

(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 101752789 B

(45) 授权公告日 2011.08.17

(21) 申请号 200810240353.3

US 5239550 A, 1993.08.24, 全文.

(22) 申请日 2008.12.17

审查员 张中青

(73) 专利权人 中国科学院半导体研究所

地址 100083 北京市海淀区清华东路甲 35
号

(72) 发明人 梁松 朱洪亮 王圩

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

代理人 周国城

(51) Int. Cl.

H01S 5/34 (2006.01)

H01S 5/343 (2006.01)

(56) 对比文件

JP 特开平 5-343804 A, 1993.12.24, 全文.

US 5892786 A, 1999.04.06, 全文.

US 2006/0208290 A1, 2006.09.21, 全文.

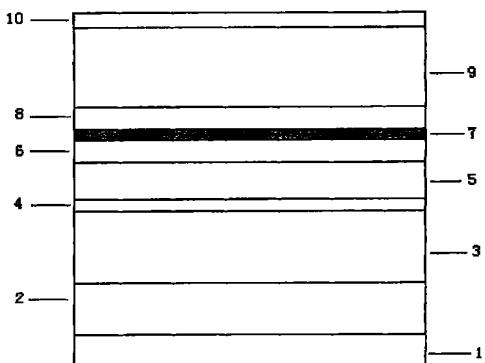
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 发明名称

NPN 异质结双极型晶体管激光器

(57) 摘要

本发明涉及半导体激光器技术领域，公开了一种 NPN 异质结双极型晶体管激光器，包括衬底(1)、缓冲层(2)、下包层(3)、亚集电极层(4)、集电极层(5)、基极层(6)、量子阱有源区层(7)、发射极层(8)、上包层(9)和接触层(10)。其中量子阱有源区层位于所述基极层与发射极层之间，一方面减少了基极层中掺杂杂质 Zn 向有源区层的扩散，另一方面也减少了基极层中掺杂杂质 Zn 向发射区层的扩散，有助于同时提高器件的光学和电学性能。由发射极注入的电子一部分在量子阱有源区层中辐射复合发光，另一部分被集电极层收集，形成集电极电流。



1. 一种 NPN 异质结双极型晶体管激光器，其特征在于，包括，
一衬底 (1)；
一缓冲层 (2)，该缓冲层 (2) 生长在所述衬底 (1) 上；
一下包层 (3)，该下包层 (3) 生长在所述缓冲层 (2) 上；
一亚集电极层 (4)，该亚集电极层 (4) 生长在所述下包层 (3) 上；
一集电极层 (5)，该集电极层 (5) 生长在所述亚集电极层 (4) 上；
一基极层 (6)，该基极层 (6) 生长在所述集电极层 (5) 上；
一量子阱有源区层 (7)，该量子阱有源区层 (7) 生长在所述基极层 (6) 上；
一发射极层 (8)，该发射极层 (8) 生长在所述量子阱有源区层 (7) 上；
一上包层 (9)，该上包层 (9) 生长在所述发射极层 (8) 上；以及
一接触层 (10)，该接触层 (10) 生长在所述上包层 (9) 上；
其中，所述基极层 (6) 与所述发射极层 (8) 共同作为所述量子阱有源区层 (7) 的波导层。
2. 根据权利要求 1 所述的 NPN 异质结双极型晶体管激光器，其特征在于，所述衬底 (1) 是 InP 衬底，或是 GaAs 衬底，或是 GaN 衬底，或是 SiC 衬底，或是 Si 衬底。
3. 根据权利要求 1 所述的 NPN 异质结双极型晶体管激光器，其特征在于，所述量子阱有源区层 (7) 位于所述基极层 (6) 与所述发射极层 (8) 之间，在该量子阱有源区层 (7) 中阱材料厚度为 7 ~ 12nm，垒材料厚度为 6 ~ 15nm，有源区量子阱的个数为 1 ~ 3 个。
4. 根据权利要求 1 所述的 NPN 异质结双极型晶体管激光器，其特征在于，由发射极层 (8) 注入的电子一部分在量子阱有源区层 (7) 中辐射复合发光，另一部分被亚集电极层 (4) 收集，形成集电极电流。
5. 根据权利要求 1 所述的 NPN 异质结双极型晶体管激光器，其特征在于，所述下包层 (3) 和上包层 (9) 用于对器件的光场及电场进行限制，二者具有相同的材料和厚度，且厚度在 0.4 ~ 1.2 微米之间。
6. 根据权利要求 1 所述的 NPN 异质结双极型晶体管激光器，其特征在于，所述亚集电极层 (4) 的厚度为 30 ~ 70nm，所述集电极层 (5) 的厚度为 60 ~ 200nm，所述基极层 (6) 的厚度为 30 ~ 120nm，所述发射极层 (8) 的厚度为 30 ~ 120nm，所述接触层 (10) 的厚度为 100nm。

