



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101378102 B

(45) 授权公告日 2010. 10. 13

(21) 申请号 200710168024. 8

JP 特许 3604205 B2, 2004. 12. 22, 全文.

(22) 申请日 2007. 11. 02

JP 特开 2006-120856 A, 2006. 05. 11, 说明书 0010, 0017-0019, 0032-0051、附图 1-3.

(66) 本国优先权数据

US 20040115853 A1, 2004. 06. 17, 全文.

PCT/CN2007/00261. 6 2007. 08. 31 CN

审查员 王小东

(73) 专利权人 晶能光电(江西)有限公司

地址 330047 江西省南昌市南京东路 235 号
南昌大学北区(材料科学研究所)

(72) 发明人 江风益 王立 方文卿 莫春兰
蒲勇 熊传兵

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所
11256

代理人 王茂华

(51) Int. Cl.

H01L 33/00(2006. 01)

(56) 对比文件

US 6060335 A, 2000. 05. 09, 说明书第 6 栏 37 行-第 8 栏 21 行、附图 1-3.

JP 特开 2006-344930 A, 2006. 12. 21, 全文.

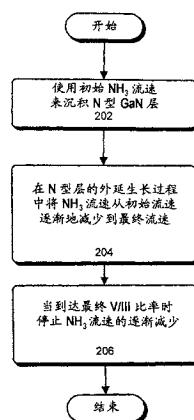
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

具有超高反向击穿电压的氮化镓发光器件

(57) 摘要

本发明的一个实施例提供一种基于氮化镓(GaN)的半导体发光器件(LED),包括:n型基于GaN的半导体层(n型层);有源层;以及p型基于GaN的半导体层(p型层)。在生长有源层与p型层之前通过使用氨气(NH₃)作为氮源来外延地生长n型层。在V族元素和III族元素之间的流速比率从初始值逐渐地减少到最终值。基于GaN的LED表现出等于或者大于60伏特的反向击穿电压。



1. 一种基于氮化镓 (GaN) 的半导体发光器件, 包括:
n 型基于氮化镓的半导体层, 即 n 型层;
有源层; 以及
p 型基于氮化镓的半导体层, 即 p 型层;
其中在生长所述有源层与所述 p 型层之前通过使用氨气 (NH₃) 作为氮源来外延地生长所述 n 型层; 以及
其中在所述 n 型层的外延生长过程中 V 族元素与 III 族元素的流速比率或者 V/III 比率从初始值逐渐地减少到最终值。
2. 根据权利要求 1 所述的基于氮化镓的半导体发光器件,
其中所述基于氮化镓的发光器件表现出等于或者大于 60 伏特的反向击穿电压。
3. 根据权利要求 1 所述的基于氮化镓的半导体发光器件,
其中所述初始 V/III 比率在 1000 与 10000 之间; 以及
其中所述最终 V/III 比率在 150 与 500 之间。
4. 根据权利要求 3 所述的基于氮化镓的半导体发光器件,
其中所述初始 V/III 比率在 2000 与 5000 之间。
5. 根据权利要求 3 所述的基于氮化镓的半导体发光器件,
其中所述最终 V/III 比率在 200 与 300 之间。
6. 根据权利要求 1 所述的基于氮化镓的半导体发光器件,
其中所述有源层处于在与所述 n 型层中达到所述最终 V/III 比率时所在的位置相距 1000 埃之内。
7. 根据权利要求 1 所述的基于氮化镓的半导体发光器件,
其中所述 V/III 比率减少工艺在所述 n 型层外延生长开始之后预定时间段后开始。
8. 根据权利要求 1 所述的基于氮化镓的半导体发光器件,
其中所述 V/III 比率减少工艺基本上是线性的, 其具有基本上恒定的减少速率。
9. 根据权利要求 1 所述的基于氮化镓的半导体发光器件,
其中所述 V/III 比率从所述初始 V/III 比率减少到所述最终 V/III 比率的持续时间等于或者大于所述 n 型层的整个外延时间的 50%。
10. 根据权利要求 1 所述的基于氮化镓的半导体发光器件,
其中所述基于氮化镓的发光器件的反向击穿电压等于或者大于 110 伏特。
11. 根据权利要求 1 所述的基于氮化镓的半导体发光器件,
其中所述基于氮化镓的发光器件的接通电压等于或者少于 3 伏特。
12. 根据权利要求 1 所述的基于氮化镓的半导体发光器件,
其中所述有源层是 InGa_xN_{1-x}/GaN 多量子阱 (MQW) 层。
13. 一种用于制作基于氮化镓 (GaN) 的半导体发光器件的方法, 包括:
在使用氨气 (NH₃) 作为氮源的同时在生长衬底上外延地生长 n 型基于氮化镓的半导体层, 即 n 型层, 其中在外延地生长所述 n 型层的同时, 将 V 族元素与 III 族元素的流速比率或者 V/III 比率从初始值逐渐地减少到最终值; 以及
在所述 n 型层上外延地生长有源层和 p 型基于氮化镓的半导体层, 即 p 型层;
其中所述 n 型层、所述有源层和所述 p 型层形成所述基于氮化镓的发光器件的结构。

