如图 5 所示。通过衬底 46 将衬底 46 和晶体区 44 之间的部分界面以分步重复的模式暴露到高能量密度 (high fluence) 的脉冲式紫外激光，借此可除掉蓝宝石生长衬底。通过由器件的晶体层蚀刻出来的沟槽，可隔离曝光的部分，从而可以隔离激光曝光引发出来的冲击波。这样的蚀刻是在键合之前进行的。激光的光子能量大于与蓝宝石（在某些实施例中是 GaN）相邻的晶体层的带隙，因此脉冲能量在与蓝宝石相邻的外延材料的头 100 纳米内有效地转换成热能。在足够大的能量密度（即，大于约 500 毫焦耳 / 平方厘米 (mJ/cm^2)）以及大于 GaN 的带隙并低于蓝宝石的吸收边缘的光子能量（即，在约 3.44 电子伏特和约 6 电子伏特之间）条件下，在所说的头 100 纳米内的温度以毫微秒的规模上升到大于 1000℃的温度，从而从衬底 46 上释放外延层，所述大于 1000℃的温度对于 GaN 分解成镓和氮气来说是足够高的。通过常规的工艺，例如蚀刻和 / 或研磨，可以除去其它的衬底如 SiC、Si 以及基于 Si 设计的衬底。

[0033] 在除去衬底 46 之后，图 5 例中的最终结构包括外延的 n 型区 44、有源区 43 和通过键合 50 键合到 n 型区 41 的 n 型区 42 和衬底 40。在除去衬底 46 之后，可以通过干蚀刻、湿法蚀刻（如光电化学蚀刻）和 / 或化学机械抛光使 n 型区 44a（图 5）变薄，刚好在发光区 43 的上方。

[0034] 然后，在发光区 43 的上方形成一个 p 型区。在图 6 中，p 型区 52 是通过将 p 型掺杂剂如 Mg（镁）扩散到变薄的 n 型区 44a（图 5 中示出）内形成的，从而将这个区的导电性从 n 型转换成 p 型。例如，可以在 n 型区 44a（图 5 中示出）的表面上热蒸发 Mg（镁）和 Au（金），然后加热到例如 900℃的温度历时 6 个小时。然后，通过蚀刻除去剩余的 Au 和 Mg，

并使器件例如在850和1050℃之间的温度下退火以激活扩散的Mg。按照另一种方式，可以将p型掺杂剂如Mg（经常与磷一起同时注入）或Be（经常与氧一起同时注入）注入n型区44a（图5中示出）。例如，可以在n型区44a（图5中示出）上形成Ni（镍）层以便在注入期间保护所说的表面，然后使用Be（铍）金属和氧气气体在n型区44a（图5中示出）内注入铍和氧，注入的能量大于50千电子伏特，注入的剂量在$10^{13}cm^{-2}$和$10^{16}cm^{-2}$之间。然后除去镍，并使器件在大于900℃的温度下退火，以便激活注入的掺杂剂。还可以使用注入方法来增加已经是p型材料的掺杂水平，例如下面参照图7描述的p型区52。

[0035] 在图7中，p型区52是在变薄的n型区44a上生长的。在经过例如通过蚀刻的可选的表面清洁以后，可以在常规的生长条件下生长p型区52。p型区52的重复生长是可能的，这是因为器件中的每个结构（其中包括半导体键合50）都能承受III族氮化物生长所需的高温。

[0036] 通过除去衬底46露出的n型区44的表面是氮面。因此，p型区52，不管它是通过将p型掺杂剂扩散或注入n型区形成的还是通过在外露的n型区上的生长形成的，还是使氮面向上，从而在图3所示的有源区和p型区之间导致期望的c轴取向。氮面膜例如可以通过分子束外延或者MOCVD生长，如在“通过有机金属化学蒸气淀积(MOCVD)生长的同质外延的GaN的形态和结构特征”（晶体生长期刊204(1999)，419-428）和“偏光性的利用”(Phys. Stat. Sol. (b)228，No. 2，505-512(2001)）中比较详细描述的，在这里参照引用了这两篇文章。在图6和图7中所示的器件现在准备用于常规的倒装芯片的处理，这种处理要求：蚀刻一个台面以露出n型区42或41之一的一部分，在n型区42或41和p型区52上形成透明的或反射性的触点，以及安装所说器件以便通过触点提取光（在透明触点的情况下）或者通过衬底40提取光（在反射性的触点的情况下）。按照另一种方式，可以将器件处理成薄膜器件，其中，如图6或图7中的p型区52的表面可以按照金属键合的方式通过用于形成到p型区52的触点的一个键合结合到主衬底上，然后可以除去衬底40，在n型区41的外露表面上可以形成一个触点，并且可以对器件进行安装，以便可以通过n型区41的外露表面提取光。在主衬底是电介质分布的布拉格反射器的实施例中，可以形成垂直腔激光器或谐振腔发光二极管。