NPN 异质结双极型晶体管激光器

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体光电器件领域,特别涉及一种 NPN 异质结双极型晶体管激光器。

背景技术

[0002] 2005 年,美国伊利诺依大学的一个研究小组在世界上首先报道了一种称为异质结双极型晶体管激光器的半导体器件 [Appl. Phys. Lett. Vol. 87, P. 131103 (2005).],仅利用较为简单的外延及制作工艺该器件同时实现了激光器的发光功能和晶体管的放大功能。与普通晶体管的不同之处在于,晶体管的基区中引入了一个量子阱。在一定的基极一集电极电压下,电子会由集电区注入基区,在量子阱区与空穴复合发光。光波在前后两个解理腔反射镜面之间来回反射得到放大,超过一定强度后由端面出射。因此,这种器件不仅有常规晶体管的电信号放大功能,同时还具备了由电信号向光信号转换的功能 [IEEE Spectrum, Vol 43, P. 50 (2006)]。正因有此特点,晶体管激光器将有可能在光子互联、光电子集成 (OEIC) 以及光信号处理等方面发挥巨大作用。

[0003] 在所报道的晶体管激光器结构中,量子阱有源区被置于基区之中,对于 NPN 型器件这个结构有一个明显的缺点:在使用能够对空穴浓度进行线性控制的 Zn 作为 p 型掺杂杂质时,Zn 容易从上下两个方向扩散到有源区之中,导致有源区材料质量显著下降,恶化器件发光性能 [J. Appl. Phys. , Vol 103, P. 114505 (2008)]。

发明内容

[0004] (一) 要解决的技术问题

[0005] 有鉴于此,本发明的主要目的在于提供一种 NPN 异质结双极型晶体管激光器,以降低晶体管激光器的结构复杂度,减少 p 型掺杂杂质对器件有源区材料质量的影响。

[0006] (二) 技术方案

[0007] 为达到上述目的,本发明提供了一种 NPN 异质结双极型晶体管激光器,包括,

[0008] 一衬底 1;

[0009] 一缓冲层 2,该缓冲层 2 生长在所述衬底 1 上;

[0010] 一下包层 3,该下包层 3 生长在所述缓冲层 2 上;

[0011] 一亚集电极层 4,该亚集电极层 4 生长在所述下包层 3 上;

[0012] 一集电极层 5,该集电极层 5 生长在所述亚集电极层 4 上;

[0013] 一基极层 6,该基极层 6 生长在所述集电极层 5 上;

[0014] 一量子阱有源区层 7,该量子阱有源区层 7 生长在所述基极层 6 上;

[0015] 一发射极层 8,该发射极层 8 生长在所述量子阱有源区层 7 上;

[0016] 一上包层 9,该上包层 9 生长在所述发射极层 8 上;

[0017] 一接触层 10,该接触层 10 生长在所述上包层 9 上。

[0018] 上述方案中,所述衬底 1 是 InP 衬底,或是 GaAs 衬底,或是 GaN 衬底,或是 SiC 衬

底,或是 Si 衬底。

[0019] 上述方案中,所述量子阱有源区层 7 位于所述基极层 6 与所述发射极层 8 之间,在该量子阱有源区层 7 中阱材料厚度为 7 ~ 12nm,垒材料厚度为 6 ~ 15nm,有源区量子阱的个数为 1 ~ 3 个。

[0020] 上述方案中,由发射极层 8 注入的电子一部分在量子阱有源区层 7 中辐射复合发光,另一部分被亚集电极层 4 收集,形成集电极电流。

[0021] 上述方案中,所述下包层 3 和上包层 9 用于对器件的光场及电场进行限制,二者具有相同的材料和厚度,且厚度在 0.4 ~ 1.2 微米之间。

[0022] 上述方案中,所述亚集电极层 4 的厚度为 30 ~ 70nm,所述集电极层 5 的厚度为 60 ~ 200nm,所述基极层 6 的厚度为 30 ~ 120nm,所述发射极层 8 的厚度为 30 ~ 120nm,所述接触层 10 的厚度为 100nm。

[0023] 上述方案中,所述基极层 6 与所述发射极层 8 共同作为所述量子阱有源区层 7 的波导层。

[0024] (三) 有益效果

[0025] 从上述技术方案可以看出,本发明具有以下有益效果:

[0026] 1、本发明提供的这种 NPN 异质结双极型晶体管激光器,与已经报道的将量子阱有源区置于基区材料之中的结构不同,是将量子阱有源区置于 n 型发射极材料和 p⁺ 基极材料之间,这一方面改变了 p 型掺杂杂质由两个方向向有源区材料扩散的状况,有利于降低有源区中掺杂杂质的浓度,进而改善有源区材料质量;另一方面,将量子阱有源区置于 n 型发射极材料和 p⁺ 基极材料之间,有源材料层起到了阻挡基极 p 型掺杂杂质向发射极扩散的作用,有利于改善器件的电学性能。

[0027] 2、本发明提供的这种 NPN 异质结双极型晶体管激光器,发射极与基极材料共同作为位于二者之间的有源区的波导层,可以提高器件的发光性能。

附图说明

[0028] 图 1 是本发明提供的镓砷(锢磷)基 NPN 异质结双极型晶体管激光器的剖面示意图。

具体实施方式

[0029] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,以下结合具体实施例,并参照附图,对本发明进一步详细说明。

[0030] 如图 1 所示,图 1 是本发明提供的镓砷(锢磷)基 NPN 异质结双极型晶体管激光器的剖面示意图,该 NPN 异质结双极型晶体管激光器包括,

[0031] 一衬底 1;

[0032] 一缓冲层 2,该缓冲层 2 生长在所述衬底 1 上;

[0033] 一下包层 3,该下包层 3 生长在所述缓冲层 2 上;

[0034] 一亚集电极层 4,该亚集电极层 4 生长在所述下包层 3 上;

[0035] 一集电极层 5,该集电极层 5 生长在所述亚集电极层 4 上;

[0036] 一基极层 6,该基极层 6 生长在所述集电极层 5 上;

- [0037] 一量子阱有源区层 7，该量子阱有源区层 7 生长在所述基极层 6 上；
[0038] 一发射极层 8，该发射极层 8 生长在所述量子阱有源区层 7 上；
[0039] 一上包层 9，该上包层 9 生长在所述发射极层 8 上；
[0040] 一接触层 10，该接触层 10 生长在所述上包层 9 上。
[0041] 上述衬底 1 是 InP 衬底，或是 GaAs 衬底，或是 GaN 衬底，或是 SiC 衬底，或是 Si 衬底。量子阱有源区层 7 位于所述基极层 6 与所述发射极层 8 之间，在该量子阱有源区层 7 中阱材料厚度为 7 ~ 12nm，垒材料厚度为 6 ~ 15nm，有源区量子阱的个数为 1 ~ 3 个。由发射极层 8 注入的电子一部分在量子阱有源区层 7 中辐射复合发光，另一部分被亚集电极层 4 收集，形成集电极电流。下包层 3 和上包层 9 用于对器件的光场及电场进行限制，二者具有相同的材料和厚度，且厚度在 0.4 ~ 1.2 微米之间。亚集电极层 4 的厚度为 30 ~ 70nm，所述集电极层 5 的厚度为 60 ~ 200nm，所述基极层 6 的厚度为 30 ~ 120nm，所述发射极层 8 的厚度为 30 ~ 120nm，所述接触层 10 的厚度为 100nm。所述基极层 6 与所述发射极层 8 共同作为所述量子阱有源区层 7 的波导层。
- [0042] 请再参照图 1，并结合以下具体实施例详细介绍本发明提供的 NPN 异质结双极型晶体管激光器。
- [0043] 第一实施例
- [0044] 本实施例是生长镓砷基 NPN 异质结双极型晶体管激光器的具体工艺方法，具体包括以下步骤：
- [0045] 1) 在洗好的镓砷衬底 1 上生长约 500nm 厚的镓砷缓冲层 2；
[0046] 2) 在镓砷缓冲层 2 上生长 0.4 ~ 1.2 微米厚的铟镓磷 ($In_{0.49}Ga_{0.51}P$) 或铝镓砷 ($Al_xGa_{1-x}As$ ($0 < x \leq 1$)) 下包层 3，对光场及电场进行限制；
[0047] 3) 在下包层 3 上生长厚度为 30 ~ 70nm 的 n^+ 镓砷亚集电极层 4；
[0048] 4) 在亚集电极层 4 上生长厚度为 60 ~ 200nm 的 i 型或弱 n 型掺杂的镓砷集电极层 5；
[0049] 5) 在镓砷集电极层 5 上生长厚度为 80 ~ 120nm 的 p^+ 镓砷基极层 6；
[0050] 6) 在镓砷基极层 6 上生长 i 型铟镓砷 / 镓砷量子阱有源区 7，其中铟镓砷阱厚度为 7 ~ 12nm，镓砷垒的厚度为 6 ~ 15nm，包含 1 ~ 3 个周期。将量子阱有源区层 7 置于所述基极层 6 之上，一方面减少了基极层中掺杂杂质 Zn 向有源区层的扩散，另一方面也减少了基极层中掺杂杂质 Zn 向发射区层的扩散，有助于同时提高器件的光学电学性能。由发射极注入的电子一部分在量子阱有源区中辐射复合发光，另一部分被集电极收集，形成集电极电流；
[0051] 7) 在量子阱有源区 7 上生长厚度为 80 ~ 120nm 的 n 型铝镓砷 ($Al_xGa_{1-x}As$ ($0 < x < 1$)) 发射极层 8，与基极镓砷层 6 共同作为有源区的波导层；
[0052] 8) 在铝镓砷发射极层 8 上生长厚度为 0.4 ~ 1.2 微米的 n 型上包层 9，材料与下包层相同，对光场及电场进行限制；
[0053] 9) 在上包层 9 上生长厚度为 100nm 的 n^+ 镓砷接触层 10。
- [0054] 第二实施例
- [0055] 本实施例是生长铟磷基 NPN 异质结双极型晶体管激光器的具体工艺方法，具体包括以下步骤：