14. 根据权利要求 13 所述的方法，其中所述基于氮化镓的发光器件表现出等于或者大于 60 伏特的反向击穿电压。
15. 根据权利要求 13 所述的方法，其中所述初始 V/III 比率在 1000 与 10000 之间；以及其中所述最终 V/III 比率在 150 与 500 之间。
16. 根据权利要求 15 所述的方法，其中所述初始 V/III 比率在 2000 与 5000 之间。
17. 根据权利要求 15 所述的方法，其中所述最终 V/III 比率在 200 与 300 之间。
18. 根据权利要求 13 所述的方法，其中所述有源层处于在与所述 n 型层中达到所述最终 V/III 比率时所在的位置相距 1000 埃之内。
19. 根据权利要求 13 所述的方法，其中所述方法还包括在所述 n 型层外延生长开始之后预定时间段后开始所述 V/III 比率减少工艺。
20. 根据权利要求 13 所述的方法，其中逐渐地减少所述 V/III 比率包括将所述 V/III 比率从所述初始 V/III 比率基本上线性地减少到所述最终 V/III 比率。
21. 根据权利要求 13 所述的方法，其中将所述 V/III 比率从所述初始 V/III 比率逐渐地减少到所述最终 V/III 比率的持续时间等于或者大于所述 n 型层的整个外延时间的 50%。
22. 根据权利要求 13 所述的方法，其中所述基于氮化镓的发光器件的反向击穿电压等于或者大于 110 伏特。
23. 根据权利要求 13 所述的方法，其中所述基于氮化镓的发光器件的接通电压等于或者少于 3 伏特。
24. 根据权利要求 13 所述的方法，其中所述有源层是 InGaN/GaN 多量子阱 (MQW) 层。
25. 一种用于制作基于氮化镓 (GaN) 的半导体发光器件的系统，包括：
沉积机构，配置用以在使用氨气 (NH₃) 作为氮源的同时在生长衬底上外延地生长 n 型基于氮化镓的半导体层，即 n 型层，
其中所述沉积机构被配置用以将 V 族元素与 III 族元素的流速比率或者 V/III 比率从初始值逐渐地减少到最终值；以及
其中所述沉积机构被配置用以在所述 n 型层上外延地生长有源层和 p 型基于氮化镓的半导体层，即 p 型层；
其中所述 n 型层、所述有源层和所述 p 型层形成所述基于氮化镓的发光器件的结构；以及
其中所述基于氮化镓的发光器件表现出等于或者大于 60 伏特的反向击穿电压。