[0037] 图8表示形成按照图3的器件的第二种方法。如图4所示，在生长衬底40和46上生长两个分离的外延结构。如图4所示，在衬底40上生长n型、p型或非掺杂区41，下面称之为n型区。在衬底46上首先生长p型区54，接下去是发光区53和n型区56。p型区54可以包括与发光区53相邻的GaN层，如图3的层21，以及与GaN层相邻的AlGaN层，如图3的层22。可以是n型、p型或非掺杂的其它区可以把p型区54与衬底46分开，并且可以在n型区56上（即在n型区56和与区41键合的界面之间）形成。

[0038] 在衬底46上生长的半导体结构的上表面、图8中的n型区56以及n型区41的表面在与参照图4描述的条件类似的条件下键合在一起。如以上所述，n型区41可以省去，n型区56可以直接键合到合适的主衬底。然后，如上所述除去衬底46，并且使p型区54任选地变薄。p型区54可以包括释放层，对于释放层进行设计以便通过简单的化学蚀刻使生长衬底分离，或者在衬底除去后使外延层变薄。第二p型区58可以在衬底46除去后在p型区54的表面上生长，或者可以将p型掺杂剂如镁扩散进或注入p型区54，如图9所示。在一些实施例中，必须在变薄后进行第二p型区的生长、扩散或注入，以便从变薄期间发生的

结晶损伤中恢复过来。p 型区 58 在变薄后的生长可以是期望的，以便使由于变薄引起的损伤与发光层 53 隔离开来，因为这样的损伤可能引起光学的和电学的损耗。通过在 NH_3 中的高温退火可以修复 p 型区 54 表面的损伤。例如，可以在 200 托的压力和 850 至 1000℃的温度下使所说器件退火。在退火期间可以附加 p 型掺杂剂的前体 (precursor) 如 CP_2Mg 以便修复 p 型区 54，或者进一步掺杂 p 型区 54 以减小接触电阻。然后，可将图 9 所示的器件处理成倒装芯片或者薄膜器件，如以上所述。

[0039] 在一些实施例中，一个表面在键合之前要变粗糙或者加入纹理结构。图 10 和 11 所示的实施例包括一个纹理结构区 60。在某些实施例中，纹理结构区 60 是一个采用空穴的周期阵列形式的光子晶体区。在题目为“使用光子晶体结构的 LED 效率”的美国出版物 No. 2003/0141507 中比较详细地描述了光子晶体结构，在这里参照引用了这篇文章。空穴的周期阵列的晶格常数 a 的范围可以从 0.1λ 到 4λ，λ 是半导体结构内有源区发出的光的波长。在其它的实施例中，在纹理结构区 60 中形成大于 2 微米的特征。纹理结构区 60 通过键合 50 键合到层 41 上，如图 10 所示。然后可以将这个结构颠倒过来，并且通过键合例如金属键合（未示出）将这个结构键合到主衬底 65 上，所说的金属键合是在 p 型区 58 和主衬底 65 之间的界面处形成的，如图 11 所示。然后除去图 10 的衬底 40，并且可以在区 41 的外露表面上形成一个触点（未示出），通过所说触点从器件提取光。纹理结构区 60 的作用是器件内的一个掩埋的光散射层，可以增加从器件提取的光的数量。尽管图 11 表示的是一个薄膜器件，但是还可以将图 10 的键合的器件处理成倒装芯片器件，如以上所述。还有，虽然图 10 和 11 所示的器件类似于图 8 和图 9 所示的器件，这里的 p 型区 54 是在发光区 53 之前生长的，然后纹理结构区或变粗糙的区是在 n 型区 56 上形成的，但是这样的纹理结构区或变粗糙的区可以结合在如图 4、5、6、7 所示的器件中，这里的纹理结构区或变粗糙的区是在 n 型区 42 上形成的，然后键合到区 41 上的。

[0040] 图 13 是带有包装的发光器件的分解视图，在美国专利 U.S. 6274924 中比较详细地描述了这个器件。散热块 (slug) 100 放入一个嵌入式模压的引线框 (leadframe) 内。嵌入式模压的引线框例如是围绕金属框架 106 模压的填充的塑料材料 105，金属框架 106 提供电的通路。散热块 100 可以包括一个任选的反射体杯 102。发光器件模块 (die) 104 可以是以上所述的任何一个器件，将发光器件模块 104 直接安装到散热块 100 或者经过导热的支架 (submount) 103 间接地安装到散热块 100。可以加上一个上盖 108，上盖 108 可以是光学透镜。可以将图 7、9、10 中所示的器件处理成边缘发射的或者垂直腔表面发射的激光器。通过这些结构所提供的载流子泄漏的减小可以改善激光器的操作特征，例如阈值电流。阈值电流可以写为：

