



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106356716 B

(45)授权公告日 2018.12.18

(21)申请号 201610973949.9

(56)对比文件

(22)申请日 2016.11.04

CN 102651536 A, 2012.08.29,

(65)同一申请的已公布的文献号

CN 103647217 A, 2014.03.19,

申请公布号 CN 106356716 A

US 2004131835 A1, 2004.07.08,

(43)申请公布日 2017.01.25

CN 105932542 A, 2016.09.07,

(73)专利权人 中国科学院半导体研究所

CN 104051961 A, 2014.09.17,

地址 100083 北京市海淀区清华东路甲35
号

审查员 周冠锐

(72)发明人 刘震 王嘉琪 于红艳 周旭亮
李召松 王圩 潘教青

(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 任岩

(51)Int.Cl.

H01S 5/343(2006.01)

权利要求书2页 说明书7页 附图3页

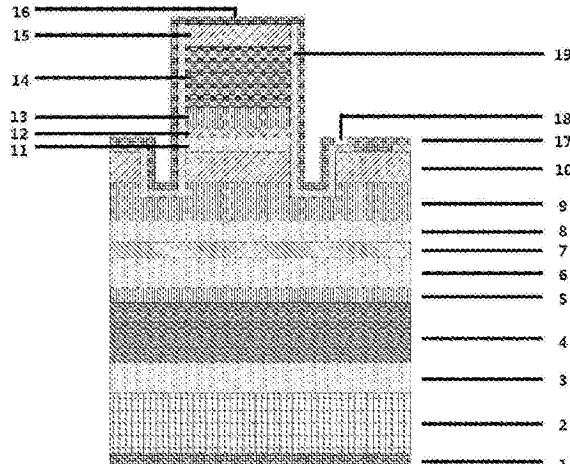
(54)发明名称

一种GaAs基带栅电极的宽光谱晶闸管激光

器

(57)摘要

本发明公开了一种GaAs基带栅电极的宽光谱晶闸管激光器，涉及半导体光电子器件技术领域。本发明结合了传统激光器的PiN结构和传统晶闸管的PNP结构，提出了以GaAs基的新型PNPiN结构晶闸管激光器，包括：量子阱有源区层、p型栅电极、GaAs隧道结等，通过在GaAs隧道结中引入超薄的重掺杂n型层与重掺杂p型层，结合量子阱有源区层结构，在保证器件稳定性获得高功率的同时实现了宽光谱的激射；同时，引入p型栅电极，更进一步增强了器件的可控性。



1. 一种宽光谱晶闸管激光器，所述的激光器具备PNPN晶闸管结构，自上而下依次包括：上P型区、上N型区、下P型区、下N型区，其特征在于，

还包括一个i型区，其位于所述的下P型区和下N型区之间，整体上构成PNPiN结构，所述的i型区具备量子阱有源区层，用于产生激光；

所述的下P型区包括p型栅电极，用于实现器件的可控性和稳定性；

所述的上N型区和下P型区之间通过GaAs隧道结层过渡，用于激发出宽光谱的激光。

2. 根据权利要求1所述的宽光谱晶闸管激光器，其特征在于，所述的GaAs隧道结自上而下依次包括：重掺杂n型层和重掺杂p型层，用于降低隧道结的反向击穿电压以便器件快速开启；所述的重掺杂n型层属于所述的上N型区，所述的重掺杂p型层属于所述的下P型区。

3. 根据权利要求2所述的宽光谱晶闸管激光器，其特征在于，所述的重掺杂n型层和重掺杂p型层组成材料分别为n-GaAs材料和p-GaAs材料，所述的重掺杂n型层厚度为10nm~15nm，所述的重掺杂p型层厚度为8nm~15nm。

4. 根据权利要求1所述的宽光谱晶闸管激光器，其特征在于，所述的量子阱有源区层包括至少1个量子阱结构，用于实现宽光谱光波的激射。

5. 根据权利要求4所述的宽光谱晶闸管激光器，其特征在于，所述的量子阱结构包括：量子阱层和势垒层，当所述量子阱层的组成材料为InGaAs材料时，所述的势垒层组成材料为GaAs材料，当所述的量子阱层的组成材料为GaAs材料时，所述的势垒层组成材料为AlGaAs材料。

6. 根据权利要求5所述的宽光谱晶闸管激光器，其特征在于，当所述量子阱层的组成材料为InGaAs材料且其个数为n时，所述的势垒层位于相邻的所述量子阱层之间，即所述势垒层的个数为n-1个；当所述的量子阱层的组成材料为GaAs材料且其个数为n时，所述的量子阱层位于相邻的所述势垒层之间，即所述势垒层的个数为n+1。

7. 根据权利要求1所述的宽光谱晶闸管激光器，其特征在于，所述的p型栅电极的组成材料为GaAs材料，其厚度为150nm~200nm。

8. 根据权利要求1所述的宽光谱晶闸管激光器，其特征在于，所述的上P型区自上而下依次还包括：p型顶电极层、p-GaAs接触层、p-AlGaAs盖层；所述的上N型区还包括：n-AlGaAs渐变过渡层；所述的下P型区自上而下依次还包括：i-GaAs间隔层、p型栅电极接触层；所述的i型区自上而下依次还包括：i-AlGaAs上限制层、i-GaAs上波导层、i-GaAs下波导层、i-AlGaAs下限制层；所述的下N型区自上而下依次还包括：n-AlGaAs盖层、n-GaAs缓冲层、n型GaAs衬底、n型背电极。