具有超高反向击穿电压的氮化镓发光器件

技术领域

[0001] 本发明涉及氮化镓 (GaN) 半导体发光器件的设计和制作。更具体地,本发明涉及用于制作具有超高反向击穿电压的基于 GaN 的半导体发光器件的方法。

背景技术

[0002] 在基于氮化镓的发光器件 (LED) 和激光器的开发中的最新成就不仅将发光谱扩展到绿色、蓝色和紫外线区域,而且能够实现高的发光效率。这是因为 GaN 材料具有在这些光谱中允许光子发射的大直接带隙。由于它们的高能量效率、高亮度和长的寿命,基于 GaN 的半导体 LED 已经广泛地使用于包括全色彩大型屏幕显示器、交通灯、背光源和固态发光的应用中。

[0003] 基于 GaN 的 LED 通常包括 p-n 结的结构。GaN-LED 也可以包括基于 GaN 的 n 型半导体层、多量子阱 (MQW) 有源区域和基于 GaN 的 p 型半导体层。在发光过程中,以如下电压正向偏置 p-n 结或者 MQW 区域,该电压造成电流通过有源层从 p 型层流到 n 型层。然而,LED 有时可能由于许多原因、例如由于受到静电放电 (ESD) 或者意外地连接到反向电压源而变得反向偏置。另外,当交流电压用来驱动 LED 时,LED 变得反向偏置。

[0004] 当 LED 反向偏置时,在反向电压达到基于 GaN 的 LED 的反向寄存电压的水平之前几乎没有电流 (称为“反向电流”) 流过 p-n 结。当偏置电压即使瞬间地超过击穿电压时,反向电流显著地增加,这可能造成对 LED 的永久损坏。注意到归因于 ESD 的反向偏置可能特别地有害,因为 ESD 电压可能比 LED 的典型反向击穿电压大得多,而 ESD 事件的发生常常是不可预测的。常规基于 GaN 的 LED 通常表现出低反向击穿电压,因此易于遭受这些反向击穿的风险。

[0005] 一般希望制作具有高反向击穿电压的基于 GaN 的 LED 以增加 LED 的可靠性。然而一直难以在实践中实现高的反向击穿电压。

发明内容

[0006] 本发明的一个实施例提供一种基于氮化镓 (GaN) 的半导体发光器件 (LED),包括: n 型基于 GaN 的半导体层 (n 型层);有源层;以及 p 型基于 GaN 的半导体层 (p 型层)。在生长有源层与 p 型层之前通过使用氨气 (NH₃) 作为氮源来外延地生长 n 型层。在 n 型层的外延生长过程中,V 族元素与 III 族元素的流速比率或者 V/III 比率从初始值逐渐地减少到最终值。

[0007] 在对这一实施例的一种变形中,基于 GaN 的 LED 表现出等于或者大于 60 伏特的反向击穿电压。

[0008] 在对这一实施例的一种变形中,初始 V/III 比率约在 1000 与 10000 之间,而最终 V/III 比率约在 150 与 500 之间。

[0009] 在又一变形中,初始 V/III 比率约在 2000 与 5000 之间。

[0010] 在又一变形中,最终 V/III 比率约在 200 与 300 之间。

[0011] 在对这一实施例的一种变形中,有源层充分地接近 n 型层中达到最终 V/III 比率时所在的位置。

[0012] 在对这一实施例的又一变形中,有源层处于在与 n 型层中达到最终 V/III 比率时所在的位置相距 1000 埃之内。

[0013] 在对这一实施例的一种变形中,V/III 比率减少工艺在 n 型层外延生长开始之后不久开始。

[0014] 在对这一实施例的一种变形中,V/III 比率减少工艺基本上是线性的,其具有基本上恒定的减少速率。

[0015] 在对这一实施例的一种变形中,V/III 比率从初始 V/III 比率减少到最终 V/III 比率的持续时间充分地长。

[0016] 在对这一实施例的一种变形中,基于 GaN 的 LED 的反向击穿电压等于或者大于 110 伏特。

[0017] 在对这一实施例的一种变形中,基于 GaN 的 LED 的接通电压等于或者少于 3 伏特。

[0018] 在对这一实施例的一种变形中,有源层是 InGaN/GaN 多量子阱 (MQW) 层。

附图说明

[0019] 图 1 图示了基于 GaN 的 LED 结构的横截面图。

[0020] 图 2 呈现了流程图,该流程图图示了根据本发明的一个实施例在改变 NH_3 流速的同时生长 n 型 GaN 层工艺。

具体实施方式

[0021] 呈现以下描述以使本领域技术人员实现和运用本发明,并且在特定应用及其要求的背景下提供该描述。对公开的实施例的各种修改对于本领域技术人员将是明显的,并且这里定义的一般原理可以适用于其它实施例和应用而不脱离本发明的范围。因此,本发明不限于所示实施例而将赋之以与权利要求书一致的最宽范围。

