

阶梯衬底内条形附加吸收区结构 超辐射发光二极管

邢 进 刘素平 姜秀英 赵方海 曲轶 杜国同

(吉林大学电子工程系 电子科学与技术研究所 长春 130023)

(集成光电子学国家重点联合实验室吉林大学实验区)

摘要 报道了一种结构新颖的“阶梯衬底内条形附加吸收区结构超辐射发光二极管”,测得了器件在直流和宽脉冲条件下的工作特性。

EEACC: 4260D

近年来,超辐射发光二极管(SLD)由于具有一些独特的优点脱颖而出,引起人们广泛的注意,在半导体光电器件领域独占一席之地。作为光传感器的光源,特别是在光纤陀螺方面,应用激光器这样的相干光源的主要问题是瑞利背散射噪声(Raylight back-scattering noise),发光二极管中虽然没有这种噪声,但是由于输出功率小而不能胜任;超辐射发光二极管独具二者的优点,由于其宽发射光谱、短相干长度,能有效地减小瑞利背散射噪声^[1,2]。而且由于它具有小的光发散角和较高的输出功率,有利于耦合到光纤中的光功率的提高。另外,SLD还能有效地减小光纤螺中的光学克尔效应^[3]。因此,当光纤中的背向瑞利散射、光学克尔效应等引起的噪声成为系统性能劣化的主要原因时,采用SLD这种光源是非常有效的。此外,SLD还应用于中短距离光通信^[4]和宽带行波光放大器^[5]中。

但是,制得超辐射发光二极管并非易事,SLD被称为不让受激的激光器,可见它比激光器更难做。我们的实验设备比较简陋,工艺条件也不十分成熟,在这样的条件下,要制做工艺复杂的器件,难度相当大,我们只能是通过改进器件结构,尽量简化工艺来获得性能优良的器件。为此,我们设计并研制了一种结构新颖的超辐射发光二极管——“阶梯衬底内条形附加吸收区结构超辐射发光二极管”。

1 器件结构

本实验室曾发明“阶梯衬底内条形(TSIS)可见光半导体激光器”,并已研制多年,制得了性能优良的器件,因此我们就想到在它的基础上研制超辐射发光管,具体做法就是设法在这个激光器上增加一个非注入的吸收区。

邢 进 男,1968年生,助理工程师,现从事电信工程专业

杜国同 男,1945年生,教授,博士生导师,现从事半导体物理与器件专业

1993年7月13日收到初稿,1993年10月7日收到修改稿

所谓“阶梯衬底内条形半导体激光器”就是外延前先在衬底片上刻出一个倒梯形阶梯, 由于在较锐的台阶肩角处平衡浓度比别处的大一些, 这样液相外延时在肩角处第一层(电流隔离层)就长不上, 且稍有回熔, 形成很窄的电流通路, 因此就实现了电流内限制, 所以我们把它称做“阶梯衬底内条形”. 其优点是一次液相外延完成生长, 工艺简单, 而且由于电流内限制、大面积欧姆接触, 使器件散热好、可靠性高, 另外, 所形成的电流通路很窄($1\sim 2\mu\text{m}$), 且是折射率波导, 所以近场光斑很小, 易与光纤耦合. 制作超辐射发光管时把台阶的后部也刻掉, 如图 1(a) 所示, 这样在器件的后部就形成不了电流通路, 从而成为非注入的吸收区, 使器件成为具有单程光增益的超辐射发光二极管, 其结构示意图如图 1(b) 所示.

