



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102484178 A

(43) 申请公布日 2012. 05. 30

(21) 申请号 201080039997. 1

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010. 08. 04

H01L 33/12 (2006. 01)

(30) 优先权数据

H01L 33/16 (2006. 01)

12/555000 2009. 09. 08 US

H01L 33/32 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

H01L 21/02 (2006. 01)

2012. 03. 08

H01S 5/20 (2006. 01)

(86) PCT申请的申请数据

PCT/IB2010/053537 2010. 08. 04

(87) PCT申请的公布数据

W02011/030238 EN 2011. 03. 17

(71) 申请人 皇家飞利浦电子股份有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

申请人 飞利浦拉米尔德斯照明设备有限责
任公司

(72) 发明人 L. T. 罗马诺 P. P. 德布

A. Y. 金 J. F. 克丁

(74) 专利代理机构 中国专利代理 (香港) 有限公

司 72001

代理人 谢建云 刘鹏

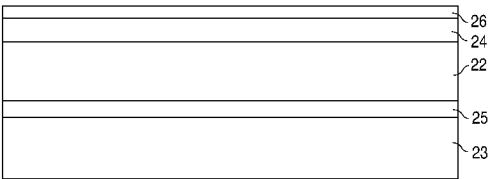
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

具有曲率控制层的 III 族氮化物发光装置

(57) 摘要

一种半导体结构包含布置在 n 型区 (22) 和 p 型区 (26) 之间的 III 族氮化物发光层 (24)。该半导体结构进一步包含生长在第一层 (23) 上的曲率控制层 (25)。该曲率控制层布置在 n 型区和第一层之间。该曲率控制层具有比 GaN 的理论 a 晶格常数小的理论 a 晶格常数。该第一层为基本上单晶层。



1. 一种装置,包含:
半导体结构,该半导体结构包含:
 布置在 n 型区和 p 型区之间的 III 族氮化物发光层;以及
 生长在第一层上的曲率控制层,其中:
 该曲率控制层具有比 GaN 的理论 a 晶格常数小的理论 a 晶格常数;
 该第一层为基本上单晶层;以及
 该曲率控制层布置在该 n 型区和该第一层之间。
2. 权利要求 1 的装置,其中该曲率控制层包含铝。
3. 权利要求 1 的装置,其中该曲率控制层为 AlGaIn。
4. 权利要求 3 的装置,其中该曲率控制层具有大于 0% 且小于 10% 的 AlN 组份。
5. 权利要求 1 的装置,其中该曲率控制层为 AlInGaIn。
6. 权利要求 1 的装置,其中该曲率控制层具有介于 3.165 和 3.188Å 的理论 a 晶格常数。
7. 权利要求 1 的装置,其中该曲率控制层具有介于 3.180 和 3.184Å 的理论 a 晶格常数。
8. 权利要求 1 的装置,其中该曲率控制层厚度介于 0.5 和 5 μm。
9. 权利要求 1 的装置,其中该曲率控制层厚度介于 1 和 2 μm。
10. 权利要求 1 的装置,其中该曲率控制层为非故意掺杂的。
11. 权利要求 1 的装置,进一步包含布置在该 n 型区上的 n 接触和布置在该 p 型区上的 p 接触,其中 n 和 p 接触二者形成于该半导体结构的同一侧面上。
12. 权利要求 1 的装置,其中该曲率控制层的组份和厚度被选择以至少部分地补偿在从提升的生长温度冷却期间在该第一层中感应的热压应力。
13. 一种方法,包含:
在衬底上生长半导体结构,该半导体结构包含:
 生长在第一层上的曲率控制层;以及
 布置在 n 型区和 p 型区之间的 III 族氮化物发光层;其中:
 该曲率控制层具有比 GaN 的理论 a 晶格常数小的理论 a 晶格常数;
 该第一层为基本上单晶层;以及
 该曲率控制层布置在该 n 型区和该第一层之间。
14. 权利要求 13 的方法,其中该曲率控制层生长速率慢于该第一层。
15. 权利要求 13 的方法,其中该曲率控制层的组份和厚度被选择以至少部分地补偿在从提升的生长温度冷却期间在该第一层中感应的热压应力。