9. 根据权利要求8所述的宽光谱晶闸管激光器，其特征在于，所述的i-GaAs间隔层与所述的GaAs隧道结的重掺杂p型层相接触，所述的n-AlGaAs渐变过渡层与所述的GaAs隧道结的重掺杂n型层相接触；所述的i型间隔层用于将GaAs隧道结的重掺杂p型区与p型栅电极接触层隔开，保证隧道结的重掺杂p型区的界面清晰；所述的n-AlGaAs渐变过渡层用于将p-AlGaAs盖层材料平稳过渡到GaAs隧道结的重掺杂n型层。

10. 根据权利要求9所述的宽光谱晶闸管激光器，其特征在于，所述的i-GaAs间隔层由GaAs材料构成，厚度为30nm~50nm；所述的n-AlGaAs渐变过渡层由AlGaAs材料构成，其中Al组分为0.2~0.5之间的线性变化值，厚度设置在30nm~50nm之间。

11. 根据权利要求8所述的宽光谱晶闸管激光器，其特征在于，所述的i-GaAs下波导层

与所述的量子阱有源区层下表面接触，所述的i-GaAs上波导层与所述的量子阱有源区层上表面接触，所述的i-GaAs上波导层与所述i-GaAs下波导层结合用于降低内部损耗，提高输出功率，提升器件的可靠性。

12. 根据权利要求11所述的宽光谱晶闸管激光器，其特征在于，所述的i-GaAs下波导层组成材料为GaAs材料，厚度为500nm~800nm；所述的i-GaAs上波导层组成材料为GaAs材料，厚度为200nm~500nm。

13. 根据权利要求8所述的宽光谱晶闸管激光器，其特征在于，绝缘层具有刻蚀窗口，所述的p型栅电极通过刻蚀窗口与所述的p型栅电极接触层上表面相接触。

14. 根据权利要求8所述的宽光谱晶闸管激光器，其特征在于，所述的p型顶电极与p型栅电极之间具有电隔离沟，用于隔开p型顶电极和p型栅电极，实现电学绝缘。

一种GaAs基带栅电极的宽光谱晶闸管激光器

技术领域

[0001] 本发明涉及半导体光电子器件技术领域,尤其涉及一种GaAs基宽光谱晶闸管激光器。

背景技术

[0002] 随着超宽光谱技术的迅速发展,宽谱光源越来越受到人们的关注,在国内外都有着广泛研究与应用。因为宽谱光源具有宽光谱,高强度,高空间相干度等优点而被应用于频率时钟、相位稳定与控制、光学相干成像、超短脉冲压缩、光通信、宽谱激光雷达、大气科学、光控制、阿秒脉冲产生、相干控制以及光学计量等领域,应用范围非常广泛。

[0003] 不过,传统宽谱光源以大功率固体锁模激光器为代表,虽然具有宽光谱,大功率,短脉冲等优良特性,但因其体积庞大,且需要复杂的制冷和供电保障系统,极大地限制了其应用范围;同时因其受制于材料波长,固体锁模激光器一般无法直接覆盖红外的长波长通信波段,所以,发展基于半导体技术的高功率宽谱光源十分重要。

[0004] 基于半导体技术的宽谱光源具有光谱宽、成本低、体积小的特点,可代替复杂的多波长激光器系统以及放大自发辐射(Amplified Spontaneous Emission,ASE)、氘灯等常用的宽谱光源。现有的基于半导体技术的宽谱光源主要有基于超辐射技术的发光二极管(Superluminescent Diode,SLD),量子点(Quantum dot)/量子棒(Quantum dash)激光器,啁啾量子阱超辐射发光二极管(Chirp Quantum Well SLD)等。不过,受制于材料特性与器件结构,现有技术普遍存在以下几点不足:一是功率太小,特别是单位谱密度功率太小,面对多种应用场合,都有较大的制约;二是器件稳定性较差,可控性低,对其实际应用产生了很大影响。综上所述,发展高功率、稳定性好的半导体宽谱光源具有十分重要的实用价值。

[0005] 晶闸管是一种在晶体管基础上发展起来的一种大功率半导体器件,它的出现使半导体器件由弱电领域扩展到强电领域,晶闸管具有单向导电性,导通时间可控,主要用于电力电子领域中的整流、逆变、调压及开关等方面。半导体激光器具有体积小,效率高,功率大的特点,但如果外加控制,一般只能实现直流连续激射。将晶闸管与半导体激光器结合在一起构成的晶闸管激光器,通过栅电极的控制,实现高功率,短脉冲,高重频的脉冲激光输出,具有十分重要的实用价值。

发明内容

[0006] (一)要解决的技术问题

[0007] 基于半导体技术的宽谱激光器虽然解决了传统宽谱激光器的体积过大,适用范围较窄等问题,但仍然受制于以下问题:1)器件功率过小,特别是单位谱密度功率太小,面对多种应用场合,都有较大的制约;2)器件稳定性较差,可控性低,对其实际应用产生了很大影响。因此,通过本发明提出的GaAs基宽光谱晶闸管激光器以实现高功率的可控脉冲宽光谱激光输出具有非常重要的实际意义。

[0008] (二)技术方案

[0009] 为解决上述问题,本发明提出了一种宽光谱晶闸管激光器,激光器具备PNPN晶闸管结构,自上而下依次包括:上P型区、上N型区、下P型区、下N型区,其中还有一个i型区位于下P型区和下N型区之间,从而整体上构成PNPiN结构。