[0022] 概述

[0023] 本发明的实施例有助于制作具有超高反向击穿电压的基于 GaN 的 LED。具体而言,通过生长 n 型层,然后外延地生长有源层和 p 型层来制作这样的基于 GaN 的 LED 的结构。在沉积 n 型层的同时,将氨气 (NH_3) 用作氮源。取代了使用恒定的 NH_3 流速,调节 NH_3 流速使得 V 族元素与 III 族元素之间的流速比率(称为 V/III 比率)从初始值逐渐地减少到显著低于初始值的最终值。控制 V/III 比率减少工艺使得变化速率递减而减少工艺的持续时间充分地长。在基于 GaN 的 LED 的最终结构中,有源层充分地接近 n- 型层中到达最终 V/III 比率时所在的位置。

[0024] 基于 GaN 的 LED 结构

[0025] 图 1 图示了根据本发明一个实施例的基于 GaN 的 LED 结构 100 的横截面图。如图 1 中所示,在衬底 102 上制作基于 GaN 的 LED 结构 100。衬底 102 可以包括但不限于蓝宝石 (Al_2O_3) 衬底、碳化硅 (SiC) 衬底、砷化镓 (GaAs) 衬底和 / 或硅 (Si) 衬底。

[0026] 注意到基于 GaN 的 LED 结构 100 包括 n 型层 106、有源层 108 和 p 型层 110。这三个层形成 LED 器件的基本结构。更具体地,在一个实施例中,先在衬底 102 上外延地生长 n

型层 106, 然后生长有源层 108 和 p 型层 110。在本发明的一个实施例中, 有源层 108 包括 InGa_N/Ga_N MQW 结构。MQW 结构有助于较高的载流子密度并且因此有助于增加载流子的重新组合速率, 这能够提高发光效率。

[0027] 可选地, 可以在生长 n 型层 106 之前在衬底 102 上形成缓冲层 104。这对于晶格恒定和 / 或热膨胀系数匹配的目的而言是有利。虽然图 1 中未示出, 但是基于 Ga_N 的 LED 结构也可以包括分别电耦合到 n 型层 106 和 p 型层 110 的 n 型电极和 p 型电极。注意到这些电极可以通过使用任何电极制作技术以任何结构来制作。这样的技术包括物理气相沉积和 / 或化学气相沉积。

[0028] 用于外延地生长基于 Ga_N 的 LED 结构 100 的技术可以包括但不限于金属有机化学气相沉积 (MOCVD)、分子束外延 (MBE)、混合气相外延 (HVPE) 和 / 或金属有机气相外延 (MOVPE)。

[0029] 注意到在衬底 102 上外延生长 n 型 Ga_N 层 106 需要 Ga 源和 N 源两者。特别地, 三甲基镓 (TMGa) 和氨 (NH₃) 可以分别用作镓 (III 族) 源和 N (V 族) 源。在 n 型层的制作过程中, TMGa 和 NH₃ 都处于气相, 而这些气体以预定的流速被引入到沉积室中。

[0030] 通常, 在用于 n 型层的制作工艺过程中维持某一 V/III 比率。在通常 n 型层的制作工艺中, V/III 比率近似地保持于 1000 与 10000 之间, 优选为 2000 与 5000 之间。