[0041] $I_{th} = I_{tho} + I_1$

[0042] 在这里，I_{tho} 是没有泄漏时的电流，I_1 是泄漏电流。随着泄漏电流的减小，激励发射开始的激光器的阈值电流减小。因此，当泄漏电流减小时，激光器可以利用较低的操作输入功率进行操作。将 III 族氮化物激光器的波长范围限制为从近紫外 (390 纳米）到蓝光 (460 纳米）。将开始激励发射的电流阈值降低可以把 III 族氮化物激光器的可能的操作波长扩大到紫外光并且趋向绿光。电流泄漏还限制了激光器的总的输出功率，所以，通过减小这个泄漏电流，本发明的实施例可以实现较高功率的 III 族氮化物激光器。像在现有技术的 III 族氮化物激光器中的那样，这种发光器件结构可以在低位错模板上生长出来，提高

了可靠性。

[0043] 图 15 表示一个边缘发射激光器。图 15 的器件包含与图 9 相同的外延层，但激光器还可以用与图 6 或图 7 相同的外延层形成。对于 n 型区 56 层蚀刻一个条形台面结构以确定激光器的腔宽度并且露出 n 型区 56 以便构成触点。利用标准的技术来淀积和确定 n 型触点 57 和 p 型触点 55。通过干蚀刻或者裂开激光器刻面在长度方向（离开页面的方向）确定所说的腔。在区 53 和 56 之间可以增加一个附加的 AlGaN 覆盖层以限制光学激光模式在垂直方向。

[0044] 虽然详细地描述了本发明，但本领域的普通技术人员应该认识到，在给出本发明的公开内容的条件下，可以对于本发明进行改进而不会偏离这里公开的本发明的构思的精神。因此，不期望本发明的范围只限于这里表示和描述的特定的实施例。