具有曲率控制层的 III 族氮化物发光装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种具有曲率控制层的 III 族氮化物装置。

背景技术

[0002] 包含发光二极管(LED)、谐振腔发光二极管(RCLED)、垂直腔激光二极管(VCSEL)和边发射激光器的半导体发光装置属于目前可获得的最有效光源。在制造能够跨过可见光谱工作的高亮度发光装置中当前感兴趣的材料体系包含 III-V 族半导体,特别是镓、铝、镓和氮的二元、三元和四元合金,其也称为 III 族氮化物材料。典型地,III 族氮化物发光装置是通过在蓝宝石、碳化硅、III 族氮化物、复合物或者其它合适衬底上,利用金属有机物化学气相沉积(MOCVD)、分子束外延(MBE)或其它外延技术外延生长不同组份和掺杂剂浓度的半导体层叠层来制作。该叠层经常包含形成于衬底上方的掺杂有例如 Si 的一个或多个 n 型层,形成于所述一个或多个 n 型层上方的有源区中的一个或多个发光层,以及形成于该有源区上方的掺杂有例如 Mg 的一个或多个 p 型层。电学接触形成于 n 和 p 型区上。III 族氮化物装置经常形成成为倒置或倒装芯片装置,其中 n 和 p 接触都形成于半导体结构的同一侧面上,并且光从与接触相对的半导体结构的侧面被提取。

[0003] 图 1 说明了在 US6,194,742 中更详细描述倒装芯片 III 族氮化物装置。在第 3 栏第 41 行开始,如下描述图 1 中说明的装置:“界面层 16 被添加到发光二极管或者激光二极管结构以执行应变工程和杂质吸除的任务。掺杂有 Mg、Zn、Cd 的 $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$ 层 ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$) 可以用于该界面层。可替换地,当使用 $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$ ($x > 0$) 时,该界面层可以是未掺杂的。界面层也可包含 AlInGa_N、AlInGa_P 和 AlInGa_{As} 的合金以及 GaN、GaP 和 GaAs 的合金。在生长 n 型 (GaN:Si) 层 18、有源区 10 和 p 型层 22 之前,界面层 16 直接沉积在缓冲层 14 顶部上。界面层的厚度在 0.01 - 10.0 μm 范围变化,优选厚度范围为 0.25 - 1.0 μm 。缓冲层 14 形成于衬底 12 上方。衬底 12 可以是透明的。金属接触层 24A、24B 分别沉积到 p 型层和 n 型层 22、18。”该优选实施例使用 GaN:Mg 和 / 或 AlGa_N 用作界面层的组份。

发明内容

[0004] 本发明的目的是在 III 族氮化物装置中包含曲率控制层。在一些实施例中,曲率控制层可以减小生长在蓝宝石衬底上的 III 族氮化物膜中的弯曲数量。

[0005] 本发明的实施例包含一种半导体结构,其包含布置在 n 型区和 p 型区之间的 III 族氮化物发光层。该半导体结构进一步包含生长在第一层上的曲率控制层。该曲率控制层布置在该 n 型区和该第一层之间。该曲率控制层具有比 GaN 的理论 a 晶格常数小的理论 a 晶格常数。该第一层为基本上单晶层。

附图说明

[0006] 图 1 说明 III 族氮化物发光装置,其具有布置在缓冲层和 n 型层之间的界面层。

[0007] 图 2 说明根据本发明实施例的 III 族氮化物发光装置的一部分。

[0008] 图 3 说明连接到底座的倒装芯片发光装置。

具体实施方式

[0009] III 族氮化物装置经常生长在蓝宝石衬底上。生长在蓝宝石上的第一层包含任何缓冲层或成核层以及第一高质量的基本上单晶层,该第一层经常为 GaN。由于 GaN 和蓝宝石之间的晶格和化学失配,生长在蓝宝石上的 GaN 发展应力。应力数量会取决于成核和合并条件。在生长该半导体结构之后,随着晶片冷却,由于与蓝宝石 ($7.5 \times 10^{-6}/\text{K}$) 相比之下 GaN 的较小的热膨胀系数 ($5.6 \times 10^{-6}/\text{K}$) 的原因,附加应力形成于该半导体结构中。在冷却期间出现的应力会部分地抵消由于晶格和化学失配引起的固有应力。

