

腔面非注入区技术在 808 nm GaAs/AlGaAs 激光二极管列阵中的应用

刘斌¹ 刘媛媛²

(¹ 证据科学教育部重点实验室(中国政法大学), 北京 100088; ² 中国科学院半导体研究所, 北京 100083)

摘要 在 808 nm GaAs/AlGaAs 激光二极管列阵的前后腔面两端约 25 μm 长的区域进行氦离子注入, 使 p 型 GaAs 获得高的电阻率, 形成腔面电流非注入区, 以此来提高腔面灾变性损伤(COD)阈值。常规条宽 100 μm , 含有 19 个发光单元的 1 cm 列阵激光器的 COD 阈值功率为 30 W, 而带有腔面非注入区的器件的最大输出功率达到了 42.7 W, 没有发生失效。

关键词 激光器; GaAs/AlGaAs; 激光二极管列阵; 腔面非注入区

中图分类号 TN248 文献标识码 A doi: 10.3788/LOP50.111404

808 nm GaAs/AlGaAs Laser Diode Bar with Current Non-Injection Areas Near the Facets

Liu Bin¹ Liu Yuanyuan²

¹ Key Laboratory of Evidence Science (Chinese University of Political Science and Law), Ministry of Education, Beijing 100088, China
² Institute of Semiconductors, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100083, China

Abstract After He ion implantation, p-GaAs will obtain higher resistivity than before. To improve the catastrophic optical damage (COD) level of 808 nm GaAs/AlGaAs laser diode bar, about 25 μm -long current non-injection areas are introduced near both facets by He ion implantation. The COD level of a conventional 1 cm laser diode bar with 19 emitters is 30W, while the He ion implantation 1 cm laser diode bar exhibits no COD failure at 42.7 W.

Key words lasers; GaAs/AlGaAs; laser diode bar; non-injection areas near the facets

OCIS codes 140.2010; 140.3460; 140.5960

1 引言

808 nm GaAs/AlGaAs 半导体激光器做为固体激光器的抽运源, 在工业加工、军事等领域具有重要的应用价值。808nm GaAs/AlGaAs 列阵半导体激光器具有体积小优点, 可以进行密集封装, 获得高的输出功率。作为固体激光器核心元件的半导体列阵激光器的寿命自然引起了研究者的重视。而提高半导体激光器腔面灾变性损伤(COD)阈值是公认的一个有效的办法。其中常用的方法有应用 SiO₂ 镀膜的方法作为腔面电流非注入区^[1-2]。该方法取得了一定的效果, 但其弊端是 SiO₂ 膜不能在半导体激光器的表层下面进行电流阻挡, 电流仍然可以从电流注入区侧向流动到腔面区; 另外的缺点是 SiO₂ 膜对热量的散发与传导有限制作用。另外一个有效的获得腔面电流非注入区的方法是采取 He 离子注入。GaAs 材料经 O, H 或者 He 离子注入后, 可以获得高的电阻率^[3-4]。应用这个原理人们制造了条形激光器^[5]。离子注入过程会带来附加的晶格缺陷, 如高位错密度和附加的应力等。应用适当的热退火条件, 可以消除这些不利因素, 同时保持相

收稿日期: 2013-05-08; 收到修改稿日期: 2013-06-09; 网络出版日期: 2013-10-18

基金项目: 北京市教委与在京中央高校共建项目、中国政法大学青年教师创新团队资助项目、证据科学教育部重点实验室(中国政法大学)开放基金(2011KFKT04、2012KFKT08)

作者简介: 刘斌(1970—), 男, 博士, 讲师, 主要从事半导体激光器、发光二极管及法庭科学技术等方面的研究。

E-mail: rays_liu@126.com

当高的电阻率。热退火条件由离子注入的能量、剂量及注入离子的质量等因素决定。本文应用这个原理,在腔面附近进行氦离子注入,使材料获得高电阻率,经过适当条件的热退火处理后,消除离子注入过程中产生的大部分缺陷,同时保留足够高的电阻率,由此形成腔面电流的非注入区^[6]。在半导体激光器的两个腔面附近分别引进约 25 μm 长的电流非注入区,以限制电流注入到腔面。通过减少腔面附近载流子的注入,以减少腔面处非辐射复合的发生,因此使腔面温度升高减小,使 COD 阈值功率提高。腔面电流非注入区技术简单实用,可以和其他方法共同使用。