[0031] 通过改变 NH₃ 流速来实现超高反向击穿电压

[0032] 本发明的实施例提供一种用于通过在 n 型层沉积过程中通过改变 NH₃ 流速使得 V/III 比率从常规值减少到小于常规值的最终值来实现 Ga_N LED 的超高反向击穿电压的方法。图 2 呈现了流程图, 该流程图图示了根据本发明的一个实施例在改变 NH₃ 流速的同时生长 n 型层的工艺。

[0033] 该工艺从使用与初始 V/III 比率相对应的初始 NH₃ 流速来沉积 n 型层 (操作 202) 开始。在本发明的一个实施例中, 初始流速可以是通常用于 n 型层外延生长的正常流速, 而初始 V/III 比率可以在 1000 与 10000 之间。注意到 TMGa 的流速也被设置成通常以 $\mu\text{mol}/\text{min}$ 为单位来表示的正常值。在实践中, NH₃ 流速与 TMGa 流速之比可以近似为 2000-5000。

[0034] 在已经开始 n 型 Ga_N 沉积之后, 该工艺然后逐渐地将 NH₃ 流速从初始流速减少到造成最终 V/III 比率的最终流速 (操作 204)。在一个实施例中, NH₃ 流速的减少可以在外延生长已经开始之后不久开始。在又一实施例中, NH₃ 流速可以在已经以初始流速进行外延生长预定时间段之后开始减少。注意到最终流速显著地小于初始流速。在本发明的一个实施例中, 最终 V/III 比率在初始 V/III 比率的约 10% 与 30% 之间。例如, 如果初始 V/III 比率是 2200, 则最终 V/III 比率可以近似为 250。由于源气体的实际流速取决于各种沉积条件, 比如沉积室尺寸和生长效率, 所以实际流速可以变化。

[0035] 注意到在一个实施例中通过减少 NH₃ 流速来实现的将 V/III 比率从初始值减少到最终值可以遵循可以通过不同函数来近似的不同形式。这些函数可以包括但不限于具有恒定减少速率的线性减少或者以可变的减少速率曲线为基础的非线性减少。另外, 流速减少工艺可以基于一系列离散的小阶跃而不是平滑连续变化。在又一实施例中, 操作 204 可以包括上述减少技术的组合。例如, 流速减少过程可以从线性减少开始直至达到中间流速、然后遵循非线性函数继续趋于最终速率。

[0036] 由于 NH₃ 流速变化是逐渐的而整个流速变化是显著的, 所以流速从初始流速减少

到最终流速的持续时段理想上是充分地长的。在本发明的一个实施例中,这一工艺的持续时间等于或者大于 n 型层的整个外延生长时间的 50%。

[0037] 接着,该过程在已经达到最终流 V/III 比率时中断 NH_3 流速的逐渐减少(操作 206)。注意到在 n 型层中达到最终流速时所在的位置理想上充分地接近 n 型层与有源层之间的分界面。在本发明的一个实施例中,有源层近似地处于与在 n 型层中达到最终流速时所在的位置相距 1000 埃之内。在本发明的又一实施例中,有源层与 n 型层之间的分界面就是在达到最终流速时所在之处。注意到可以在完成 n 型层外延生长之前达到最终流速。在这一情况下,系统可以继续以最终流速提供 NH_3 直至 n 型层沉积工艺结束。

[0038] 在本发明的一个实施例中,可以在 n 型层沉积工艺的整个过程中保持 TMGa 流速恒定。在更多实施例中,可以改变 TMGa 流速以帮助减少 V/III 比率。例如,可以在减少 NH_3 流的同时增加 TMGa 流速。

[0039] 在完成 n 型层的沉积时,在正常的外延生长条件之下执行有源层和 p 型层的沉积。

[0040] 所制造的基于 GaN 的 LED 器件的性质

[0041] 观察到使用这里教导的工艺来制造的基于 GaN 的 LED 表现出超高的反向击穿电压。使用这一技术来获得的典型反向击穿电压可以等于或者大于 60 伏特。也已经获得等于或者大于 110 伏特的反向击穿电压。与通常具有约 20 伏特反向击穿电压的常规 LED 相比,使用所提供的技术来制造的 GaN LED 表现出显著改进的可靠性。