[0010] 随着生长在蓝宝石上的半导体材料的厚度增大,晶片会弯曲以部分地补偿半导体材料中的压应力,使得当从顶部,即半导体结构生长于其上的表面观看时,晶片是凸起的。例如,具有大约几微米厚的半导体结构的装置的晶片会弯曲大约几十微米,其中该弯曲代表晶片边缘高度和中央高度之间的差异。弯曲是有问题的,因为在诸如光刻的工艺期间,弯曲数量必须被补偿。

[0011] 依据本发明的实施例,在 III 族氮化物发光装置中包含至少部分地补偿弯曲的层。

[0012] 图 2 说明根据本发明实施例的 III 族氮化物装置的一部分。在图 2 说明的装置中, GaN 结构 23 首先生长在生长衬底(图 2 中未示出)上,该生长衬底可以是任何合适的生长衬底并且该生长衬底典型地为蓝宝石或 SiC。GaN 结构 23 可包含一个或多个准备层,诸如缓冲层或成核层。至少一个高质量的单晶层被包含在 GaN 结构 23 中,该单晶层经常是在高温生长的 GaN 或低 AlN 组份的 AlGaIn。GaN 结构 23 可包含不是 GaN 的 III 族氮化物层,诸如 InGaIn、AlGaIn 或 AlInGaIn 层。

[0013] 曲率控制层 25 生长在 GaN 结构 23 中包含的单晶层上方。曲率控制层 25 为单晶层,其理论 a 晶格常数小于曲率控制层生长于其上的单晶层的实际 a 晶格常数。在一些实施例中,曲率控制层 25 具有比 GaN 的理论 a 晶格常数小的理论 a 晶格常数。在一些实施例中,曲率控制层 25 为 AlGaIn 或 AlInGaIn。当曲率控制层 25 生长在 GaN 或者理论晶格常数比曲率控制层 25 大的某些其它材料(诸如具有较小 AlN 组份的 AlGaIn)上时,曲率控制层 25 受到张力。曲率控制层 25 中的张力可以至少部分地补偿 GaN 结构 23 中由于从生长温度冷却引起的由衬底感应的热压应力,从而减小装置的晶片中的弯曲数量。在没有曲率控制层的装置中,发明人观察到 $94 \mu\text{m}$ 的弯曲。在具有 8.5%AlN 的 AlGaIn 曲率控制层的可比装置中,发明人观察到 $61 \mu\text{m}$ 的弯曲。

[0014] 为了使曲率控制层 25 受张力,曲率控制层必须生长在足够高质量的层上,使得曲率控制层本身为基本上单晶层。在图 1 说明的装置中,界面层 16 直接沉积在缓冲层 14 上,该缓冲层典型地为在低温生长的无定形层。如 US6,194,742 中描述的生长在缓冲层上的界面层 16 将典型地不是受应变的赝晶层,受应变的赝晶层对于该层减小弯曲而言是必需的。

[0015] AlGaIn 曲率控制层 25 中的 AlN 组份可以例如在一些实施例中小于 30%,在一些实施例中介于 2% 和 15%,在一些实施例中介于 6% 和 10%,在一些实施例中介于 7% 和 9%,在一些实施例中为 7.5%,以及在一些实施例中为 8.5%。在大于 10% 的组份,在一些装置中发明

人观察到曲率控制层中的掩埋开裂,这实际上增加了弯曲数量。在一些实施例中,AlInGaN 曲率控制层 25 中的 AlN 组份可以与如上所述的 AlGaIn 曲率控制层的 AlN 组份相同。因为 InN 的晶格常数相比之下大于 GaN 的晶格常数,添加 InN 将减小曲率控制层中张力的数量,因而 InN 组份通常保持小。例如,在一些实施例中,AlInGaIn 曲率控制层中的 InN 组份可以为几个百分比的量级。在一些实施例中,AlInGaIn 曲率控制层中的 AlN 组份可以大于如上所述的 AlGaIn 曲率控制层的 AlN 组份,从而至少部分地补偿由添加 InN 造成的张力减小。