[0010] 其中,i型区具备量子阱有源区层,用于载流子受激辐射产生激光;

[0011] 下P型区包括:p型栅电极,用于宽光谱晶闸管激光器实现脉冲电流触发导通,降低了器件的转折电压,增强了器件的可控性和稳定性。

[0012] 上N型区和下P型区之间通过GaAs隧道结层过渡,用于提供能级拉伸作用使得有源区的量子阱发生倾斜,导致量子阱中的能级发生分裂,进而激发出宽光谱产生的激光,同时通过应用GaAs隧道结过渡,可以降低器件的转折电压,利于器件快速启动。

[0013] GaAs隧道结自上而下依次包括:重掺杂n型层和重掺杂p型层,用于降低隧道结的反向击穿电压以便器件快速开启,重掺杂n型层属于上N型区,重掺杂p型层属于所述的下P型区,用于满足隧道结隧穿特性所必需的“厚度薄,重掺杂”的要求,使隧道结的反向击穿电压显著降低,有利于器件快速开启。

[0014] 重掺杂n型层和重掺杂p型层组成材料分别为n-GaAs材料和p-GaAs材料,所述的重掺杂n型层厚度为10nm~15nm,所述的重掺杂p型层厚度为8nm~15nm。

[0015] 量子阱有源区层包括至少1个量子阱结构,用于实现宽光谱光波的激射。量子阱结构包括:量子阱层和势垒层,当所述量子阱层的组成材料为InGaAs材料时,所述的势垒层组成材料为GaAs材料,当所述的量子阱层的组成材料为GaAs材料时,所述的势垒层组成材料为AlGaAs材料。量子阱层的组成材料为InGaAs材料且其个数为n时,所述的势垒层位于相邻的所述量子阱层之间,即所述势垒层的个数为n-1个;当所述的量子阱层的组成材料为GaAs材料且其个数为n时,所述的量子阱层位于相邻的所述势垒层之间,即所述势垒层的个数为n+1。

[0016] p型栅电极的组成材料为GaAs材料,其厚度为150nm~200nm。

[0017] 上P型区自上而下依次还包括:p型顶电极层、p-GaAs接触层、p-AlGaAs盖层;上N型区还包括:n-AlGaAs渐变过渡层;下P型区自上而下依次还包括:i-GaAs间隔层、p型栅电极接触层;i型区自上而下依次还包括:i-AlGaAs上限制层、i-GaAs上波导层、i-GaAs下波导层、i-AlGaAs下限制层;下N型区自上而下依次还包括:n-AlGaAs盖层、n-GaAs缓冲层、n型GaAs衬底、n型背电极。

[0018] i-GaAs间隔层与所述的GaAs隧道结的重掺杂p型层相接触,n-AlGaAs渐变过渡层与所述的GaAs隧道结的重掺杂n型层相接触;i型间隔层用于将GaAs隧道结的重掺杂p型区与p型栅电极接触层隔开,保证隧道结的重掺杂p型区的界面清晰,厚度准确;n-AlGaAs渐变过渡层对隧道结起到能带衔接与电学特性转变的作用,将能带较宽,电性为p型的p-AlGaAs盖层材料平稳过渡到能带较窄,电性为n型的GaAs隧道结重掺杂n型层。

[0019] i-GaAs间隔层由GaAs材料构成,厚度为30nm~50nm;n-AlGaAs渐变过渡层由AlGaAs材料构成,其中Al组分为0.2~0.5之间的线性变化值,厚度设置在30nm~50nm之间。

[0020] i-GaAs下波导层与所述的量子阱有源区层下表面接触,i-GaAs上波导层与量子阱有源区层上表面接触,其中i-GaAs上波导层与i-GaAs下波导层共同组成大光腔非对称波导结构,用于保证从量子阱有源区层辐射出的激光在垂直方向基横模激射,同时把激光的光场向衬底方向下拉,减小光场与p型栅电极接触层的交叠,降低内部损耗,提高输出功率。并

且,大光腔的结构降低了激光出射端面处的高光功率密度引起的端面灾变性烧毁,提升了宽光谱晶闸管激光器工作的可靠性。

[0021] i-GaAs下波导层组成材料为GaAs材料,厚度为500nm~800nm;i-GaAs上波导层组成材料为GaAs材料,厚度为200nm~500nm。

[0022] 绝缘层具有刻蚀窗口,p型栅电极通过刻蚀窗口与所述的p型栅电极接触层上表面相接触。

[0023] (三) 有益效果

[0024] 本发明提出了一种结合传统激光器的PiN结构和传统晶闸管的PNPN结构的GaAs基新型PNPiN结构晶闸管激光器,保证了激光器结构的稳定性和可靠性;同时,通过在GaAs隧道结中引入超薄的重掺杂n型层与重掺杂p型层,结合量子阱有源区层结构,实现了高功率宽光谱的可控脉冲激光输出;另外,引入可控制器件开启/关断的p型栅电极,更进一步地增强了器件的可控性和稳定性。

附图说明

[0025] 图1是根据本发明提出的PNPiN结构宽光谱晶闸管激光器具体实施例1的器件剖面示意图;

[0026] 图2是根据本发明提出的PNPiN结构宽光谱晶闸管激光器具体实施例1的量子阱有源区组成示意图;

[0027] 图3是根据本发明提出的PNPiN结构宽光谱晶闸管激光器具体实施例1的GaAs隧道结组成示意图;