[0042] 另外观察到使用本发明的技术来制造的基于 GaN 的 LED 的接通电压可以等于或者少于与使用常规工艺来制造的 GaN LED 的接通电压基本上相同的 3 伏特。

[0043] 虽然在 GaN LED 的背景下描述了本发明,但是所提出的技术也适用于制造基于 GaN 的半导体激光器以实现高反向击穿电压。

[0044] 对本发明实施例的以上描述是仅出于解释和说明的目的而呈现的。它们并不旨在穷举本发明或者将本发明限制于公开的形式。因而,许多修改和变化对于本领域技术人员将是明显的。此外,以上公开并不旨在限制本发明。本发明的范围通过所附权利要求书来限定。

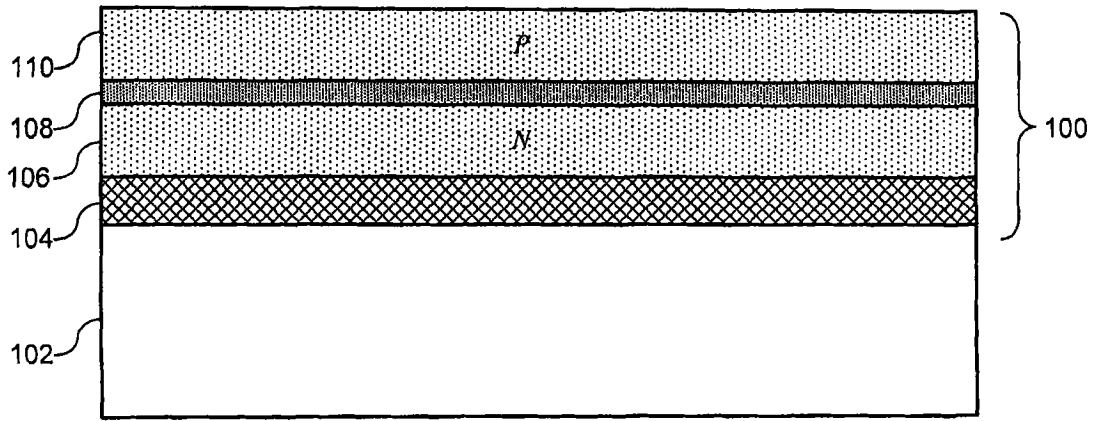


图 1

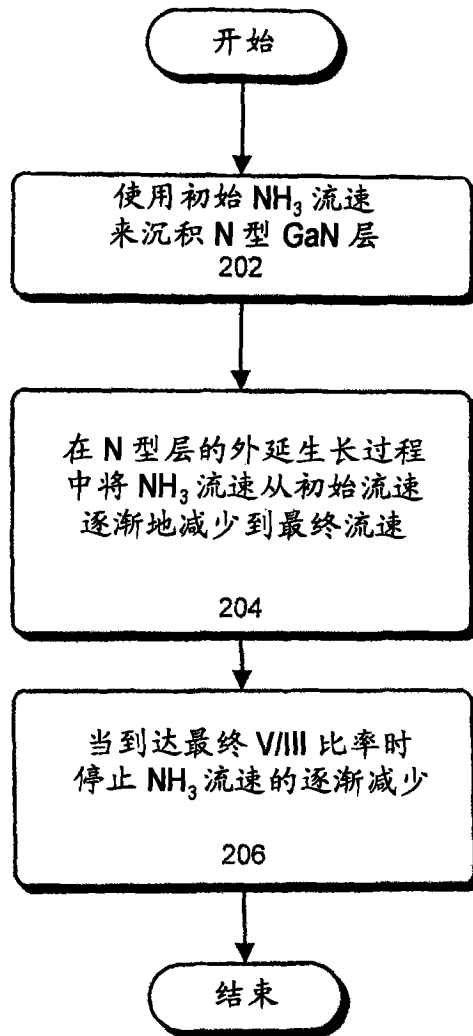


图 2