[0016] 根据 Vegard 定律从 AlN (3.111Å)、GaIn (3.189Å)、InN (3.533Å) 的 a 晶格常数计算的曲率控制层 25 的理论晶格常数在一些实施例中可以介于 3.111 和 3.189Å,在一些实施例中可以介于 3.165 和 3.188Å,在一些实施例中可以介于 3.180 和 3.184Å,以及在一些实施例中可以介于 3.182 和 3.183Å。对于 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 层,可以根据 $a_{\text{AlInGaIn}} = (a_{\text{AlN}})x + (a_{\text{InN}})y + (a_{\text{GaIn}})(1-x-y)$ 计算晶格常数。

[0017] 曲率控制层 25 足够厚以形成足够的张力从而减小弯曲,但是足够薄使得曲率控制层不开裂。曲率控制层可以在一些实施例中厚例如 200Å 从而恰好低于开裂极限,在一些实施例中厚 500 至 1500Å,在一些实施例中厚 0.5 至 5 μm,以及在一些实施例中厚 1 至 2 μm。随着 AlGaIn 层中 AlN 的组份增大,理论晶格常数减小。因此,随着 AlN 组份增大,AlGaIn 层可以生长到的没有开裂的厚度减小。

[0018] 曲率控制层中张力的数量,并且因此曲率控制层减小弯曲的能力,为曲率控制层的厚度和曲率控制层的理论晶格常数与曲率控制层生长于其上的层的实际晶格常数之间的差异造成的应变的乘积。为了实现指定张力数量,高度受应变的曲率控制层可以薄于受应变较小的曲率控制层。在一些实施例中,曲率控制层生长在 GaIn 层上。这种 GaIn 层的实际面内晶格常数可以取决于生长条件,并且可以例如在 3.184 和 3.189Å 之间变化。对于曲率控制层生长于其上的 GaIn 层具有比较小面内晶格常数的情形,曲率控制层的 AlN 组份和/或厚度可以小于曲率控制层生长于其上的 GaIn 层具有比较大面内晶格常数的情形。

[0019] 在一些实施例中,曲率控制层生长速率慢于 GaIn 结构 23。

[0020] 曲率控制层 25 通常是非故意掺杂的,不过它也可以用 n 型或 p 型掺杂剂掺杂。

[0021] 包含 n 型区、发光区或有源区和 p 型区的半导体结构生长在曲率控制层上方。n 型区 22 首先生长在衬底上方。n 型区 22 可包含不同组份和掺杂剂浓度的多个层,例如所述多个层包含:准备层,诸如缓冲层或成核层,其可以是 n 型或者非故意掺杂的;释放层,其设计成有利于稍后释放生长衬底或者在衬底移除之后减薄半导体结构;以及 n 或者甚至 p 型装置层,其针对发光区高效地发射光所期望的具体光学或电学属性而设计。

[0022] 在一些实施例中,曲率控制层 25 夹置在两个高质量的基本上单晶层之间。在一些实施例中,夹置曲率控制层 25 的两个层的其中之一或二者中的位错密度可以介于 10^5 和 10^9cm^{-2} 。

[0023] 发光区或有源区 24 生长在 n 型区 22 上方。合适发光区的示例包含单个厚或薄的发光层,或者包含由垒层分隔的多个薄或厚量子阱发光层的多量子阱发光区。例如,多量子阱发光区可包含由垒分隔的多个发光层,每个发光层厚度为 25Å 或更小,每个垒厚度为 100Å 或更小。在一些实施例中,装置中的每个发光层的厚度大于 50Å。

[0024] p 型区 26 生长在发光区 24 上方。类似于 n 型区, p 型区可包含多个不同组份、厚度和掺杂剂浓度的层,其包含非故意掺杂的层或者 n 型层。