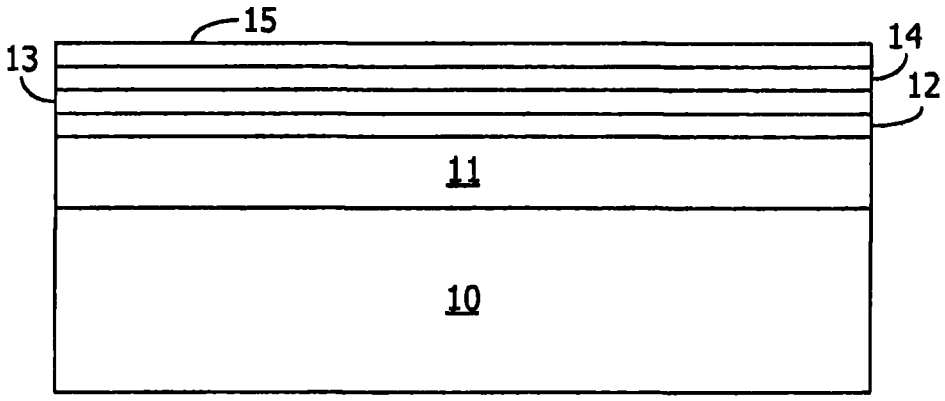


图 1

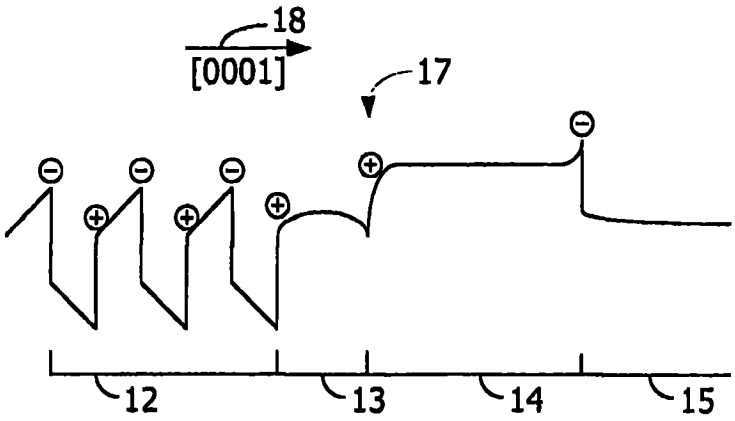


图 2

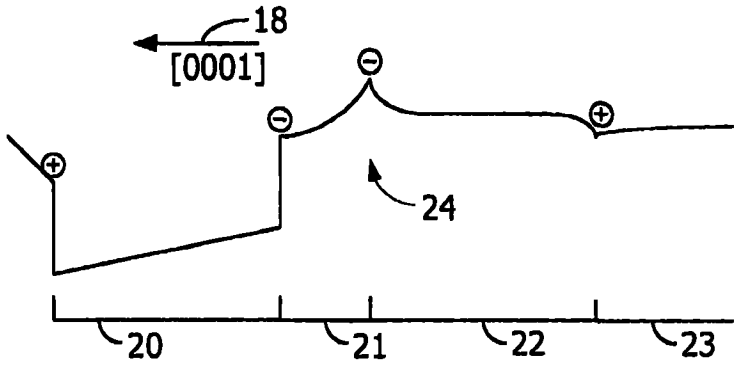


图 3

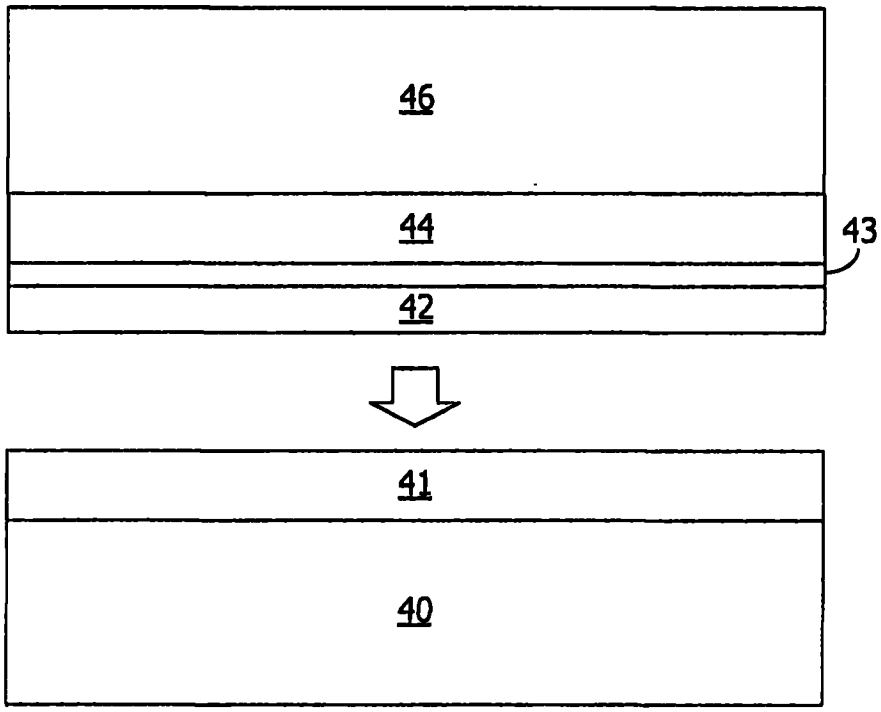