[0028] 图4是根据本发明提出的PNPiN结构宽光谱晶闸管激光器具体实施例2的器件剖面示意图;

[0029] 图5是根据本发明提出的PNPiN结构宽光谱晶闸管激光器具体实施例2的量子阱有源区组成示意图。

[0030] 其中,图1:1为n型背电极、2为n型GaAs衬底、3为n-GaAs缓冲层、4为n-AlGaAs盖层、5为i-AlGaAs下限制层、6为i-GaAs下波导层、7为量子阱有源区、8为i-GaAs上波导层、9为i-AlGaAs上限制层、10为p型栅电极接触层、11为i-GaAs间隔层、12为GaAs隧道结、13为n-AlGaAs渐变过渡层、14为p-AlGaAs盖层、15为p-GaAs接触层、16为p型顶电极、17为p型栅电极、18为电隔离沟、19为绝缘层;

[0031] 图2:7-1为InGaAs量子阱层,7-2为GaAs势垒层;

[0032] 图3:12-1为重掺杂n型层,12-2为重掺杂p型层;

[0033] 图4:1为n型背电极、2为n型GaAs衬底、3为n-GaAs缓冲层、4为n-AlGaAs盖层、5为i-AlGaAs下限制层、6为i-GaAs下波导层、7为量子阱有源区、8为i-GaAs上波导层、9为i-AlGaAs上限制层、10为p型栅电极接触层、11为i-GaAs间隔层、12为GaAs隧道结、13为n-AlGaAs渐变过渡层、14为p-AlGaAs盖层、15为p-GaAs接触层、16为p型顶电极、17为p型栅电极、18为电隔离沟、19为绝缘层;

[0034] 图5:7-3为AlGaAs势垒层,7-4为GaAs量子阱层。

具体实施方式

[0035] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,以下结合附图中的图1-图3,对本发明的具体实施例1作进一步的详细说明:

[0036] 图1是根据本发明提出的宽谱宽光谱晶闸管激光器具体实施例1的器件结构示意图,如图1所示,由自下而上依次叠层n型背电极1、n型GaAs衬底2、n-GaAs缓冲层3、n-AlGaAs盖层4、i-AlGaAs下限制层5、i-GaAs下波导层6、量子阱有源区7、i-GaAs上波导层8、i-AlGaAs上限制层9、p型栅电极接触层10、i-GaAs间隔层11、GaAs隧道结12、n-AlGaAs渐变过渡层13、p-AlGaAs盖层14、p-GaAs接触层15、p型顶电极16、p型栅电极17、电隔离沟18、绝缘层19,是结合了传统激光器的PiN结构和传统晶闸管的PNPn结构的新型PNPn结构晶闸管激光器。

[0037] 其中,下N型区主要包括以下结构:n型背电极1、n型GaAs衬底2、n-GaAs缓冲层3、n-AlGaAs盖层4。

[0038] n型背电极1由能够形成n型欧姆接触的材料构成,例如为AuGeNi或AuZn。其厚度应设为150nm~500nm之间,优选为300nm。

[0039] n GaAs衬底2由掺S的GaAs材料构成,为(100)面。

[0040] 所述n-GaAs缓冲层3由GaAs材料构成,厚度为200nm~500nm,优选为400nm。

[0041] n-AlGaAs盖层4由AlGaAs材料构成,其中Al组分为0.4~0.6的固定值,厚度设置在800nm~2500nm之间,优选厚度为1800nm,Al组分为0.47,硅Si掺杂浓度大于等于 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 。

[0042] i型区主要包括以下结构:i-AlGaAs下限制层5、i-GaAs下波导层6、量子阱有源区7、i-GaAs上波导层8、i-AlGaAs上限制层9。

[0043] i-AlGaAs下限制层5由AlGaAs材料构成,其中Al组分为0.25~0.3的固定值,厚度为80nm~150nm,优选厚度为100nm,Al组分为0.26。

[0044] i-GaAs下波导层6由GaAs材料构成,厚度为500nm~800nm,优选为650nm。

[0045] 如图2所示具体实施例1的量子阱有源区组成示意图,量子阱有源区7包括2个量子阱结构,用于实现宽光谱光波的激射。其中,每个量子阱结构包括:InGaAs量子阱层7-1和GaAs势垒层7-2,量子阱层的组成材料为InGaAs材料,势垒层组成材料为GaAs材料。结合图2,其中,InGaAs量子阱层7-1的组成材料为InGaAs材料且其个数为2,GaAs势垒层7-2位于相邻的InGaAs量子阱层7-1之间,即GaAs势垒层7-2的个数为1个,其中InGaAs量子阱层7-1厚度为5nm,GaAs势垒层7-2厚度为15nm。

[0046] i-GaAs上波导层8由GaAs材料构成,厚度为200nm~500nm,优选为350nm。

[0047] i-AlGaAs上限制层9由AlGaAs材料构成,其中Al组分为0.25~0.3固定值,厚度为300nm~500nm,优选为400nm,Al组分为0.26。

[0048] 下P型区主要包括以下结构:p型栅电极接触层10、i-GaAs间隔层11、p型栅电极17、电隔离沟18以及GaAs隧道结12的重掺杂p型层。

[0049] p型栅电极接触层10由GaAs材料构成,厚度为150nm~200nm,优选为150nm。

[0050] i-GaAs间隔层11由GaAs材料构成,厚度为30nm~50nm,优选为35nm。

[0051] 如图3所示具体实施例1的GaAs隧道结组成示意图,GaAs隧道结12由两层GaAs材料构成,GaAs隧道结自上而下依次包括:重掺杂n型层12-1和重掺杂p型层12-2,分别为n-GaAs材料和p-GaAs材料,重掺杂n型层12-1厚度为10nm~15nm,优选10nm,其掺杂硅浓度均应不