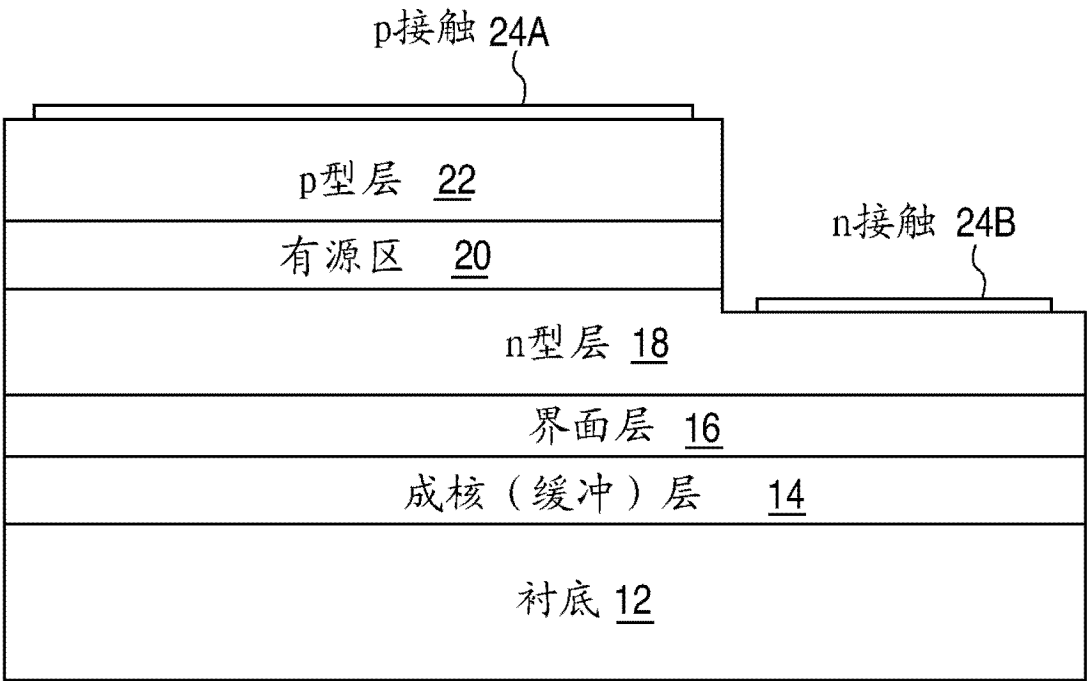
[0025] 图 3 说明连接到底座 40 的 LED 42。p 接触 48 经常为反射银接触,形成于 p 型区上。在形成 p 接触之前或之后,通过蚀刻掉部分的 p 型区和发光区而露出部分的 n 型区。包含 n 型区 22、发光区 24 和 p 型区 26 的半导体结构在图 3 中用结构 44 表示。n 接触 46 形成于 n 型区的露出部分上。由于 n 接触 46 形成于 n 型区 22 上,曲率控制层 25 不位于装置中的电流路径中并且因此不改变装置的电学属性,而与曲率控制层 25 的组份无关。

[0026] LED 42 通过 n 和 p 互连 56 和 58 结合到底座 40。互连 56 和 58 可以是任何合适材料,诸如焊料或其它金属,并且可包含多层材料。在一些实施例中,互连包含至少一个金层并且 LED 42 和底座 40 之间的结合是通过超声结合形成。

[0027] 在超声结合期间,LED 管芯 42 置于底座 40 上。结合头置于 LED 管芯的上表面上,对于生长在蓝宝石上的 III 族氮化物装置情形,经常置于蓝宝石生长衬底的上表面。结合头连接到超声换能器。超声换能器可以是例如锆钛酸铅 (PZT) 层的叠层。当电压以致使该系统和谐共振的频率(经常是几十或几百 kHz 量级的频率)应用到换能器时,换能器开始振动,这进而致使结合头和 LED 管芯振动,振动振幅经常为几微米量级。振动致使 LED 42 上的结构的金属晶格中的原子与底座 40 上的结构互扩散,从而形成冶金学上连续的接合。在结合期间可以添加热和 / 或压力。