图 4

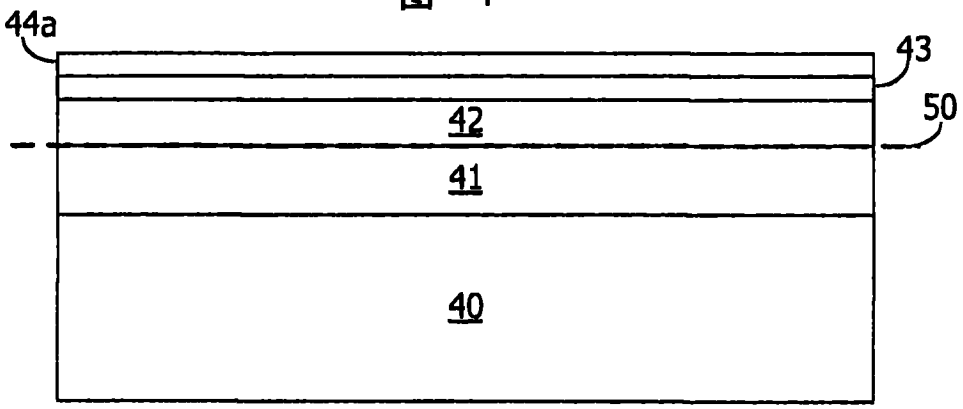


图 5

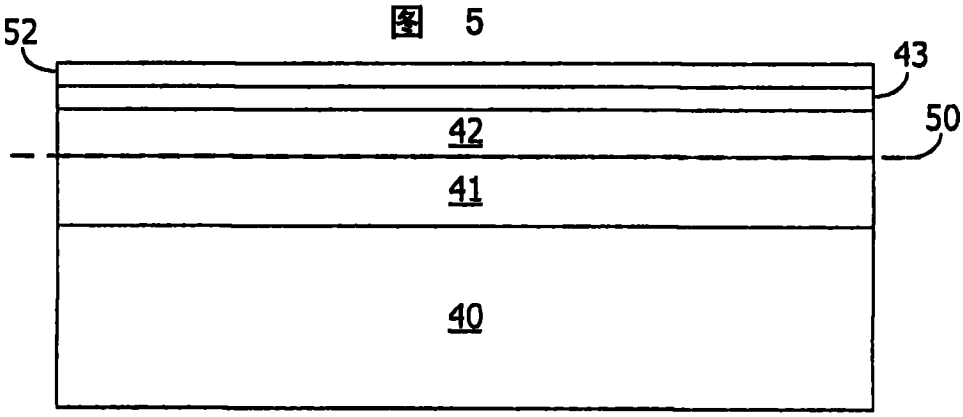


图 6

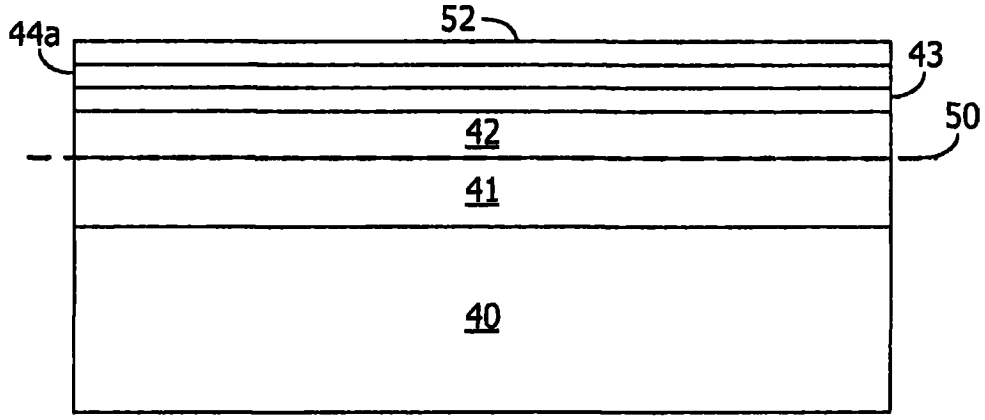
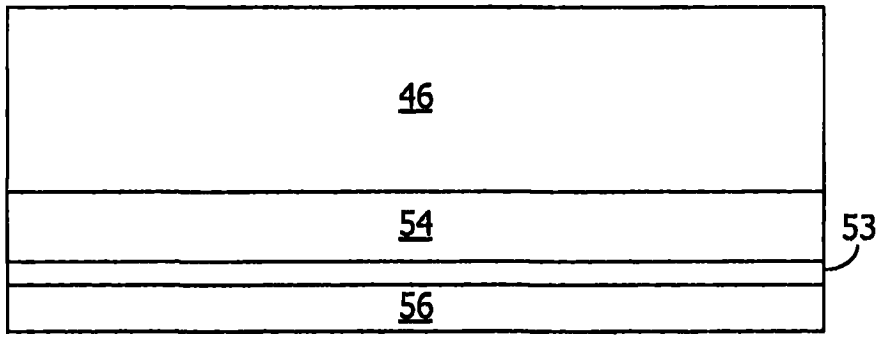