少于 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, 优选为 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$; 重掺杂p型层12-2厚度为 $8\text{nm} \sim 15\text{nm}$, 优选 8nm , 其掺杂碳浓度均应不少于 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, 优选为 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 。如图3, 其中重掺杂n型层属于上N型区, 重掺杂p型层属于下P型区。

[0052] 上N型区主要包括以下结构: GaAs隧道结12、n-AlGaAs渐变过渡层13以及GaAs隧道结12的重掺杂n型层。

[0053] n-AlGaAs渐变过渡层13由AlGaAs材料构成, 其中Al组分为 $0.2 \sim 0.5$ 线性变化值, 优选为Al组分 $0.26 \sim 0.47$ 线性变化; 厚度设置在 $30\text{nm} \sim 50\text{nm}$ 之间, 优选为 35nm ; 掺杂浓度均不少于 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, 优选为 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 。

[0054] 上P型层主要包括以下结构: p-AlGaAs盖层14、p-GaAs接触层15、p型顶电极16。

[0055] p-AlGaAs盖层14由AlGaAs材料构成, 其中Al组分为 $0.4 \sim 0.6$ 的固定值, 优选为 0.47 ; 厚度设置在 $800\text{nm} \sim 2500\text{nm}$ 之间, 优选为 1800nm ; 掺杂浓度应不少于 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, 优选为 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 。

[0056] p-GaAs接触层15由GaAs材料构成, 厚度为 $200\text{nm} \sim 300\text{nm}$, 优选为 300nm ; 掺杂浓度应不少于 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$, 优选为 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 。

[0057] p型顶电极16可由能够形成p型欧姆接触的材料构成, 例如TiAu或AuZn。其厚度应设为 $100\text{nm} \sim 1000\text{nm}$ 之间, 优选为 300nm 。

[0058] 另外, p型栅电极17与p型顶电极16使用相同工艺同时制备, 可由能够形成p型欧姆接触的材料构成, 例如TiAu或AuZn。其厚度应设为 $100\text{nm} \sim 1000\text{nm}$ 之间, 优选为 300nm 。

[0059] 所述电隔离沟18可由能够腐蚀或刻蚀TiAu, AuZn的工艺制备, 如用碘化钾KI, 氢氟酸HF湿法腐蚀形成p型电隔离沟。

[0060] 综上所述, 根据具体实施例1可以完整地体现本发明所提出的PNPin结构宽光谱晶闸管激光器技术方案和有益效果。为更进一步较为全面的体现本发明所述的技术方案, 基于具体实施例1, 本发明提出了不同组成的量子阱有源区的PNPin结构宽光谱晶闸管激光器作为具体实施例2:

[0061] 图4是根据本发明提出的宽谱宽光谱晶闸管激光器具体实施例2的器件结构示意图, 如图4所示, 由自下而上依次叠层n型背电极1、n型GaAs衬底2、n-GaAs缓冲层3、n-AlGaAs盖层4、i-AlGaAs下限制层5、i-GaAs下波导层6、量子阱有源区7、i-GaAs上波导层8、i-AlGaAs上限制层9、p型栅电极接触层10、i-GaAs间隔层11、GaAs隧道结12、n-AlGaAs渐变过渡层13、p-AlGaAs盖层14、p-GaAs接触层15、p型顶电极16、p型栅电极17、电隔离沟18、绝缘层19, 是结合了传统激光器的PiN结构和传统晶闸管的PNPN结构的新型PNPin结构晶闸管激光器。

[0062] 其中, 下N型区主要包括以下结构: n型背电极1、n型GaAs衬底2、n-GaAs缓冲层3、n-AlGaAs盖层4。

[0063] n型背电极1由能够形成n型欧姆接触的材料构成, 例如为AuGeNi或AuZn。其厚度应设为 $150\text{nm} \sim 500\text{nm}$ 之间, 优选为 300nm 。

[0064] n GaAs衬底2由掺S的GaAs材料构成, 为(100)面。

[0065] 所述n-GaAs缓冲层3由GaAs材料构成, 厚度为 $200\text{nm} \sim 500\text{nm}$, 优选为 400nm 。

[0066] n-AlGaAs盖层4由AlGaAs材料构成, 其中Al组分为 $0.4 \sim 0.6$ 的固定值, 厚度设置在 $800\text{nm} \sim 2500\text{nm}$ 之间, 优选厚度为 1800nm , Al组分为 0.47 , 硅Si掺杂浓度大于等于 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$

-3。

[0067] i型区主要包括以下结构:i-AlGaAs下限制层5、i-GaAs下波导层6、量子阱有源区7、i-GaAs上波导层8、i-AlGaAs上限制层9。

[0068] i-AlGaAs下限制层5由AlGaAs材料构成,其中A1组分为0.25~0.3的固定值,厚度为80nm~150nm,优选厚度为100nm,A1组分为0.26。