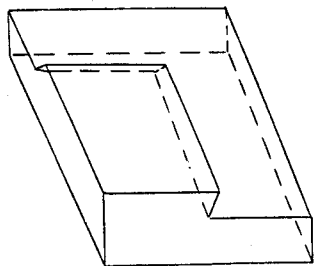


图 1(a) TSIS SLD 衬底片

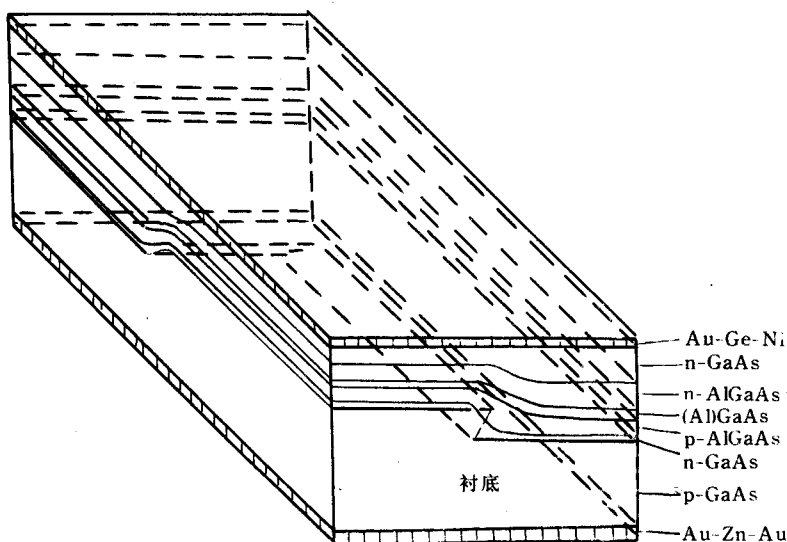


图 1(b) 器件的结构示意图

2 工艺流程

选用 P 型掺杂载流子浓度为 $1\sim 2\times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ 的 GaAs 单晶衬底片. 外延前, 在抛光, 定向, 解理和严格清洁处理的平整光洁的晶向为 (100) 的 GaAs 衬底片上进行光刻, 选用 Az1450 正性胶做掩膜, 然后用酸性腐蚀液: $(\text{H}_2\text{SO}_4:\text{H}_2\text{O}:\text{H}_2\text{O}_2)=1:8:8$ 在 0°C 下沿 $\langle 011 \rangle$ 方向腐蚀出一段段高 $2\sim 4\mu\text{m}$ 的倒梯形宽台, 腐蚀时间约三分钟, 台宽 $300\mu\text{m}$, 没有宽台处将成为吸收区, 我们选择吸收区约占整个腔长的 $2/5$. 去除光刻胶后, 再将衬底片浸入碱性腐蚀液 $(\text{NaOH}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}=0.5\text{g}:0.5\text{ml}:8\text{ml})$ 中腐蚀 30 秒, 以保证台面上的薄氧化层被除掉. 然后进行液相外延, 一次完成五层生长, 起始温度 815°C , 降温速率 $0.33^\circ\text{C}/\text{分}$. 外延后的片子, 经清洁处理后直接进行大面积欧姆接触工艺, 即可解理管芯, 筛选, 组装, 测试.

3 器件特性

3.1 伏安特性

阶梯衬底内条形超辐射发光二极管的正向导通电压为 1.2—1.5V, 反向击穿电压 10V 左右, 电流隔离结击穿电压为 12V 左右, 可以有效地对电流进行限制。

3.2 功率-电流特性

我们制得的器件, 室温 CW 输出功率多在 0.6—1mW, 最高为 3mW, 如图 2(a). 用脉宽为 $10\mu\text{s}$, 占空比为 1:10 的宽脉冲源测得的准连续输出功率多在 10—16mW, 最高 21mW (600mA), 如图 2(b). 从图中可以看出, 随着电流的增加, 器件还没有进入激射区输出功率就已饱和, 这是因为器件的热饱和引起的, 如果没有热饱和, 随着注入电流的增加, 当吸收区吸收饱和后器件将激射。

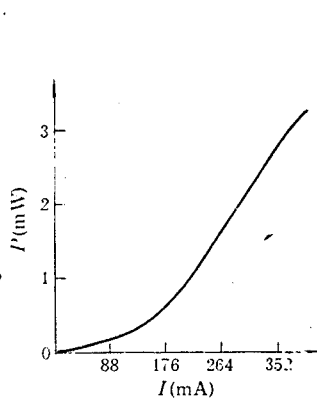


图 2(a) 器件的直流 P - I 曲线

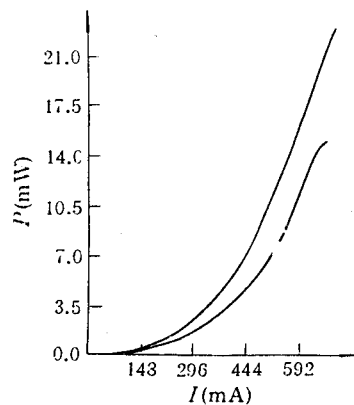


图 2(b) 器件的准连续 P - I 曲线

3.3 光谱特性

我们制得的器件的谱线半宽在宽脉冲工作时为 150—160 Å, 直流工作时为 210—220 Å. 图 3(a) 和图 3(b) 分别给出了同一个器件在不同的直流和宽脉冲(准直流)电流下的光谱. 光谱的调制深度几乎为零. 从直流光谱上我们看出, 随着注入电流的增大, 发光波长向长波方向移动(红移), 这是因为器件的热效应, 电流增大导致器件的温度升高, 使晶体的禁带宽度变小而使波长变长. 从图中也可以看出器件在脉冲工作时的发光波长约为 8450 Å, 直流工作时约为 8625 Å.