图 7



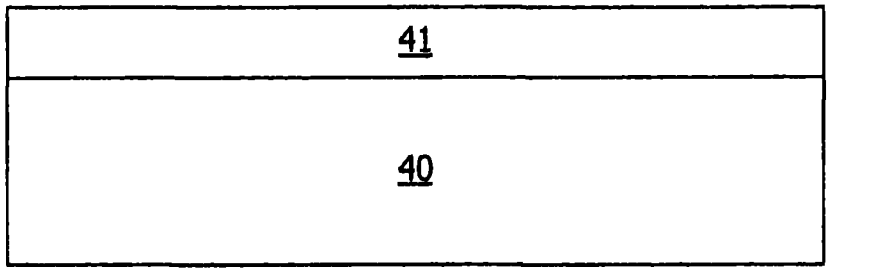


图 8

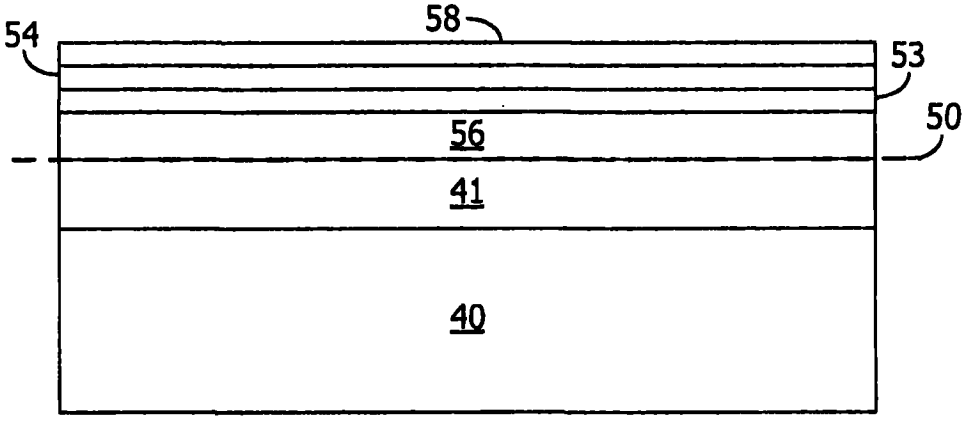


图 9

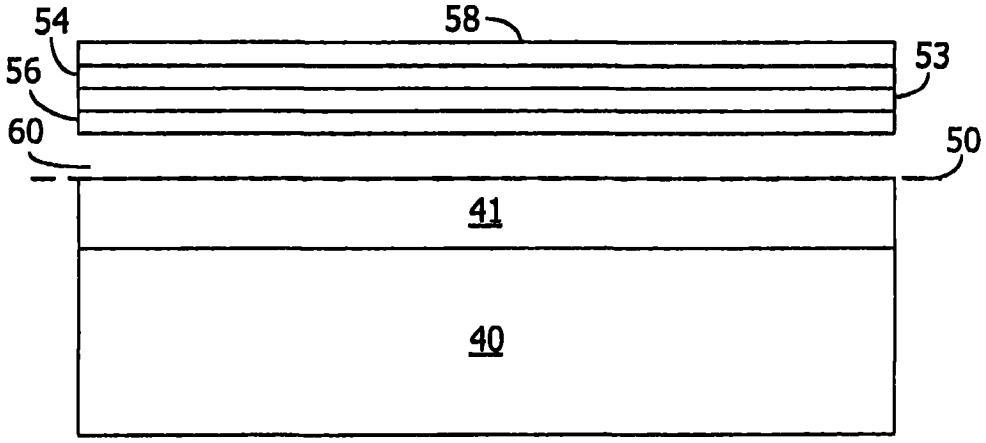

54
58
56
53