[0069] i-GaAs下波导层6由GaAs材料构成,厚度为500nm~800nm,优选为650nm。

[0070] 如图5所示具体实施例2的量子阱有源区组成示意图,量子阱有源区7包括2个量子阱结构,亦可用于实现宽光谱光波的激射。其中,每个量子阱结构包括:AlGaAs势垒层7-3,GaAs量子阱层7-4,GaAs量子阱层7-4的组成材料为GaAs材料,AlGaAs势垒层7-3组成材料为AlGaAs材料。结合图5,其中,GaAs量子阱层7-4的组成材料为GaAs材料且其个数为2,且GaAs量子阱层7-4位于相邻的AlGaAs势垒层7-3之间,即AlGaAs势垒层7-3的个数为3个,其中GaAs量子阱层7-4厚度为5nm,AlGaAs势垒层7-3厚度为15nm。

[0071] i-GaAs上波导层8由GaAs材料构成,厚度为200nm~500nm,优选为350nm。

[0072] i-AlGaAs上限制层9由AlGaAs材料构成,其中A1组分为0.25~0.3固定值,厚度为300nm~500nm,优选为400nm,A1组分为0.26。

[0073] 下P型区主要包括以下结构:p型栅电极接触层10、i-GaAs间隔层11、p型栅电极17、电隔离沟18以及GaAs隧道结12的重掺杂p型层。

[0074] p型栅电极接触层10由GaAs材料构成,厚度为150nm~200nm,优选为150nm。

[0075] i-GaAs间隔层11由GaAs材料构成,厚度为30nm~50nm,优选为35nm。

[0076] 具体实施例2的GaAs隧道结组成与具体实施例1的一致,GaAs隧道结12由两层GaAs材料构成,GaAs隧道结12自上而下依次包括:重掺杂n型层12-1和重掺杂p型层12-2,分别为n-GaAs材料和p-GaAs材料,重掺杂n型层12-1厚度为10nm~15nm,优选10nm,其掺杂硅浓度均应不少于 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$,优选为 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$;重掺杂p型层12-2厚度为8nm~15nm,优选8nm,其掺杂碳浓度均应不少于 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$,优选为 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 。其中重掺杂n型层属于上N型区,重掺杂p型层属于下P型区。

[0077] 上N型区主要包括以下结构:GaAs隧道结12、n-AlGaAs渐变过渡层13以及GaAs隧道结12的重掺杂n型层。

[0078] n-AlGaAs渐变过渡层13由AlGaAs材料构成,其中A1组分为0.2~0.5线性变化值,优选为A1组分0.26~0.47线性变化;厚度设置在30nm~50nm之间,优选为35nm;掺杂浓度均不少于 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$,优选为 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 。

[0079] 上P型层主要包括以下结构:p-AlGaAs盖层14、p-GaAs接触层15、p型顶电极16。

[0080] p-AlGaAs盖层14由AlGaAs材料构成,其中A1组分为0.4~0.6的固定值,优选为0.47;厚度设置在800nm~2500nm之间,优选为1800nm;掺杂浓度应不少于 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$,优选为 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 。

[0081] p-GaAs接触层15由GaAs材料构成,厚度为200nm~300nm,优选为300nm;掺杂浓度应不少于 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$,优选为 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 。

[0082] p型顶电极16可由能够形成p型欧姆接触的材料构成,例如TiAu或AuZn。其厚度应设为100nm~1000nm之间,优选为300nm。

[0083] 另外,p型栅电极17与p型顶电极16使用相同工艺同时制备,可由能够形成p型欧姆

接触的材料构成,例如TiAu或AuZn。其厚度应设为100nm~1000nm之间,优选为300nm。

[0084] 所述电隔离沟18可由能够腐蚀或刻蚀TiAu,AuZn的工艺制备,如用碘化钾KI,氢氟酸HF湿法腐蚀形成p型电隔离沟。

[0085] 综上所述,本发明提出的具体实施2进一步体现了完整的技术方案和有益效果,即本发明所提出的技术方案可以在具体的实际应用中得到实施。另一方面,本发明所述的具体实施例,通过以下方法制备实施:

[0086] 1)依次外延生长PNP iN各结构层;

[0087] 2)淀积SiO₂作为刻蚀掩蔽,光刻确定脊条图形,大面积刻蚀至p型栅电极接触层;

[0088] 3)沉积绝缘层。分别利用光刻确定栅电极与顶电极位置,湿法腐蚀形成电极窗口;制备p型顶电极层与p型栅电极层,制备电隔离沟同时形成p型栅电极与p型顶电极。

[0089] 4)制备n型背电极,解理为300μm~2000μm腔长,300μm宽的管芯即完成器件制备。

[0090] 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,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。