[0028] 在将 LED 管芯 42 结合到底座 40 之后,半导体层生长于其上的生长衬底可以被移除,例如通过激光剥离、蚀刻或者适合于具体生长衬底的任何其它技术。在移除生长衬底之后,半导体结构可以被减薄,例如通过光电化学蚀刻,并且 / 或者表面可以例如利用光子晶体结构被粗糙化或图案化。所有或者部分的 GaN 结构 23 和曲率控制层 25 可以保留在装置中,或者在移除生长衬底之后在减薄期间可以被移除。在衬底移除之后,透镜、波长转换材料或者本领域中已知的其它结构可以布置在 LED 42 上方。

[0029] 已经详细描述了本发明,本领域技术人员将理解,鉴于本公开内容,可以对本发明进行调整而不背离此处描述的发明构思的精神。因此,本发明的范围不打算受限于所说明和描述的特定实施例。



(现有技术)

图 1

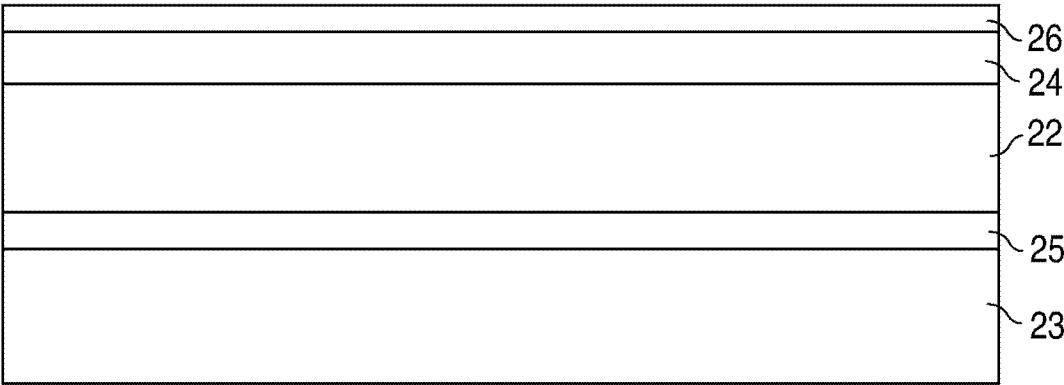


图 2

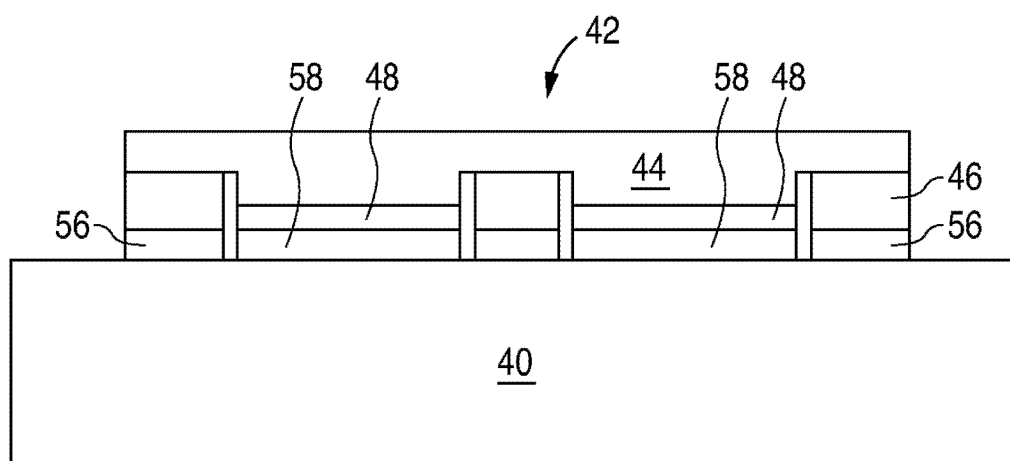


图 3