60
50
41
40

图 10

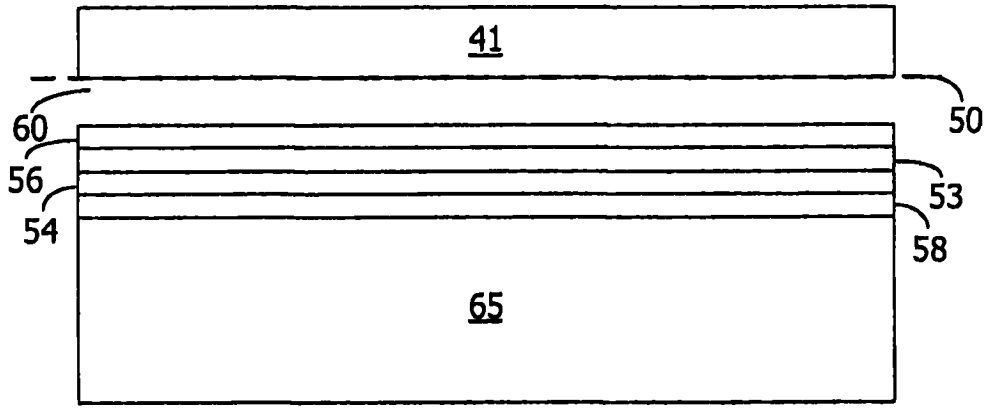

41
60
50
56
53
54
58
65

图 11

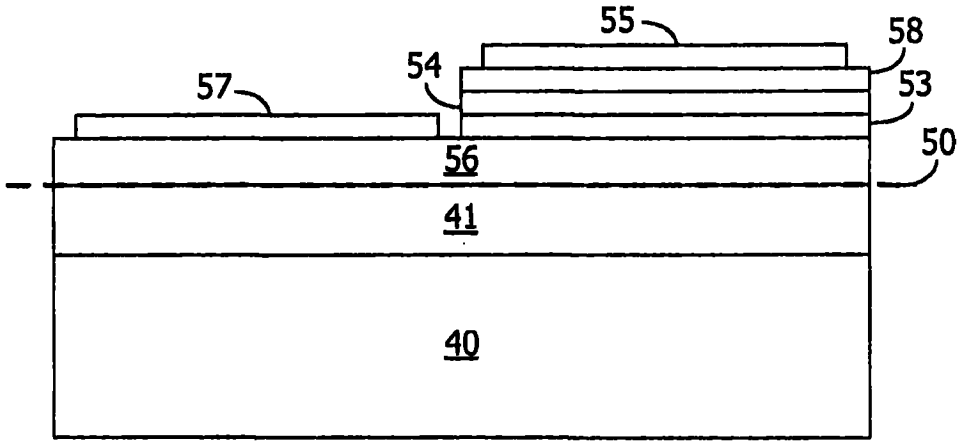

55
58
54
57
53
50
56