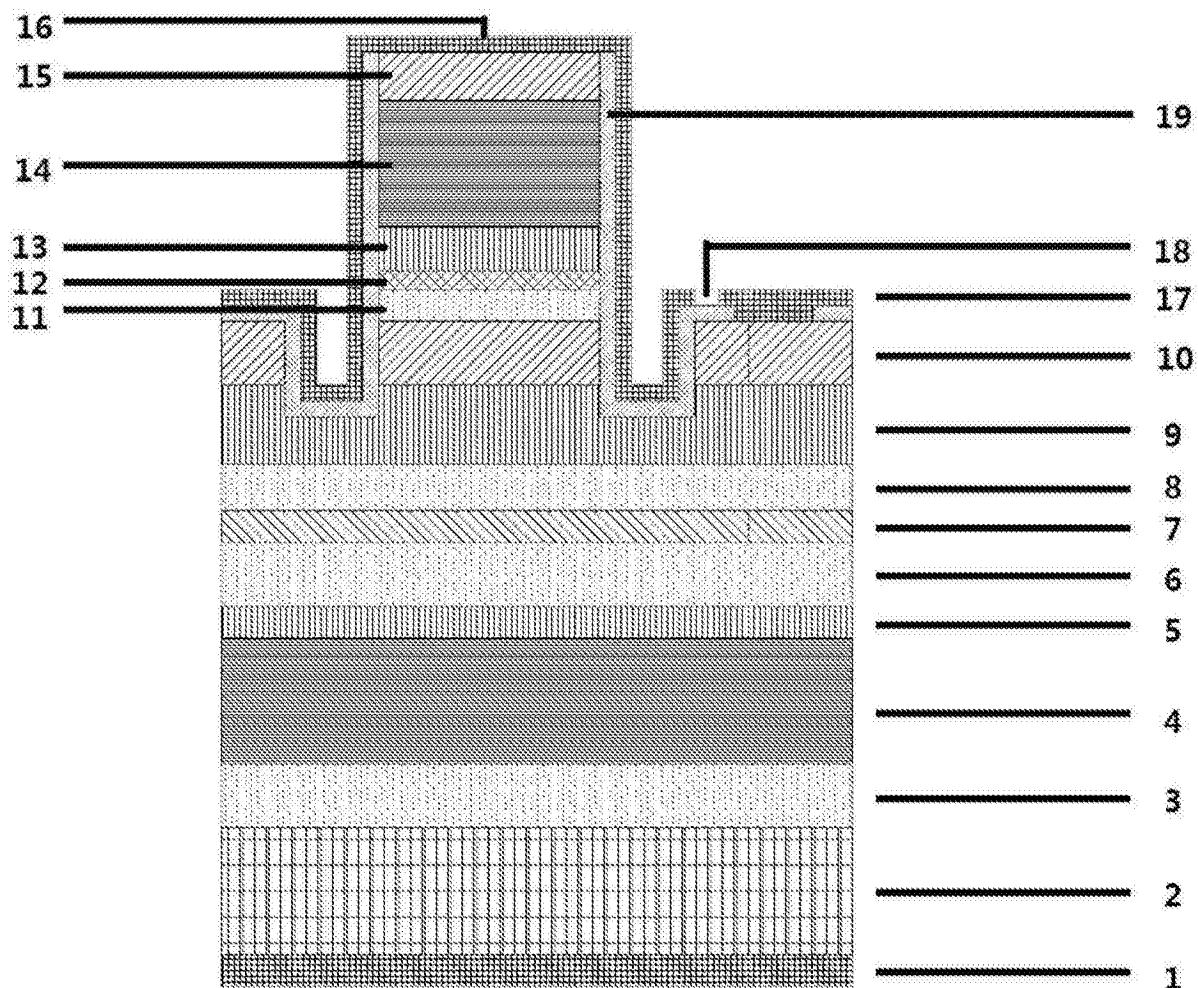


图1

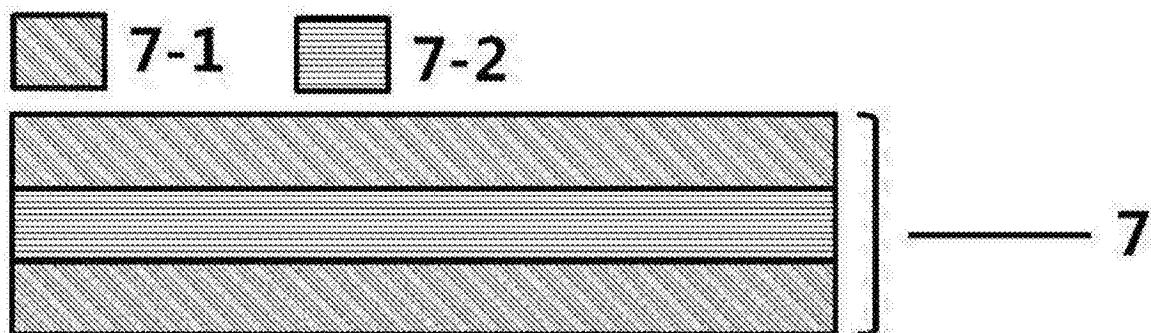


图2

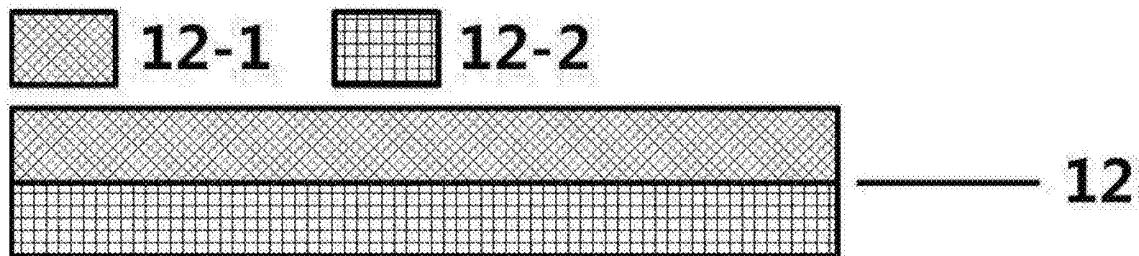