- [0056] 1) 在洗好的铟磷衬底 1 上生长约 500nm 厚的铟磷缓冲层 2 ;
- [0057] 2) 在铟磷缓冲层 2 上生长 0.4 ~ 1.2 微米厚的铟磷下包层 3 , 对光场及电场进行限制 ;
- [0058] 3) 在铟磷下包层 3 上生长厚度为 30 ~ 70nm 的 n⁺ 铟磷亚集电极层 4 ;
- [0059] 4) 在亚集电极层 4 上生长厚度为 60 ~ 200nm 的 i 型或弱 n 型掺杂的铟磷集电极层 5 ;
- [0060] 5) 在铟磷集电极层 5 上生长厚度为 80 ~ 120nm 的 p⁺ 铟镓砷磷或铟铝镓砷基极层 6 ;
- [0061] 6) 在铟磷基极层 6 上生长 i 型铟镓砷磷量子阱有源区层 7 , 发光波长为 1.2 ~ 1.6 微米, 其阱材料为铟镓砷磷, 厚度为 7 ~ 12nm, 垒材料为铟镓砷磷或铟铝镓砷 (与基极层 6 材料相同), 厚度为 6 ~ 15nm, 包含 1 ~ 3 个周期 ; 将量子阱有源区层 7 置于所述基极层 6 之上, 一方面减少了基极层 6 中掺杂杂质 Zn 向有源区层的扩散, 另一方面也减少了基极层 6 中掺杂杂质 Zn 向发射区层的扩散, 有助于同时提高器件的光学电学性能。由发射极注入的电子一部分在量子阱有源区中辐射复合发光, 另一部分被集电极收集, 形成集电极电流 ;
- [0062] 7) 在有源区层 7 上生长厚度为 80 ~ 120nm 的 n 型发射极层 8 , 材料为铟镓砷磷或铟铝镓砷, 与基极层 6 共同作为有源区的波导层 ;
- [0063] 8) 在发射极层 8 上生长厚度为 0.4 ~ 1.2 微米的 n 型铟磷上包层 9 , 对光场及电场进行限制 ;
- [0064] 9) 在上包层 9 上生长厚度为 100nm 的 n⁺ 铟镓砷接触层 10 。
- [0065] 以上所述的具体实施例, 对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明, 所应理解的是, 以上所述仅为本发明的具体实施例而已, 并不用于限制本发明, 凡在本发明的精神和原则之内, 所做的任何修改、等同替换、改进等, 均应包含在本发明的保护范围之内。

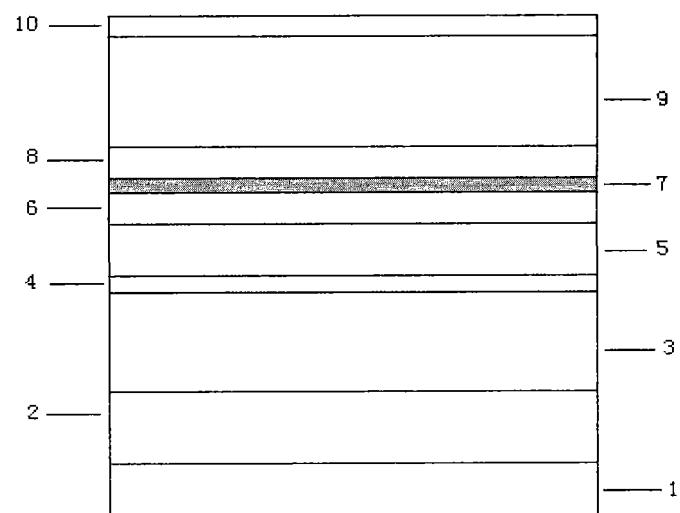


图 1