41
40

图 15

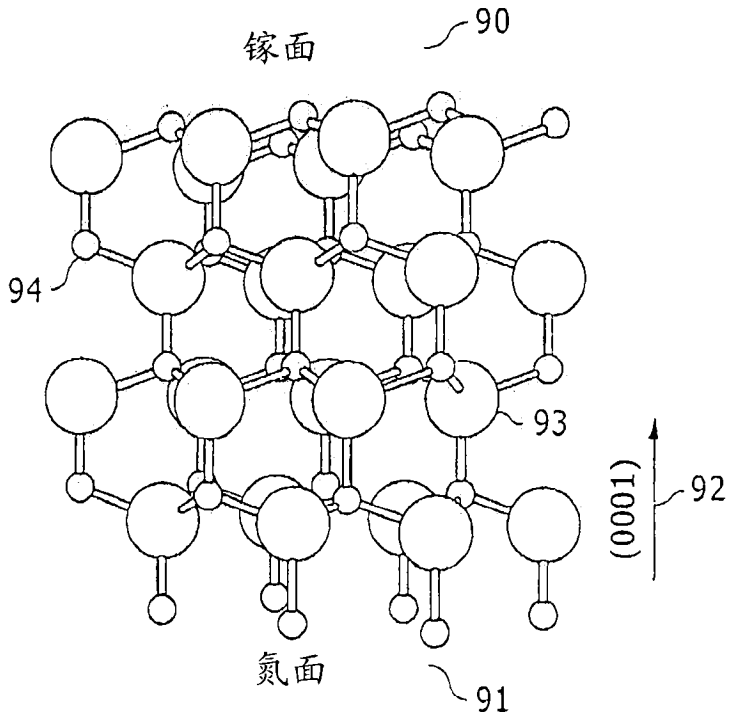


图 12

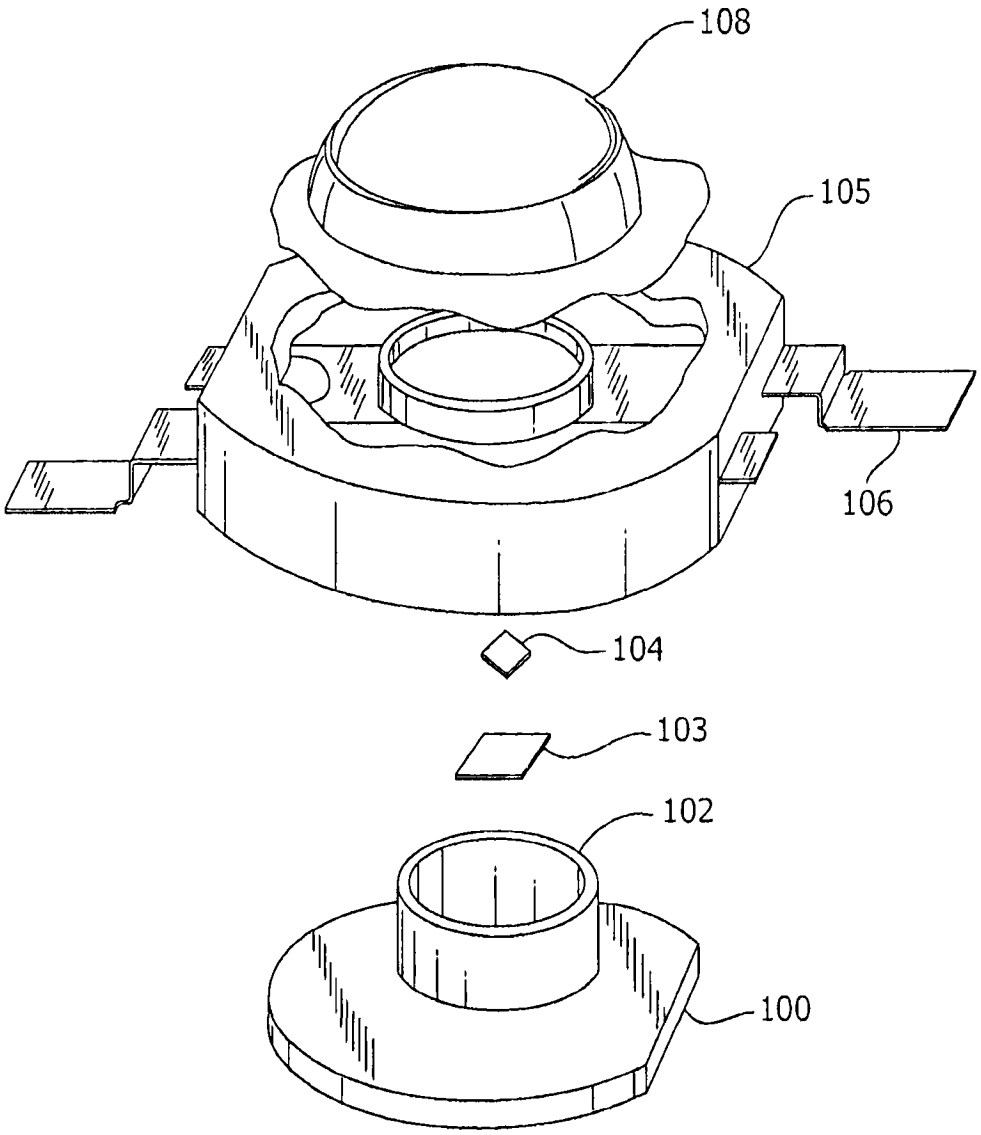


图 13

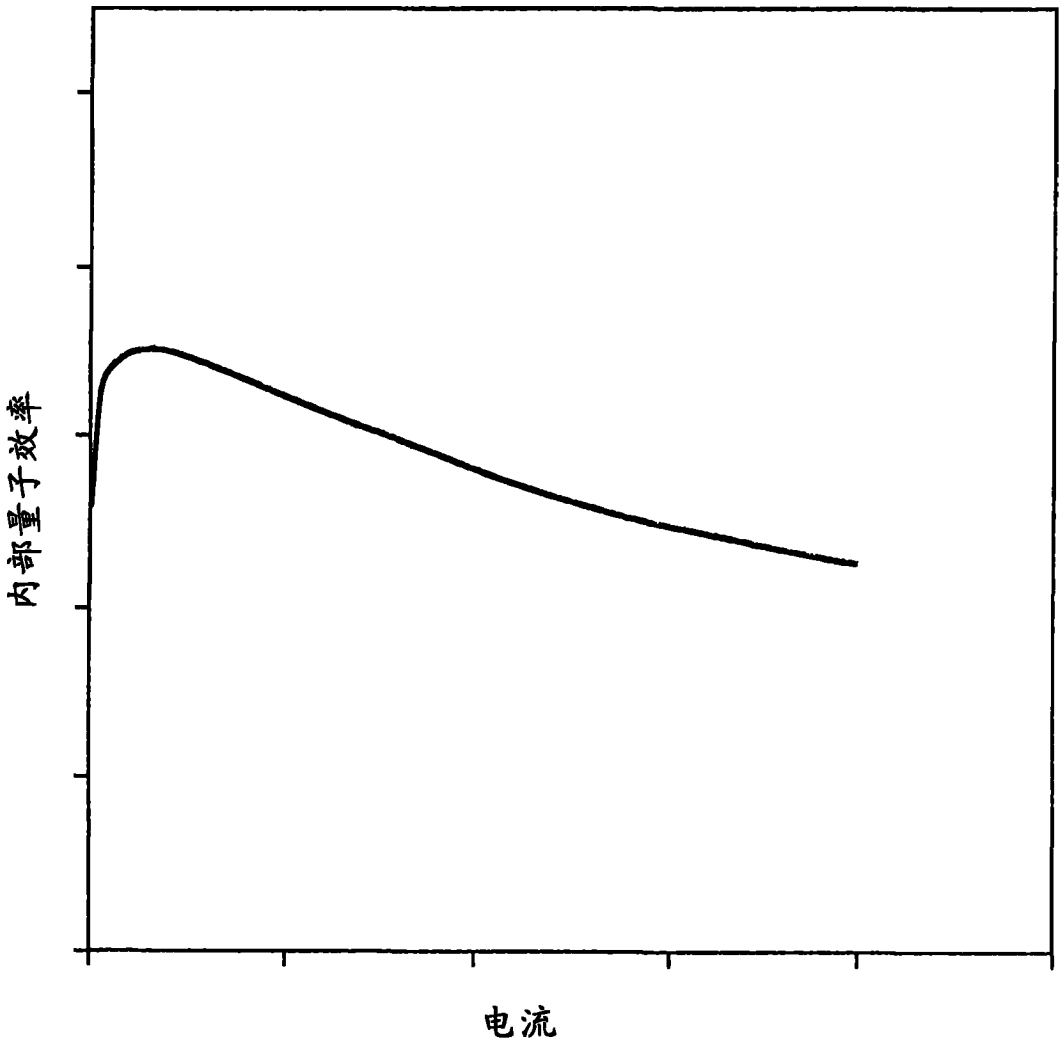


图 14