其基本原理是:氦离子注入到 GaAs 中产生弗仑克耳(Frenkel)对,即间隙原子和空穴对,间隙原子和空穴的密度大致相等。高阻区的效果主要取决于空穴的密度。离子注入的深度和空穴密度分布可以用 TRIM 软件来进行模拟计算。在实验条件为注入能量 25 keV,剂量 $4 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ 时,最大的注入深度可以达到 400 nm,空穴密度最大的区域在 0~200 nm 深度范围内。因此,这种方法既可以获得高电阻区,又不会对半导体激光器的核心结构产生影响。

2 实验及结果

设计的器件为 AlGaAs/GaAs 折射率渐变分别限制单量子阱结构,由 p 型和 n 型限制层、折射率渐变波导层、量子阱层构成。应用金属有机物化学气相沉积(MOCVD)技术进行外延生长,具体结构如下:在 n-GaAs 衬底, [掺 Si, $(1 \sim 3) \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$] 上依次生长 0.5 μm n-GaAs 缓冲层(掺 Si, $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$), 1 μm n-Al_{0.7}Ga_{0.3}As 下限制层(掺 Si, $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$), 75 nm Al_xGa_{1-x}As 折射率线性渐变波导层(非掺杂, $x = 0.7 \sim 0.3$), 9 nm GaAs 单量子阱层, 75 nm Al_xGa_{1-x}As 折射率线性渐变波导层(非掺杂, $x = 0.3 \sim 0.7$), 1 μm p-Al_{0.7}Ga_{0.3}As 上限制层(掺 Zn, $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$), 0.2 μm p⁺-GaAs 层(掺 Zn, $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$), 20 nm p⁺-GaAs 欧姆接触层(掺 Zn, $3 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$)。

应用离子注入技术形成腔面电流非注入区的过程可以在常规的半导体激光器制作过程之前进行,不影响以后的工艺步骤,方法简单易行,可以推广到宽条激光器和列阵激光器中。下面介绍该技术在列阵激光器中的应用。在离子注入之前,首先采用光刻技术,确定离子注入的区域。光刻版的周期为 50 μm /850 μm ,由简单的 50 μm 宽的平行条纹构成。光刻工艺完成后,在 50 μm 平行条纹区域处不保留光刻胶,为离子注入的窗口,而其他区域被光刻胶保护。本文中所采用的氦离子注入条件为:能量 600 keV,剂量 $4 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$;离子注入时样品的温度为室温。需要注意的是为了保持已经获得的高电阻率,在后续的工艺中应该注意不

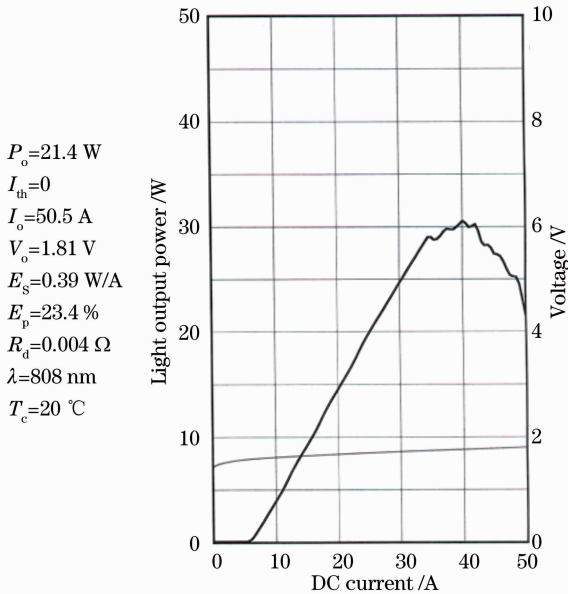


图 1 常规列阵半导体激光器实验结果

Fig. 1 Experimental results of conventional laser diode bar

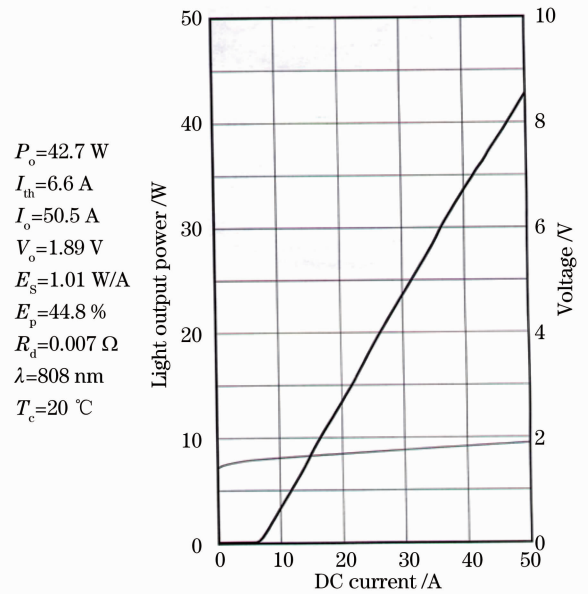


图 2 带有腔面电流非注入区的列阵激光器

Fig. 2 Experimental results of laser diode bar with current non-injection areas near both facets by He ion implantation