图3

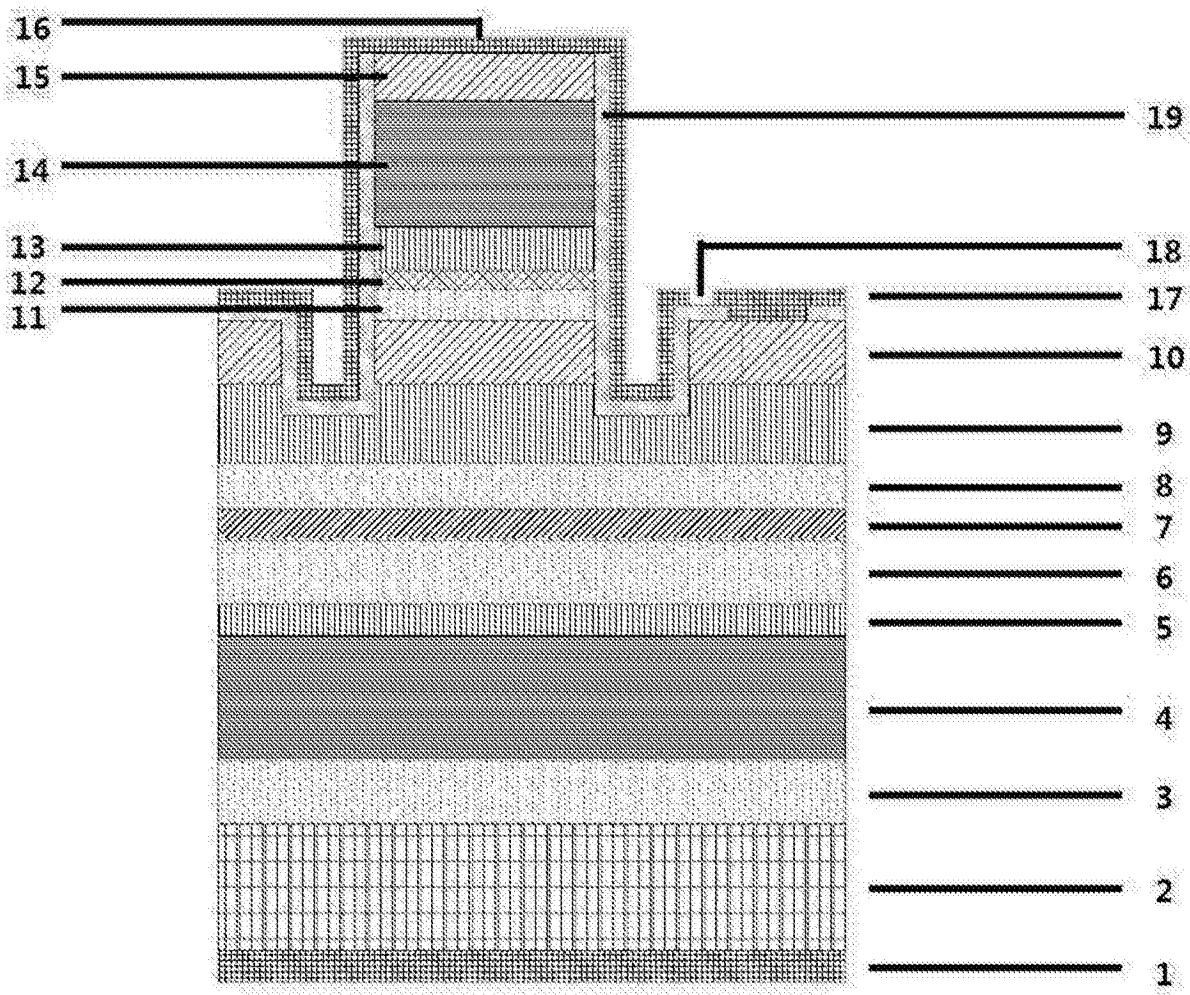


图4

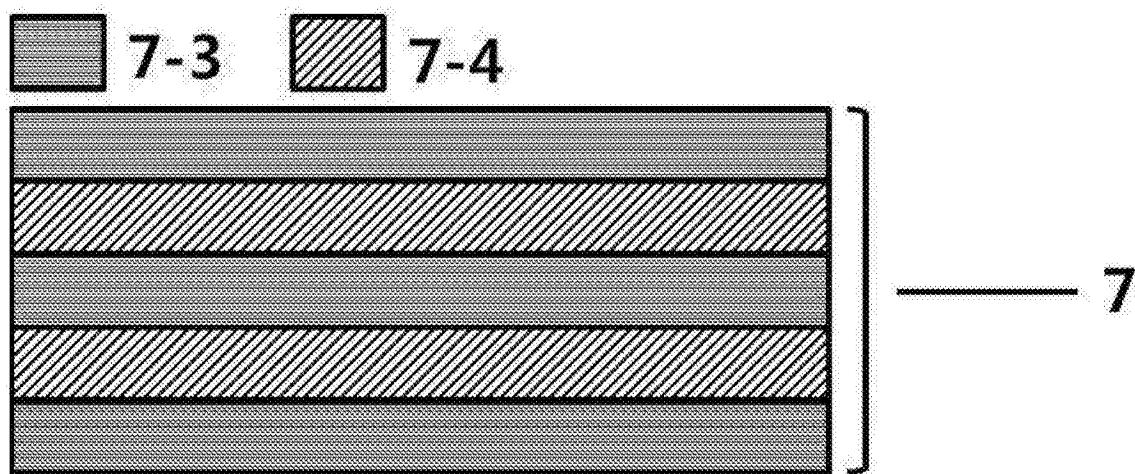


图5