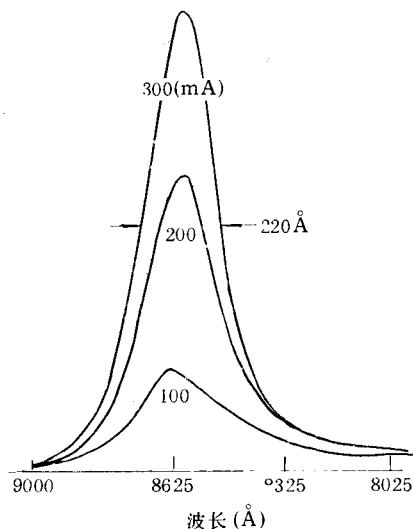


图 3(a) 器件在不同直流注入电流下的光谱

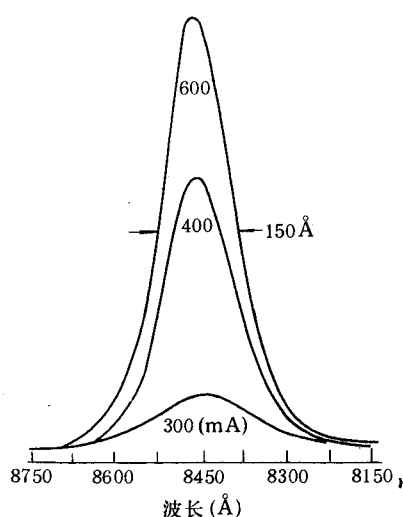


图 3(b) 器件在不同宽脉冲注入电流下的光谱

值得提出的是, 我们曾制得不同吸收区与腔长比(1/5—1/2)的器件, 并对它们进行测试研究. 发现在窄脉冲工作电流下, 随着吸收区所占比例的减小, 器件超辐射的工作电流范围

减小;而在直流工作电流下变化不明显.对器件谱线宽度的影响,在直流和脉冲状态下都没有发现规律性的变化.我们认为,这可能是被器件的其他特性所掩盖,可能器件的热特性、外延片的质量等因素是影响谱线宽度的更重要的因素.

3.4 远场分布

我们也测了器件在平行结平面的远场发散角,多为 30° — 40° .我们曾测得一个器件在 600mA 的宽脉冲电流下,其平行结方向的远场发散角仅为 12° .

4 结语

研制了一种工艺简单的“阶梯衬底内条形附加吸收区结构超辐射发光二极管”,室温 CW 输出功率可达 3mW,准连续输出功率可达 21mW,光谱半宽直流时为 $210\text{--}220\text{ \AA}$,准连续工作时为 $150\text{--}160\text{ \AA}$,光谱调制深度几乎为零,远场发散角最好水平为 12° .这仅是初步工作,相信通过进一步的努力和实验条件的不断改善,器件的特性会有很大提高.

参 考 文 献

- [1] C. C. Cutler *et al.*, Optics Lett., 1980, **5**(11):488.
- [2] K. Bohm *et al.*, Opt. Lett., 1981, **6**(2):64.
- [3] R. A. Bergh *et al.*, Opt. Lett., 1982, **7**(11):563.
- [4] I. M. Joindot *et al.*, IEEE J. Quantum Electron., 1989, **25**(7):1659.
- [5] G. A. Alphonse *et al.*, Appl. Phys. Lett., 1989, **55**(22):2289.

Terraced Substrate Inner Stripe With Absorbing Region Superluminescent Diode

Xing Jin, Liu Suping, Jiang Xiuying, Zhao Fanghai, Qu yi and Du Guotong

(Department of Electronic Engineering, Jilin University, Changchun 130023)

(National Integrated Optoelectronics Important and Joint Laboratory, JiLin University Region)

Received 13 July 1993, revised manuscript received 7 October 1993

Abstract A kind of superluminescent diode with a new structure is reported. The output power as high as 3mW was obtained at room temperature CW operation. The peak wavelength of SLD emission was $8625\text{ \AA}$, the half-power spectral width was $210\text{--}220\text{ \AA}$ and the spectrum modulation depth was about zero. The minimal beam divergence angle at half maximum was 12° along the directions parallel to the junction plane.

EEACC: 4260D