要再次出现过高的工艺温度。实践证明,只要工艺中温度不高于 400 °C,就不会改变原来获得的高电阻率,具体的工艺步骤参见文献[6]。

应用同一块外延片,制作了常规工艺的列阵激光器和带有腔面电流非注入区的列阵激光器。列阵激光器的结构:19 个发光单元,每个发光单元宽 100 μm ,周期为 500 μm ,腔长为 900 μm ,腔面两端分别镀反射率为 95% 的高反膜和反射率为 5% 的增透膜。

常规的列阵激光器和带有腔面非注入区技术的列阵激光器的实验结果如图 1、图 2 所示。测试所用设备为中国科学院半导体研究所研制的激光器参数测试仪。图中 P_o 为激光功率, I_{th} 为阈值电流, I_o 为工作电流, V_o 为工作电压, E_s 为斜率效率, E_p 为输入输出能量效率, R_a 为串联电阻, λ 为激光波长, T_c 为激光器工作时的环境温度。

从图 1 和 2 可知:常规列阵激光器在工作电流达到 40 A 时发生失效,最大输出功率为 30 W;而带有腔面电流非注入区的列阵激光器在工作电流达到 50 A 时没有发生失效,输出功率达到 42.7 W。

3 结 论

实验结果显示腔面电流非注入区技术在列阵激光器上的应用是可行的,效果也是十分明显的。由于现有电源的最大工作电流的限制,只能测试最大工作电流 50 A 时的状况。进一步的更大电流条件下的测试和长期老化测试有待于在进一步的工作中完成。从以前我们在 980 nm 脊形波导半导体激光器中得到的结论^[7]可以推测,这种提高 COD 阈值的方法是简单可靠的,应该会在 808 nm 列阵激光器上得到良好的应用。

参 考 文 献

- 1 M Sagawa, K Hiramoto, T Toyonaka, *et al.*. High power COD-free operation of 0.98 μm InGaAs/GaAs/InGaP lasers with non-injection regions near the facets[J]. Electron Lett, 1994, 30(17): 1410–1411.
- 2 Fang Gaozhan, Xiao Jianwei, Ma Xiaoyu, *et al.*. High power GaAs/AlGaAs ($\lambda=808$ nm) laser diode arrays with non-injection regions near the facets[J]. High Technology Letters, 2000, 10(12): 9–11.
方高瞻,肖建伟,马晓宇,等. 带有腔面非注入区的大功率 808 nm GaAs/AlGaAs 激光二极管阵列[J]. 高技术通讯, 2000, 10(12): 9–11.
- 3 A G Foyt, W T Lindley, C M Wolfe, *et al.*. Isolation of junction devices in GaAs using proton bombardment[J]. Solid-State Electronics, 1969, 12(4): 209–214.
- 4 U Zeimer, E Nebauer. High-resolution X-ray diffraction investigations of He-implanted GaAs[J]. Semicond Sci Technol, 2000, 15(10): 965–970.
- 5 J C Dymant, J C North, L A D' Asaro. Optical and electrical properties of proton-bombarded p-type GaAs[J]. J Appl Phys, 1973, 44(1): 207–213.
- 6 Liu Bin, Zhang Jingming, Ma Xiaoyu, *et al.*. The investigation of 980 nm ridge waveguide lasers with current non-injection regions by He ion implantation[J]. Chinese J Semiconductors, 2003, 24(3): 234–237.
刘 斌,张敬明,马晓宇,等. 氦离子注入形成 980 nm 脊型波导激光器腔面非注入区的研究[J]. 半导体学报, 2003, 24(3): 234–237.
- 7 Liu Bin, Liu Yuanyuan, Ci Bifeng. Long-term aging and failure analysis for 980 nm laser diodes[J]. Laser & Optoelectronics Progress, 2012, 49(9): 091404.
刘 斌,刘媛媛,崔碧峰. 980 nm 半导体激光器长期老化结果及失效分析[J]. 激光与光电子学进展, 2012, 49(9): 091404.